

RUSSIAN ARCTIC

russian-arctic.info

#3(18)/2022



ARCTIC MEDICINE

**ANALYSIS OF HIV INCIDENCE
AND ITS CLINICAL INDICATORS
IN THE RUSSIAN ARCTIC REGIONS**

CHIEF EDITOR

KIRA ZMIEVA

EDITORIAL BOARDS

Hajime YAMAGUCHI, professor (Tokyo, Japan)
YOUNKYOO 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)
Belozersky Gennady Doctor of Sciences (St. Petersburg, Russia)
Belonenko Tatiana, Doctor of Sciences (St. Petersburg, Russia)
Bityukova Victoria Doctor of Sciences (Moscow, Russia)
Bryantsev Alexander, Doctor of Sciences (Moscow, Russia)
Chashchin Valery, Doctor of Sciences, Prof (St. Petersburg, Russia)
Chashchin Maxim, Doctor of Sciences (St. Petersburg, Russia)
Chubarova Natalia, Doctor of Sciences (Moscow, Russia)
Degteva Galina, Doctor of Sciences (Arkhangelsk, Russia)
Dmitriev Vasily, Doctor of Sciences (St. Petersburg, Russia)
Eseev Marat, Doctor of Sciences (Arkhangelsk, Russia)
Fridman Krill Doctor of Sciences (St. Petersburg, Russia)
Gavrilov Vladimir, Doctor of Sciences (Moscow, Russia)
Gecha Vladimir, Doctor of Sciences (Moscow, Russia)
Gorbanev Sergey, Doctor of Sciences (St. Petersburg, Russia)
Hrennikov Aleksander., Doctor of Sciences (Moscow, Russia)
Ivanov Vladimir, Doctor of sciences (Moscow, Russia)
Kapitanov Aleksey, Doctor of Sciences (Moscow, Russia)
Korobov Vladimir, Doctor of Sciences (Moscow, Russia),
Kovchin Igor, Doctor of Sciences (Moscow, Russia)
Lebedev Sergey, Doctor of Sciences (Moscow, Russia)
Levykin Sergey, Doctor of Sciences, Prof (Orenburg, Russia)
Maksimov A.L., Doctor of Sciences, Prof (St. Petersburg, Russia)
Malinin Valery, Doctor of Sciences (St. Petersburg, Russia)
Mingazova Elmira, Doctor Sciences, professor (Moscow, Russian)
Mironov Evgeny, Doctor of Sciences (St. Petersburg, Russia)
Mitina Elena, Doctor of Sciences (Murmansk, Russia)
Nikuschenko Dmitry, Doctor of Sciences (St. Petersburg, Russia)
Opekunova Marina, Doctor of Sciences (St. Petersburg, Russia)
Prohorchuk Egor, Doctor of Sciences (Moscow, Russia)
Repina Irina, Doctor of Sciences, Professor (Moscow, Russia)
Romanov Andrey, Doctor of Sciences (Barnaul, Russia)
Rusin Igor, Doctor of Sciences (St. Petersburg, Russia)
Semenov Vladimir, Doctor of Sciences (Moscow, Russia)
Serebryannikov S., Doctor of Technical Sciences (Moscow, Russia)
Schwarzburg Leonid, Doctor of Sciences (Moscow, Russia)
Stepanova Vera, Doctor of Sciences (Arkhangelsk, Russia)
Talykova Lyudmila, Doctor of Sciences (Kirovsk, Russia)
Tishkov Arkady, Doctor of Sciences (Moscow, Russia)
Tokarevich Nikolay, Doctor of Sciences (St. Petersburg)
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)
Medvedkov Aleksey, PhD (Moscow, Russia)
Nikanov Alexander, PhD (St. Petersburg, Russia)
Pisarev Sergey, PhD (St. Petersburg, Russia)
Ryazanova Natalia, PhD (Moscow, Russia)
Segizova Naylya, Doctor of Sciences
Sharonov Andrey, PhD (St. Petersburg, Russia)
Smolyanitsky Vasily, PhD (St. Petersburg, Russia)
Stepanov Rodion, PhD (Moscow, Russia)
Tretyakov Viktor, PhD (St. 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: 27.10.2022



CONTENTS

04

EDITORIAL

05

ANALYSIS OF HIV INCIDENCE AND ITS CLINICAL INDICATORS
IN THE RUSSIAN ARCTIC REGIONS

Z.M. Zagdyn, A.S. Ivanov, I.B. Shikina, N.A. Golubeva, T.P. Vasilieva

21

A NEW METHOD FOR DETERMINING THE PERMEABILITY COEFFICIENT
OF POROUS MEDIA FOR ASSESSING SOIL PROPERTIES ON THE EXAMPLE
OF THE ARCTIC REGION

E.A. Ivanchik, A.A. Zhilenkov

30

SEASONAL AND ANNUAL VARIABILITY OF SVALBARD CLOUD COVER

Ekaterina Zotova, Dr. Amelie Schmitt, Dr. Boris Ivanov, Dr. Pavel Syvaschennikov

44

VITAMIN D STATUS OF THE RUSSIAN REPRODUCTIVE POPULATION
OVER THE PAST 10 YEARS: A SYSTEMATIC REVIEW

R.D. Korobitsyna, T.Yu. Sorokina

56

OCCUPATIONAL DISEASES OF HEALTHCARE WORKERS
IN THE RUSSIAN ARCTIC (2007-2020)

S.A. Syurin

У

ВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ!



Активное освоение и развитие Арктики сопровождаются не только техническими проблемами, но и, конечно, социальными. Одной из основных проблем удаленных северных территорий является высокая затрудненность оказания квалифицированной медицинской помощи. Связано это, в первую очередь, с отсутствием транспортной и энергетической инфраструктур, экстремальными условиями жизни и труда, проблемами со связью и языковым барьером с коренным местным населением. Следствием обозначенных проблем является сниженная продолжительность жизни, повышенные риски профессиональных заболеваний, высокая младенческая смертность и рост распространения инфекционных заболеваний в Арктическом регионе.

Несомненно, типичными для Арктики являются различного рода патологии, обусловленные фактором холода, в связи с чем тяжело и необычно протекают болезни сердечно-сосудистой, дыхательной, нервной и пищеварительной систем, развиваются инфекционные и паразитарные заболевания, гиповитаминозы. Комплексное длительное воздействие низких температур воздуха, низкой влажности, постоянно изменяющегося по направлениям ветра, частой смены атмосферного давления, недостаток солнечной радиации, световой режим — все это перенапрягает защитные механизмы человеческого организма и приводит к заболеваниям и преждевременной смерти. Различные категории потенциальных пациентов, а именно: представители коренных малочисленных народов Севера, работники горнодобывающих и металлургических предприятий, военнослужащие, моряки и вахтовые работники — требуют создания отдельных подходов и нормативов организации здравоохранения.

Труд медиков в условиях Арктики заслуживает особого внимания. Медицина на земле, воде и в воздухе — так можно охарактеризовать работу врачей в условиях Крайнего Севера: для оказания медпомощи используются вездеходы, снегоходы, катера, санитарная авиация. Необходимо обеспечивать максимально комфортные условия труда медицинских работников, привлекать специалистов для работы на севере, обеспечивать жильем молодых врачей.

Редакция журнала всегда уделяла большое значение вопросам организации Арктической медицины. На страницах этого выпуска вы сможете ознакомиться с проблемами здравоохранения и другими актуальными научными вопросами.

Приятного прочтения!
Кира Змиева,
Главный редактор

Научная статья

УДК 616.98

DOI: 10.24412/2658-4255-2022-3-05-20

Для цитирования:

З.М. Загдын, А.С. Иванов, И.Б. Шикина, Н.А. Голубев, Т.П. Васильева
Анализ заболеваемости и клинических показателей по ВИЧ-инфекции в регионах Российской Арктики // Российская Арктика. 2022. № 18. С. 05–20

Получена: 16.07.2022

Принята: 05.09.2022

Опубликована: 15.09.2022



АНАЛИЗ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ И КЛИНИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПО ВИЧ-ИНФЕКЦИИ В РЕГИОНАХ РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ

З.М. Загдын¹ , А.С. Иванов² , И.Б. Шикина³ , Н.А. Голубев³ , Т.П. Васильева¹ 

¹ ФГБНУ «Национальный НИИ общественного здоровья имени Н.А. Семашко», г. Москва, Россия

*dinmetyan@mail.ru, vasileva_tp@mail.ru

² ФГБОУ ВО «СЗГМУ им. И.И. Мечникова», Санкт-Петербург, Россия

iv-aiaal@mail.ru

³ ФГБУ «Центральный НИИ организации и информатизации здравоохранения» Минздрава России, Москва, Россия.

shikina@mednet.ru

⁴ ФГБУ «Центральный НИИ организации и информатизации здравоохранения» Минздрава России, Москва, Россия.

golubev@mednet.ru

Аннотация. Целью настоящего популяционного аналитического исследования является сравнительный анализ заболеваемости ВИЧ-инфекцией, изучение ее социальных, эпидемиологических особенностей, также клинических показателей среди состоящих на учете пациентов в Центрах СПИД арктических регионов России.

Материалы и методы. В эпидемиологическом исследовании оценены тенденции заболеваемости, уровень тестирования населения и основные пути заражения ВИЧ; проанализированы гендерно-возрастные, социальные характеристики и система учета впервые выявленных случаев ВИЧ-инфекции, также изучены клинические показатели среди состоящих на учете пациентов. Источником информации были формы (№ 61 и № 4) федерального статистического наблюдения за 2007-2021 годы.

Результаты. Заболеваемость ВИЧ-инфекцией за 2007-2021 годы увеличилась во всех арктических регионах, особенно в Красноярском крае (39,3-74,3 на 100 тыс. населения). Тестирование населения на ВИЧ существенно снизилось на Чукотке — на 12,3%, при росте ее выявляемости (ОР 1,48; 95,0% ДИ 46,72-0,05). Жители Арктики преимущественно инфицируются ВИЧ гетеросексуальным путем, особенно в НАО - 100,0%, Республике Саха (Якутия) – 97,0%, на Чукотке и ЯНАО – 88,0% и 84,5% в 2021 году соответственно. ВИЧ преимущественно поражает трудоспособное население в возрасте от 25-49 лет, с преобладанием мужчин. В ряде регионов (НАО, Республики Коми, Саха (Якутия) в группах фертильного возраста преобладают женщины, особенно на Чукотке, где среди инфицированных ВИЧ также преобладают сельские жители – 56,0%. Охват АРВТ пациентов, состоящих на учете, в арктических регионах был выше целевого индикатора (75,4%), за исключением Красноярского края (66,2%). Неопределяемый уровень ВН среди получавших АРВТ пациентов во всех арктических регионах был выше 60,0%, кроме Чукотки (42,9%). Охват АРВТ пациентов с уровнем CD₄⁺- лимфоцитов <350 кл/мкл был также высоким и колебался от 75,0% в НАО до 100,0% в Красноярском крае.

Заключение. По эпидемиологическим, гендерно-возрастным, социальным и клиническим характеристикам ВИЧ-инфекции наиболее уязвимым арктическим регионом является Чукотка. Необходимы более глубокие исследования по изучению факторов, влияющих на эпидемию, и совершенствование мер по противодействию распространению ВИЧ-инфекции в регионах Арктики, особенно на Чукотке.

Ключевые слова: заболеваемость ВИЧ-инфекцией, социально значимые инфекции, Российская Арктика

ANALYSIS OF HIV INCIDENCE AND ITS CLINICAL INDICATORS IN THE RUSSIAN ARCTIC REGIONS

Z.M. Zagdyn¹ , A.S. Ivanov² , I.B. Shikina³ , N.A. Golubev³ ,
T.P. Vasilieva¹ 

¹ Semashko National Research Institute of Public health, Moscow, Russia
dinmetyan@mail.ru, vasileva_tp@mail.ru

² North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov,
St. Petersburg, Russia
iv-aiaal@mail.ru

³ Russian Research Institute of health, Moscow, Russia
shikina@mednet.ru, golubev@mednet.ru

Abstract. The aim of population based analytical study is comparative analysis of HIV incidence and knowing its social, epidemiological features, also clinical characteristics among registered by AIDS Centers patients in Russian Arctic regions.

Materials and methods. Epidemiological study assessed HIV incidence trends, its population testing level and main routs, analyzed age-gender, social, characteristics, evaluated reporting system for new HIV cases, also analyzed clinical indicators among registered patients. Information source were federal statistical observation forms (№ 61 and № 4) for 2007-2021.

Results. HIV incidence in 2007-2021 increased in all Arctic regions, especially in Krasnoyarsk Kray (39,3-74,3 per 100 thousand population). HIV testing markedly decreased in Chukotka- by 12,3%, with significant increase in its detectability (HR1,48; 95,0% CI46,72-0,05). Arctic residents are predominantly infected with HIV heterosexually, especially in NAO - 100,0%, Republic of Sakha (Yakutia) – 97,0%, Chukotka and YANAO - 88,0% and 84,5% in 2021 respectively. HIV mainly affects the employable population, aged 25-49 y.o, with predominance of male. In some regions (NAO, Republics Komi, Sakha (Yakutia) in fertile groups prevailed women, especially in Chukotka, where rural residents also predominate among those newly infected with HIV (56,0%). ART coverage of registered patients in the Arctic regions was above the target indicator (75,4%), with the exception of Krasnoyarsk Kray (66,2%). The undetectable level of VL among patients on ART in all Arctic regions was above 60,0%, except for Chukotka (42,9%). The ART coverage of patients with CD₄⁺ lymphocytes <350 cells/μl also was high and ranged from 75,0% in NAO to 100,0% in Krasnoyarsk Kray.

Conclusion. By epidemiological, age-gender, social and clinical data of HIV cases, the most vulnerable Arctic region is Chukotka. It needs to provide more in-depth research on factors affecting the epidemic and to enhance measures to control the spread of HIV infection in the Arctic regions, especially in Chukotka.

Keywords: HIV-incidence, socially significant infections, Russian Arctic

Введение

За более чем сорокалетний период от начала эпидемии ВИЧ-инфекции в мире установилась относительно устойчивая региональная закономерность с преобладанием ее распространения в странах Южной Африки, Юго-Восточной Азии; на европейском континенте – странах

Восточной Европы и Центральной Азии (ВЕЦА)¹. Россия среди стран ВЕЦА занимает одно из лидирующих мест по распространению ВИЧ-инфекции, особенно среди жителей Сибири и Урала, куда входят и арктические территории² (Красноярский край (Крас), Чукотский автономный округ (Чукотка)). Между тем, в настоящее время научные публикации о проблемах социально значимых инфекционных заболеваний, особенно ВИЧ-инфекции, в арктических регионах России весьма ограничены. В работе Истомина П.В. и соавторов отмечается более высокая, чем у внутренних мигрантов, заболеваемость ВИЧ-инфекцией среди коренных народов Крайнего Севера, особенно среди женщин, что, по мнению авторов, связано с ранним началом половой жизни, компактностью их проживания, высокой подверженностью к другим социально обусловленным заболеваниям, предрасполагающим к поведенческим рискам инфицирования ВИЧ [1]. В Ямало-Ненецком автономном округе (ЯНАО) первые случаи ВИЧ-инфекции зарегистрированы в 1995 году и за 18 лет их количество многократно увеличилось в прямой зависимости от роста числа трудовых мигрантов, работающих вахтовым методом [2].

Из других социально значимых инфекций Залялов Б.А. с соавторами указывают на высокое распространение парентеральных вирусных гепатитов в Арктике, составившей от 1,8-11,8% за 1990-2000 гг. [3]. Между тем, сочетание хронических вирусных гепатитов с ВИЧ-инфекцией среди коренных жителей Крайнего Севера оказалось значительно ниже (4,4%), нежели среди внутренних мигрантов (28,8%) [1].

Туберкулез (ТБ) на арктических территориях, как наиболее распространенная социально обусловленная инфекция, начиная с 1970-х годов, особенно в 1980-1990-ые годы, изучался значительно глубже, чем другие инфекционные заболевания, однако в последние два десятилетия исследования особенностей ТБ среди жителей Арктики стали проводиться реже [4-7]. На фоне существенного снижения показателей по ТБ в России, включая и арктические территории, настораживающими являются высокие темпы роста заболеваемости сочетания ТБ с ВИЧ-инфекцией в ряде арктических регионов: Архангельской области, Красноярском крае, Республиках Коми и Саха (Якутия) [8]. В зарубежных странах, имеющих арктические территории, проблемам социально значимых инфекций среди населения этих регионов, особенно среди коренных жителей, уделяется достаточно большое внимание. В исследовании, проведенном в Гренландии, авторы отмечают заметный рост заболеваемости ВИЧ-инфекцией населения с 2000 года с преимущественно гетеросексуальным риском ее распространения [9]. В приполярных регионах Канады среди коренных жителей все жестокое обращение с детьми в последующем имели достоверную статистическую связь с высоким риском употребления психоактивных веществ и заражением социально обусловленными инфекциями: сексуальное насилие в детстве было связано с высоким риском инфицирования вирусным гепатитом С (ВГС): отношение шансов составило 1,67 при 95,0% доверительном интервале (ДИ) от 1,05-2,66; $p=0,031$ [10]. В Манитобе (Канада) поздние стадии ВИЧ-инфекции с высокой вирусной нагрузкой (ВН) чаще регистрируются

1 UNAIDS. Fact Sheet - World AIDS Day. 2021. URL: https://www.unaids.org/sites/default/files/media_asset/UNAIDS_FactSheet_en.pdf.

2 InternationalAIDSSociety. ВИЧ-инфекция в странах Восточной Европы и Центральной Азии. Региональные достижения и проблемы. Семинар по результатам конференции IAS-2017. URL: <http://www.hivrussia.info/wp-content/uploads/2019/01/VICH-infektsiya-v-stranah-VETSA.-Regionalnyedostizheniya-i-problemy-IAS-2017.pdf>.

среди инуитов и метисов [11]. В США среди коренных взрослых и подростков мужского пола, проживающих в Аляске, ВИЧ-инфекция диагностируется значительно чаще (16,2 на 100 тыс. населения), чем среди белого населения (9,6) [12]. В отношении ТБ актуальным является организация и применяемые методы его выявления в отдаленных с разреженным населением территориях Арктики: ТБ в отдаленных населенных пунктах Аляски, где заболеваемость им выше, чем на других территориях США, наиболее эффективно выявлялся при использовании современных ускоренных молекулярно-генетических методов (МГМ) [13].

Целью настоящего популяционного аналитического исследования является сравнительный анализ заболеваемости населения ВИЧ-инфекцией, изучение ее социальных, эпидемиологических и клинических особенностей в арктических регионах России.

Материалы и методы

В эпидемиологическом исследовании мы оценили динамику заболеваемости населения ВИЧ-инфекцией, уровень тестирования и основные пути инфицирования ВИЧ жителей арктических территорий в сравнении между регионами и со средними данными по Российской Федерации (РФ) за 15-летний период: с 2007 по 2021 год. Результаты выявленных случаев ВИЧ-инфекции с применением различных методов (иммуоблот и полимеразно-цепная реакция (ПЦР) суммировались.

Кроме того, сравнительному анализу подверглись гендерно-возрастные, социальные характеристики и система учета впервые выявленных случаев ВИЧ-инфекции за 2021 год. В исследовании также анализировались клинические данные, оцененные среди всех состоящих на учете в Центрах СПИД пациентов с ВИЧ-инфекцией в отчетном году. К клиническим характеристикам были отнесены: доля пациентов с ВН ниже порога определения (уровень рибонуклеиновой кислоты ВИЧ в крови <50 коп/мл) среди тех, кто получал антиретровирусную терапию (АРВТ), оцененная через 6 месяцев от начала лечения; доля получавших АРВТ, в том числе с различной степенью иммуносупрессии; доля пациентов с уровнем CD_4^+ - лимфоцитов <350 кл/мкл. Анализ перечисленных выше клинических характеристик среди всех пациентов, состоящих на учете в Центрах СПИД в отчетном году, куда входят и впервые зарегистрированные случаи, методически был обусловлен необходимостью сопоставления их результатов с целевыми индикаторами и рекомендуемыми ориентирами, отраженными в Стратегии противодействия распространению ВИЧ-инфекции в России³ и клинических рекомендациях «ВИЧ-инфекция у взрослых»⁴. Полученные данные, кроме сравнения их между регионами и средними показателями по России в целом, сопоставлялись, в частности, со стратегическим целевым ориентиром России по доле охваченных АРВТ пациентов среди всех зарегистрированных в федеральном регистре лиц с ВИЧ-инфекцией, который к 2021 году составлял 75,4%. Также сравнение проводилось с международным индикатором, где доля пациентов с неопределяемым уровнем ВН среди получающих АРВТ к 2030 году должна достичь 90,0%⁵.

3 Распоряжение Правительства РФ от 21.12.2020 N 3468-р «Об утверждении Государственной стратегии противодействия распространению ВИЧ-инфекции в Российской Федерации на период до 2030 года». URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_372322/

4 Клинические рекомендации «ВИЧ-инфекция у взрослых» (утв. Минздравом России), 2022 год. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_377651/

5 Всемирная Организация Здравоохранения. Глобальная стратегия сектора здравоохранения по ликвидации ВИЧ 2016-2021 на пути к ликвидации СПИДа, 2016. <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/255763/WHO-HIV-2016.05-rus.pdf;sequence=1>.

Источниками информации являлись официальные формы федерального статистического наблюдения № 61 «Сведения о ВИЧ-инфекции», форма № 4 «Сведения о результатах исследования крови на антитела к ВИЧ», заполняемые в соответствии с персонифицированной базой данных пациентов с ВИЧ-инфекцией и лабораторной информации по ним в региональных Центрах СПИД. Статистически рассчитывались интенсивные (на 100 тыс. населения) и экстенсивные (долевые) показатели, разница в изучаемых переменных оценивалась по отношению рисков (ОР) с 95,0% ДИ.

В настоящее время, согласно Указу Президента России от 02.05.2014 № 296 «О сухопутных территориях Арктической зоны Российской Федерации», к арктическим территориям отнесены 9 субъектов Российской Федерации, из которых 4 входят в арктическую зону полностью: Мурманская (Мурм) область, Ненецкий автономный округ (НАО), ЯНАО и Чукотка⁶. В других 5 регионах: республиках Коми и Карелия (по 4 административных образований), Саха (Якутия) (13 административных образований), Красноярском крае (4 административных образований) и Архангельской области (Арх) (9 административных образований) в арктическую зону включены только полярные и приполярные территории.

Результаты

За анализируемый период наиболее высокая заболеваемость ВИЧ-инфекцией регистрировалась в Красноярском крае, которая увеличилась с 39,3 на 100 тыс. населения в 2007 году до 74,3 в 2021 году. В этом регионе заболеваемость ВИЧ-инфекцией имеет скачкообразный характер с пиками показателей в 2016 (132,8) и 2020 (125,7) годах. Наименьшая заболеваемость населения ВИЧ-инфекцией со стабильными показателями отмечена в Республике Саха (Якутия): от 8,7 до 10,1 на 100 тыс. населения в 2007-2021 годах (рис.1).

6 Указ Президента России от 02.05.2014 № 296 (в редакции от 27.06.2017 №287, от 13.05.2019 №220, от 05.03.2020 № 164) «О сухопутных территориях Арктической зоны Российской Федерации». URL: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&firstDoc=1&lastDoc=1&nd=102349446>.

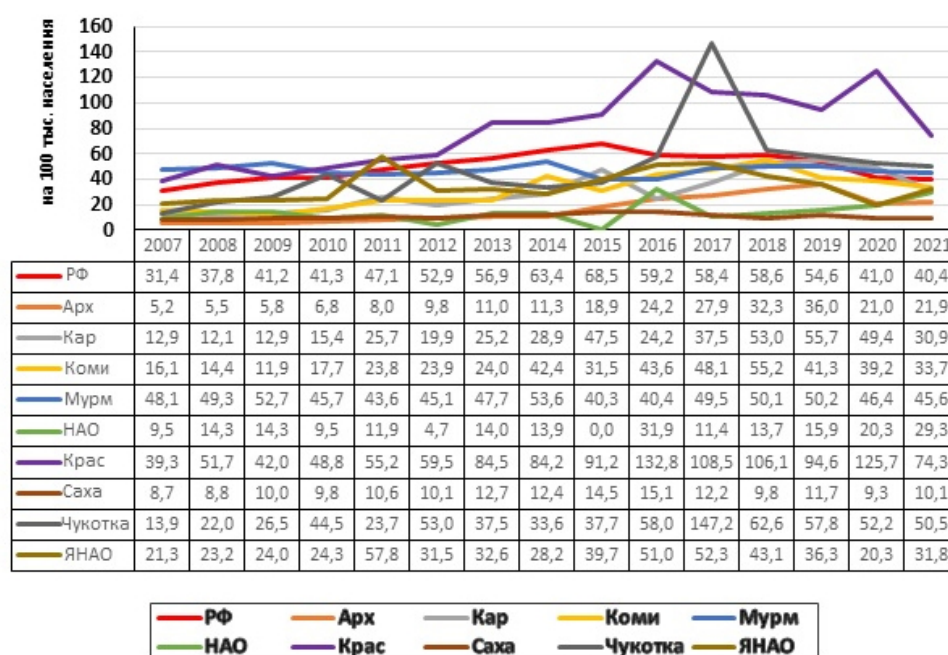


Рисунок 1 – Заболеваемость населения ВИЧ-инфекцией в арктических регионах и Российской Федерации в 2007-2021 годах (на 100 тыс. населения, ф. 61)

В других регионах обращает на себя внимание достаточно выраженный рост заболеваемости ВИЧ-инфекцией жителей Архангельской области (5,2-21,9), НАО (9,5-29,3), Чукотки (13,9-50,5 на 100 тыс. населения) соответственно за 2007-2021 годы. В республиках Карелия (12,9-30,9) и Коми (16,1-33,7), также в ЯНАО (21,3-31,8 на 100 тыс. населения) заболеваемость населения ВИЧ-инфекцией за 2007-2021 годы увеличилась в 2,4; 2,1 и 1,5 раз соответственно. Мурманская область, единственный регион из всех арктических территорий Северо-Западного федерального округа, где сохраняется высокая, но стабильная, без выраженной тенденции к росту, заболеваемость ВИЧ-инфекцией.

В период пандемии COVID-19 с 2020 по 2021 год, как и по России в целом, так и в пяти из 9 арктических регионов, имелась тенденция к снижению заболеваемости ВИЧ-инфекцией, особенно в Красноярском крае и Республике Карелия, где показатель снизился в 1,7 и 1,6 раз: с 125,7 до 74,3 и с 49,4 до 30,9 на 100 тыс. населения соответственно. В Республике Коми, Мурманской области и на Чукотке это снижение было незначительное. В четырех регионах (Архангельская область, Республика Саха (Якутия), НАО и ЯНАО), напротив, заболеваемость ВИЧ-инфекцией увеличилась: наибольший рост показателя наблюдался в ЯНАО (в 1,6 раз) и НАО (в 1,4 раза) – с 20,3 до 31,8 и с 20,3 до 29,3 на 100 тысяч населения соответственно. В Архангельской области и Республике Саха (Якутия) рост заболеваемости ВИЧ-инфекцией среди населения в 2020-2021 годах был незначительным, составив 21,0-21,9 и 9,3-10,1 на 100 тысяч населения соответственно.

В число 17 субъектов РФ с показателем заболеваемости ВИЧ-инфекцией выше 50,0 на 100 тыс. населения в 2021 году из 9 регионов Арктической России вошли два: Красноярский край и Чукотский автономный округ (рис. 2).

Необходимо отметить, что, аналогично описанию авторами влияния эпидемического процесса в Санкт-Петербурге на обстановку в приграничной Ленинградской области [14], на высокую заболеваемость ВИЧ-инфекцией в Красноярском крае может влиять эпидемическая ситуация регионов, расположенных около его границ, где высоко распространение заболевания, преимущественно обусловленное уровнем

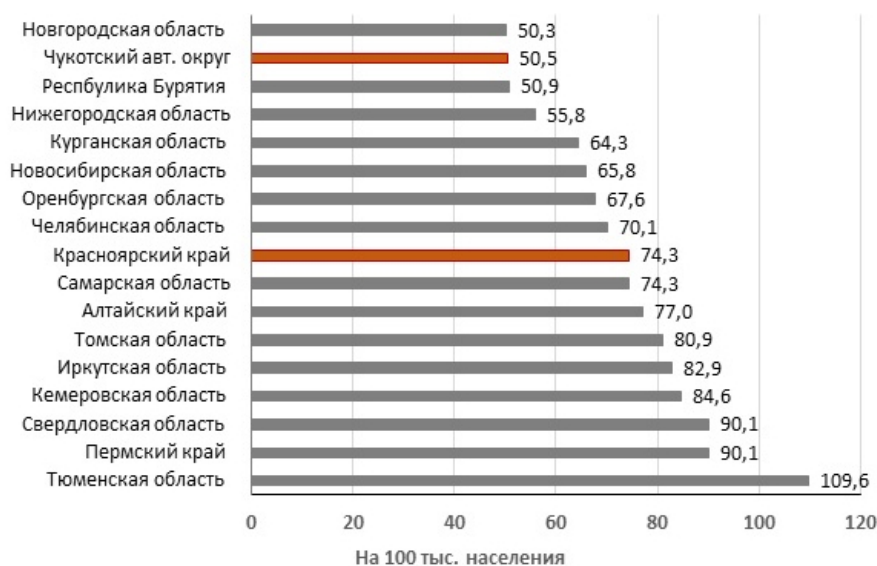


Рисунок 2 – Регионы Российской Федерации с наиболее высокой заболеваемостью населения ВИЧ-инфекцией в 2021 году (на 100 тыс. населения, ф. 61)

экономического развития этих территорий: Иркутская (82,9) и Кемеровская (84,6) области на юго-востоке и Томская область (80,9) на юго-западе, где заболеваемость ВИЧ-инфекцией в 2021 году составила выше 80,0 на 100 тыс. населения.

Между тем, данный вопрос о взаимной обусловленности эпидемического процесса по ВИЧ-инфекции в приграничных регионах арктической зоны России требует дополнительных исследований.

Обследование населения с целью выявления ВИЧ-инфекции с применением иммунологических методов на антитела (АТ) к ВИЧ в иммуноблоте и МГМ по обнаружению РНК/ДНК ВИЧ за 2007-2021 годы увеличилось в большинстве арктических регионов, равно как и по России в целом, за исключением Чукотки и Красноярского края (табл. 1).

Таблица 1

Обследование и выявление случаев ВИЧ-инфекции среди населения регионов Российской Арктики в 2007-2021 годах
(абс. число, (%), на 1000 обследованных, ф.ф. 61 и 4).

Регионы		РФ	Арх	Кар	Коми	Мурм	НАО	Крас	Саха	Чукотка	ЯНАО	
Обследовано всего	абс. число	2007	23149454	214513	114136	184145	212351	6353	636920	185915	21172	164316
		2021	41277712	228335	168907	215391	202872	11581	549825	287237	14925	193115
	% от насел.	2007	16,3	16,8	16,5	18,9	24,8	15,1	22,0	19,6	42,4	30,2
		2021	28,2	21,1	27,7	26,5	27,7	26,1	19,3	29,3	30,1	35,3
	ОР	0,98	1,09	1,08	1,11	1,08	0,97	1,25	0,98	1,00	1,00	
95% ДИ	1,44-0,67	1,56-0,76	1,58-0,74	1,56-0,78	1,44-0,81	1,44-0,65	1,72-0,91	1,38-0,70	1,22-0,83	1,30-0,77		
Выявлено всего	абс. число	2007	57576	66	97	152	416	5	1142	80	7	185
		2021	78160	271	179	292	370	13	2579	149	37	174
	на 1000 обслед	2007	2,5	0,3	0,8	0,8	2,0	0,8	1,8	0,4	0,3	1,1
		2021	1,9	1,2	1,1	1,4	1,8	1,1	4,7	0,5	2,5	0,9
	ОР	0,75	0,98	0,83	0,94	1,01	0,66	1,11	0,79	1,48	0,94	
95% ДИ	1,69-0,33	24,21-0,04	4,46-0,16	5,43-0,16	2,62-0,39	4,10-0,11	3,84-0,32	7,97-0,08	46,72-0,05	3,30-0,27		

На Чукотке количество жителей, обследованных на ВИЧ, с 2007 по 2021 год снизилось на 6247 человек или на 12,3% (ОР 1,00; 95,0% ДИ 1,22-0,83), в Красноярском крае – на 87095 человек или на 2,7% (ОР 1,25; 95,0% ДИ 1,72-0,91). Тем не менее, несмотря на снижение охвата населения обследованием на ВИЧ-инфекцию, выявляемость ее среди жителей Чукотки за анализируемый период достоверно выросла с 0,3 до 2,5 на 1000 обследованных (ОР 1,48; 95,0% ДИ 46,72-0,05), в Красноярском крае – с 1,8 до 4,7 без статистической значимости переменных (ОР 1,11; 95,0% ДИ 3,84-0,32). Рост выявляемости ВИЧ-инфекции наблюдается и в Архангельской области, составивший с 0,3-1,2 на 1000 обследованных в 2007-2021 годах (ОР 1,00; 95,0% ДИ 24,21-0,04).

В других регионах также отмечено увеличение выявляемости ВИЧ-инфекции за изучаемый период, кроме ЯНАО. В этом регионе на фоне незначительного роста доли обследованных на ВИЧ-инфекцию, выявляемость ее снизилась с 1,1 до 0,9 на 1000 обследованных за 2007-2021 годы без значимой разницы в переменных (ОР 0,94; 95,0% ДИ 3,30-0,27). Данное снижение, возможно, является истинным, так как программа по

противодействию распространению ВИЧ-инфекции в ЯНАО, особенно среди коренных жителей, является одной из успешных в России⁷.

Между тем, учет впервые выявленных случаев ВИЧ-инфекции в арктических регионах, как и в целом по России, остается несовершенным. В форме № 4 «Сведения о результатах исследования крови на антитела к ВИЧ» отражаются все впервые установленные положительные результаты лабораторных исследований на АТ к ВИЧ и ДНК/РНК в ПЦР в отчетном году, при этом дублирование информации о пациентах исключается. В форме № 61 «Сведения о ВИЧ-инфекции» учитываются все впервые зарегистрированные Центром СПИД случаи ВИЧ-инфекции в текущем году, т.е. эта форма отражает лишь то количество пациентов, которые впервые в отчетном году дошли до Центра СПИД и встали на учет. При этом не исключается, что ВИЧ-позитивный статус пациента был установлен ранее, чем в текущем году. В нашем предыдущем исследовании было установлено, что разница в учете впервые зарегистрированных случаев ВИЧ-инфекции в отчетном году между формами № 4 и № 61 преимущественно отражает то количество пациентов, которые не дошли до Центра СПИД в год выявления заболевания [15]. В арктических регионах этот показатель в 2021 году имел широкий разброс (рис. 3).

7 <https://depzdrav.yanao.ru/about/7328/9068/2283/> Департамент здравоохранения Ямало-Ненецкого автономного округа. Профилактика инфекционных заболеваний.

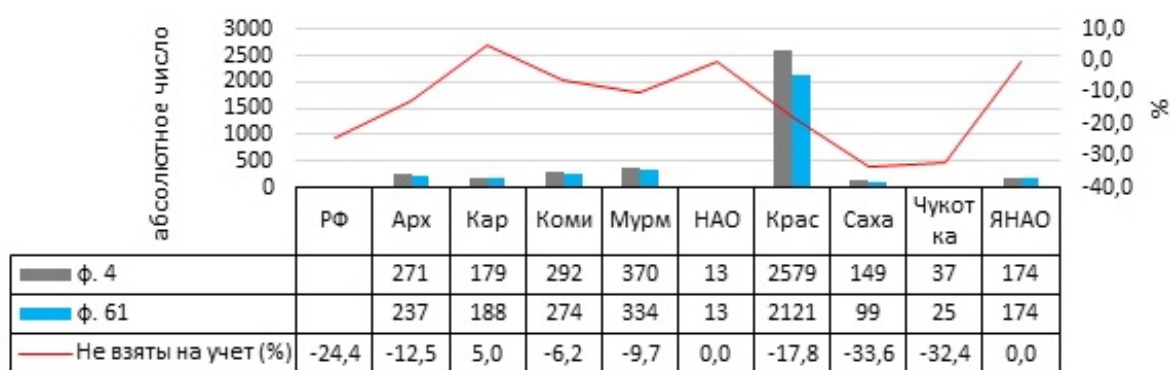


Рисунок 3 – Учет впервые выявленных случаев ВИЧ-инфекции в регионах Российской Арктики в 2021 году (фф. 61 и 4, абс. число, %)

В Республике Саха (Якутия) и на Чукотке 1/3 часть пациентов с впервые установленным положительным результатом ВИЧ-инфекции в 2021 году не дошли до Центров СПИД, Красноярском крае –17,8%. В Архангельской, Мурманской областях и Республике Коми доля таких пациентов оказалась значительно ниже, чем в целом по России (24,4%). В ЯНАО все впервые выявленные пациенты с ВИЧ-инфекцией в 2021 году встали на учет в Центре СПИД региона. В Республике Карелия, напротив, 5,0% пациентов, дошедших до республиканского Центра СПИД, не были учтены по форме № 4, вероятно, это те пациенты, которые имели положительный результат тестирования на ВИЧ в предыдущие годы, но не встали на учет в Центре СПИД региона в год выявления.

К 2021 году во всех регионах Арктики, равно как и в целом по России, стал преобладать гетеросексуальный путь инфицирования ВИЧ, особенно в НАО - 100,0%, Республике Саха (Якутия) - 97,0%), на Чукотке - 88,0% и ЯНАО - 84,5% (табл. 2).

Таблица 2

Основные пути инфицирования ВИЧ населения регионов
Российской Арктики в 2007-2021 годах (абс. число, (%), ф. 61).

Регионы		РФ	Арх	Кар	Коми	Мурм	НАО	Крас	Саха	Чукотка	ЯНАО	
Гетеросексуальный	абс. число	2007	15869	7	11	8	20	5	55	3	1	10
		2021	38483	129	101	155	233	13	1487	96	22	147
	% от выявл.	2007	27,6	10,6	11,3	5,3	4,8	100,0	4,8	3,8	14,3	5,4
		2021	67,2	54,4	63,1	56,6	69,8	100,0	70,1	97,0	88,0	84,5
	ОР		1,00	0,32	0,65	0,57	1,23	0,56	0,56	0,8	0,31	1,06
95,0% ДИ		1,37-0,73	0,78-0,13	1,41-0,30	1,65-0,20	3,22-0,47	1,19-0,26	1,37-0,23	3,56-0,18	2,24-0,04	2,92-0,38	
Парентеральный	абс. число	2007	17178	1	5	30	85	0	266	3	1	16
		2021	16622	101	28	96	98	0	558	2	1	25
	% от выявл.	2007	29,8	1,5	5,2	19,7	20,4	0,0	23,3	3,8	14,3	8,6
		2021	29,0	42,6	17,5	35,0	29,3	0,0	26,3	2,0	4,0	14,4
	ОР		1,00	0,29	0,66	0,66	1,13	0,00	0,69	0,92	0,64	1,04
95,0% ДИ		1,29-0,78	3,53-0,02	2,00-0,22	1,06-0,41	1,63-0,78	0,00-0,00	0,94-0,50	2,32-0,36	2,61-0,16	2,00-0,54	
Неустановленный	абс. число	2007	7028	4	14	13	10	0	301	20	2	18
		2021	1686	7	28	20	3	0	57	1	1	0
	% от выявл.	2007	12,2	6,1	14,4	8,6	2,4	0,0	26,4	25,0	28,6	9,7
		2021	2,9	3,0	17,5	7,3	0,9	0,0	2,7	1,0	4,0	0,0
	ОР		1,00	0,54	0,74	0,73	1,06	0,00	0,93	0,99	1,23	1,00
95,0% ДИ		1,28-0,78	1,34-0,22	1,31-0,42	1,35-0,39	2,18-0,51	0,00-0,00	1,05-0,82	1,12-0,88	2,83-0,53	1,00-1,00	

Рост доли гетеросексуального риска заражения ВИЧ за 2007-2021 годы оказался достоверным во всех регионах, а в НАО за указанный период гетеросексуальный путь оставался единственным фактором риска передачи ВИЧ во всех впервые выявленных случаях заболевания в регионе.

Риск инфицирования ВИЧ парентеральным путем в арктических регионах за изучаемый период имеет разнонаправленный характер. В большинстве регионов доля данного пути заражения ВИЧ за 2007-2021 годы увеличилась: особенно в Архангельской области (1,5%-42,6%), республиках Карелия (5,2%-17,5%) и Коми (19,7%-35,0%). Между тем, в двух регионах: Республике Саха (Якутия) (3,8%-2,0%) и на Чукотке (14,3%-4,0%) доля заражения ВИЧ парентеральным путем снизилась за 2007-2021 годы, оставаясь наименьшей по отношению к другим регионам.

Доля впервые выявленных случаев с неустановленным путем заражения ВИЧ за 2007-2021 годы снизилась среди населения во всех арктических регионах и России в целом, за исключением Республики Карелия, где наблюдается незначительный рост данного показателя (14,4%-17,5%). Наибольшее снижение неустановленных путей инфицирования ВИЧ отмечено в Красноярском крае (26,4%-2,7%) с достоверной разницей переменных (ОР 0,93; 95,0% ДИ 1,05-0,82), также в Республике Саха (Якутия) (25,0%-1,0%) и на Чукотке (28,6%-4,0%) соответственно в 2007-2021 годах. Изучение причин неустановленных путей инфицирования ВИЧ среди жителей арктических регионов требует отдельного глубокого анализа с выявлением дефектов и улучшением мер по проведению дозорных наблюдений и эпидемиологических расследований случаев заболевания [16].

По данным 2021 года среди впервые выявленных случаев ВИЧ-инфекции в арктических регионах, равно как и по России в целом, преобладают мужчины, составившие от 51,2% в ЯНАО до 64,3% в Архангельской области (табл. 3).

При этом ВИЧ-инфекция впервые регистрировалась преимущественно среди трудоспособной группы населения в возрасте от 25-49 лет, суммарная доля которых в 2021 году среди мужчин составила от 71,4% на Чукотке до 93,3% в Мурманской области, среди женщин – от 72,0% в ЯНАО до 85,6% также в Мурманской области.

Необходимо отметить, что в арктических регионах соотношение впервые инфицированных ВИЧ мужчин и женщин различного возраста в 2021 году было неоднородным. В большинстве регионов среди впервые выявленных случаев ВИЧ-инфекции в группах фертильного возраста преобладали женщины. Так, доля женщин с впервые выявленной ВИЧ-инфекцией в возрастной группе от 18-24 лет по отношению к мужчинам на Чукотке составила 18,2% против 7,1%; в возрастной группе от 35-44 лет - 54,5% против 28,6%, в НАО - 33,3% против 14,3%. Подобное преобладание женщин с впервые выявленной ВИЧ-инфекцией в возрасте от 45-49 лет над мужчинами этой возрастной группы отмечено в Архангельской (15,2% против 10,1%) и Мурманской (22,7% против 20,7%) областях, республиках Карелия (11,4% против 5,0%) и Саха (Якутия) (21,1% против 5,4%).

Таблица 3

Гендерно-возрастная структура жителей с впервые выявленными случаями ВИЧ-инфекции в регионах Российской Арктики в 2021 году (N, %, ф. 61)

Регионы/пол/возраст (N, %)		РФ N=53172	Арх N=185	Кар N=179	Коми N=207	Мурм N=296	НАО N=13	Крас N=1919	Саха N=94	Чукотка N=25	ЯНАО N=168
Всего	М (%)	57,6	64,3	55,9	52,2	55,4	53,8	59,6	55,4	56,0	51,2
	Ж (%)	42,4	35,7	44,1	47,8	44,6	46,2	40,4	44,6	44,0	48,8
0-14	М (%)	0,8	0,8	1,0	2,8	0,0	0,0	1,3	0,0	7,1	0,0
	Ж (%)	1,1	0,0	3,8	2,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	2,4
15-17	М (%)	0,2	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0
	Ж (%)	0,5	1,5	1,3	1,0	0,8	0,0	0,4	2,6	0,0	0,0
18-24	М (%)	3,8	0,8	6,0	3,7	0,6	14,3	3,6	5,4	7,1	2,3
	Ж (%)	5,9	12,1	6,3	8,1	3,8	0,0	5,4	5,3	18,2	4,9
25-34	М (%)	25,7	26,9	26,0	26,9	23,2	42,9	23,4	28,6	21,4	19,8
	Ж (%)	26,1	21,2	25,3	28,3	23,5	50,0	28,9	15,8	18,2	20,7
35-44	М (%)	43,8	46,2	48,0	46,3	49,4	14,3	44,9	50,0	28,6	47,7
	Ж (%)	38,2	40,9	35,4	42,4	39,4	33,3	39,6	36,8	54,5	37,8
45-49	М (%)	14,1	10,1	5,0	13,0	20,7	28,6	16,2	5,4	21,4	14,0
	Ж (%)	14,3	15,2	11,4	9,1	22,7	0,0	21,1	21,1	0,0	13,4
50-59	М (%)	7,9	11,8	10,0	5,6	4,3	0,0	6,8	5,4	7,1	10,5
	Ж (%)	9,4	7,6	11,4	8,1	5,3	0,0	15,8	15,8	9,1	19,5
>60	М (%)	3,6	2,5	4,0	1,9	1,8	0,0	3,6	5,4	7,1	5,8
	Ж (%)	4,5	1,5	5,1	1,0	4,5	16,7	2,6	2,6	0,0	1,2

Наибольшая доля среди детей и подростков с впервые выявленными случаями ВИЧ-инфекции в возрасте от 0-17 лет в 2021 году наблюдалась среди мальчиков на Чукотке (7,1%), среди девочек – в Республике Карелия (5,1%).

Как среди мужчин, так и среди женщин в возрастной группе от 50-59 лет ВИЧ-инфекция регистрируется значительно реже (от 8,0% на Чукотке до 14,9% в НАО), в возрастной группе старше 60 лет – еще реже (от 1,4% в Республике Коми до 7,7% в НАО), чем в группах более молодого возраста. Однако в указанных возрастных группах ВИЧ-инфекция также, как и в группах фертильного возраста, преимущественно регистрируется среди женщин, чем среди мужчин, особенно в ЯНАО, НАО и Республике Саха (Якутия).

По социальным характеристикам, более половины впервые выявленных случаев ВИЧ-инфекции на Чукотке в 2021 году были зарегистрированы среди сельских жителей (рис. 4), что значительно превысило аналогичный показатель в целом по России (25,4%). Такая ситуация в одном из регионов Крайнего Севера с низкой плотностью населения требует проведения дополнительных исследований для установления причин и факторов, обусловивших ее.

Меньше всего сельские жители в 2021 году заболевали ВИЧ-инфекцией в Республике Саха (Якутия) – 9,1%. В других регионах доля сельских жителей среди новых случаев ВИЧ-инфекции составила от 10,6% в Республике Коми до 25,3% в ЯНАО, при среднем показателе по России в целом 25,4%.

В Архангельской области и Республике Коми около ¼ части случаев ВИЧ-инфекции выявляется в учреждениях Федеральной службы исполнения наказаний (ФСИН). В Мурманской области (11,4%) и Красноярском крае (9,5%) учреждения ФСИН с пребыванием ВИЧ-позитивных заключенных также представляют источник риска по распространению новых случаев ВИЧ-инфекции среди всего населения регионов. В других регионах доля лиц, выявленных в учреждениях ФСИН, среди впервые зарегистрированных случаев ВИЧ-инфекции в 2021 году была значительно реже, а в НАО и на Чукотке пенитенциарные учреждения отсутствуют.

Доля лиц без определенного места жительства (БОМЖ) и иностранных граждан среди всех впервые выявленных случаев ВИЧ-инфекции в 2021 году в арктических регионах оказалась незначительной, а в НАО, Красноярском крае и на Чукотке такие случаи вовсе не регистрировались.

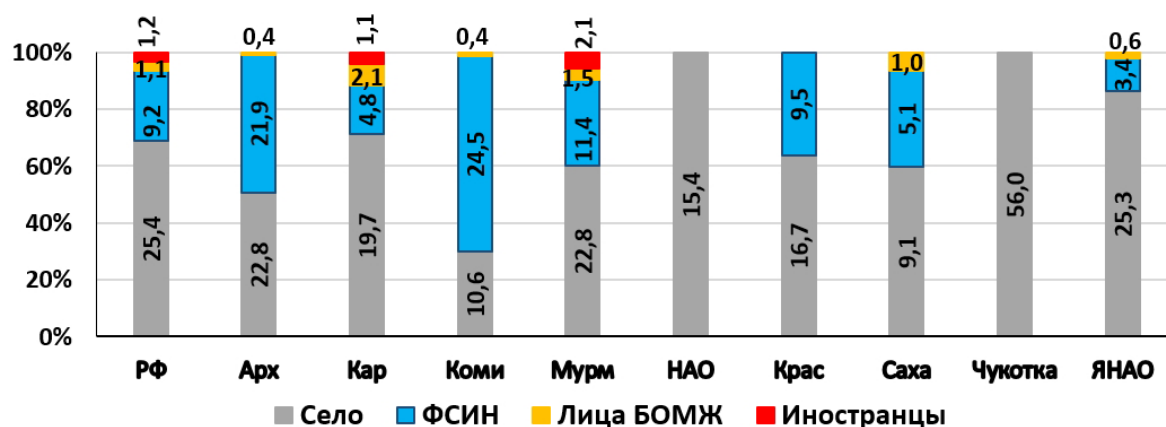


Рисунок 4 – Социальная характеристика жителей регионов Российской Арктики с впервые выявленными случаями ВИЧ-инфекции в 2021 году (%), ф. 61)

Во всех арктических регионах в 2021 году охват АРВТ пациентов, состоящих на учете в Центрах СПИД, превысил национальный целевой индикатор, за исключением Красноярского края, где показатель составил 66,2% против 75,4% (рис. 5).

При сравнении данных со средним показателем по России в целом за 2021 год в большинстве регионов охват АРВТ пациентов, находящихся под диспансерным наблюдением, составил выше 80,0%, также оказался выше среднефедерального уровня (78,9%), за исключением Красноярского края и Республики Карелия (78,4%). При этом наибольший показатель был отмечен в Республике Саха (Якутия) – 87,8% и ЯНАО – 87,4%, наименьший – в Красноярском крае.

Среди когорты состоящих на учете и получавших АРВТ пациентов в 2021 году, доля лиц с подавленной до неопределяемого уровня ВН, установленного через 6 месяцев от начала лечения, была наиболее приближена к международному ориентиру (90,0%) в двух регионах: Республике Карелия (85,5%) и ЯНАО (88,2%), где показатели одновременно оказались выше среднего уровня по России в целом (77,3%). Между тем, в большинстве регионов, включая НАО (74,2%), данный показатель составил более 60,0%, что можно оценивать как положительную тенденцию к достижению указанного выше целевого индикатора. Только на Чукотке доля пациентов с неопределяемым уровнем ВН среди лиц, получавших АРВТ в 2021 году, оказалась значительно ниже среднего уровня по России в целом и самой низкой среди других арктических регионов, составив 42,9%.

В арктических регионах наименьшая доля пациентов с уровнем CD_4^+ -лимфоцитов <350 кл/мкл от всех таковых, состоящих на учете, в 2021 году отмечена в Центрах СПИД ЯНАО (14,5%), Чукотки (14,8%) и НАО (14,8%), а наибольшая – в Республике Карелия (30,8%), также Красноярском крае (28,1%) и Мурманской области (26,2%). В Архангельской области, Республиках Коми и Саха (Якутия) доля пациентов с уровнем CD_4^+ -лимфоцитов <350 кл/мкл от всех таковых, состоящих на учете в 2021 году, составила 19,9%, 22,1% и 23,0% соответственно, при среднем показателе по России в целом 21,0%.

Важным является охват АРВТ именно этой категории пациентов с наиболее выраженной иммуносупрессией. В Центрах СПИД арктических регионов охват АРВТ состоящих на учете пациентов с уровнем CD_4^+ -лимфоцитов <350 кл/мкл в 2021 году оказался достаточно высоким, особенно в Красноярском крае (100,0%), Республике Карелия (99,6%) и ЯНАО (95,6%). В других регионах показатель составил от 75,0% в Архангельской области до 88,5% в Республике Коми, при среднем уровне по России в целом 86,4%.

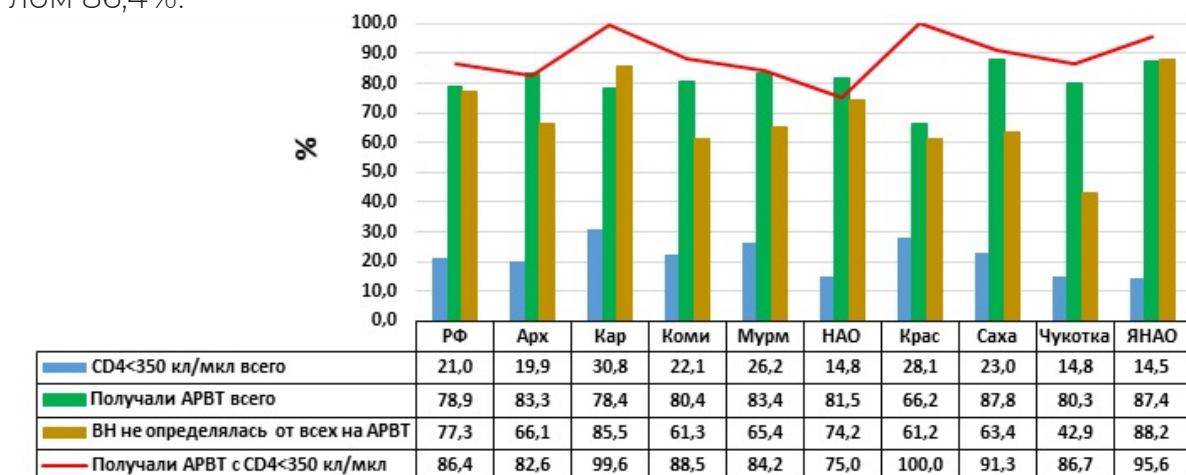


Рисунок 5 – Клиническая характеристика состоящих на учете пациентов с ВИЧ-инфекцией в регионах Российской Арктики в 2021 году (%), ф. 61)

Обсуждение

Рост заболеваемости ВИЧ-инфекцией населения в арктических регионах России является закономерным и соответствует прогрессированию эпидемии на всех территориях страны за анализируемый период [17].

Одним из факторов, повлиявшим на отмеченную скачкообразность показателей заболеваемости ВИЧ-инфекцией в Красноярском крае может быть интенсивность периодических потоков трудовых мигрантов, вахтовых работников, приезжающих на заработки на территории Крайнего Севера⁸.

На наблюдаемое снижение заболеваемости ВИЧ-инфекцией в арктических регионах в период пандемии COVID-19 могли повлиять проведение ограничительных мер, предотвращающих, в том числе, интенсивное распространение социально значимых инфекционных заболеваний, включая ВИЧ-инфекцию, а также сокращение тестирования населения на ВИЧ-инфекцию и другие причины [18].

Надо отметить, что в нашем исследовании мы оценивали показатели в целом по федеральным субъектам, входящим в состав Российской Арктики, а не конкретно по циркумполярным районам, что ограничивает полноту представления о реальной эпидемической ситуации на арктических территориях крупных субъектов РФ с частичным входением в состав арктической зоны.

Результаты тестирования населения на ВИЧ-инфекцию, ее выявляемость оказались неоднородными внутри арктических регионов. Особенно настораживают показатели на Чукотке, где на фоне снижения обследования жителей региона на ВИЧ-инфекцию достоверно выросла ее выявляемость. Такая ситуация может вызываться высоким распространением ВИЧ-инфекции среди коренных жителей Крайнего Севера из-за компактности их проживания. Кроме того, на Чукотке доля не дошедших до Центра СПИД пациентов с ВИЧ-инфекцией в год выявления оказалась самой высокой, наряду с Республикой Саха (Якутия). Полагаем, что это связано с труднодоступностью медицинской помощи в отдаленных, с низкой плотностью населения регионах. Наблюдаемый достоверный рост выявляемости ВИЧ-инфекции среди жителей Архангельской области можем объяснить влиянием пенитенциарной системы, роль которой в распространении ВИЧ-инфекции в регионе является высокой, что было установлено в предыдущем исследовании⁹.

В нашем исследовании мы отметили преимущественное поражение ВИЧ-инфекцией жителей арктических регионов трудоспособного возраста, что не противоречит аналогичным данным среди всего населения [19]. Кроме того, в исследовании установлено преобладание гетеросексуального пути инфицирования ВИЧ, как пути, наиболее сильно способствующего усилению эпидемического процесса, с преимущественным поражением женщин фертильного возраста в регионах с компактным проживанием коренных малочисленных народов Севера: НАО, ЯНАО, Чукотка, Республика Саха (Якутия). Особо обращается внимание на высокий уровень (более половины случаев) регистрации ВИЧ-инфекции среди женщин в возрасте от 35-44 лет на Чукотке. Также настораживает, что в этом регионе ВИЧ-инфекция преимущественно выявляется среди

8 ВИЧ-инфекцию на Ямале распространяют вахтовики из соседних регионов. 30.11.2016. URL: <https://fedpress.ru/news/89/society/1707590>. Дата обращения: 15.07.2022.

9 Загдын З.М. ВИЧ/туберкулез в местах лишения свободы на Северо-Западе России. Со-временные проблемы здравоохранения и медицинской статистики. 2019; 1: 123-143. URL: <http://healthproblem.ru/magazines?text=224>. Дата обращения: 12.06.2022.

сельского населения с компактным проживанием, возможно обусловленное, по нашему предположению, низкой информированностью населения о профилактике социально значимых инфекционных заболеваний, что требует проведения дополнительных исследований. Кроме того, по отношению к другим регионам и России в целом, на Чукотке доля пациентов с неопределяемым порогом ВН среди лиц, получавших АРВТ в 2021 году, оказалась самой низкой (42,9%).

В период интенсивного освоения арктических территорий наиболее уязвимыми к ВИЧ становятся именно коренные народы в силу их социальных, психологических, этно-культурных и других особенностей [20]. Между тем, факторы риска распространения ВИЧ-инфекции среди коренных народов Крайнего Севера изучены недостаточно, имеются лишь единичные публикации [1, 2].

Заключение

Заболеваемость ВИЧ-инфекцией в арктических регионах, равно как и в России в целом, в последние 2 года анализируемого периода имеет тенденцию к снижению с сохранением высокой доли поражения группы населения трудоспособного возраста. Основным путем инфицирования ВИЧ в арктических регионах является гетеросексуальный с преимущественной регистрацией заболевания среди женщин фертильного возраста, особенно на Чукотке. Этот регион является наиболее уязвимым из всех арктических территорий по выявлению, профилактике и лечению ВИЧ-инфекции, также по показателю заболеваемости, который в 2021 году составил 50,5 на 100 тысяч населения, заняв второе место после Красноярского края (74,3), при среднем уровне по России 40,4.

Необходимо проведение дополнительных исследований по изучению особенностей распространения ВИЧ-инфекции в арктических регионах, особенно на Чукотке, и среди коренных жителей, с последующей разработкой и внедрением соответствующих мер, направленных на противодействие распространению ВИЧ-инфекции среди жителей Российской Арктики.

Список литературы:

1. Истомин П.В., Волова Л.Ю., Мефодьев В.В., Романова А.А. Факторы риска ВИЧ-инфекции среди коренных малочисленных народов и мигрантов Крайнего Севера. Эпидемиология и инфекционные болезни. 2017; 22 (3): 128-133. <http://dx.doi.org/10.18821/1560-9529-2017-22-3-128-133>.
2. Волова Л.Ю., Родина Е.В. Эпидемиологическая ситуация по ВИЧ-инфекции среди представителей коренных малочисленных народов Севера. Журнал Инфектологии. 2014; 2 (6): 76-82.
3. Залялов Б.А., Пименов Н.Н., Комарова С.В., Карандашова И.В., Чуланов В.П. Эпидемиологические особенности гепатитов В и С в Арктике. Эпидемиология и инфекционные болезни. 2019; 1 (9): 81-92. <https://dx.doi.org/10.18565/epidem.2019.9.1.81-92>.
4. Башарин К.Г. Туберкулез легких в Якутии. 1978. Якутск: 126.
5. Томашевский А. Ф. Оптимизация выявления туберкулеза в труднодоступных регионах Крайнего Севера с помощью бактериологического метода. Проблемы туберкулеза. 1992; 7-8: 9-11.
6. Тырылгин М.А. Туберкулез: эпидемиология, факторы риска, основы выявления (на модели региона Якутии). 1995. Якутск: 191.
7. Тырылгин, М. А. Борьба с туберкулезом: политическая воля, высокий профессионализм и активное участие населения. Якутский медицинский журнал. 2005; 2 (10): 28-31.
8. Z. Zagdyn , Y. Zhao, V. Tsvetkov, S. Sleptsova, M. Vinokurova, E. Sokolovich, P. Yablonskiy. Incidence of socially significant infectious diseases (HIV, TB and HIV/TB coinfection) in the Arctic regions of Russia). Int. J. Circumpolar Hlth. 2021 Dec;80(1):1966924. doi: 10.1080/22423982.2021.1966924.

9. Bjorn-Mortensen K., Ladefoged K., Obel N., Helleberg M. The HIV epidemic in Greenland - a slow spreading infection among adult heterosexual Greenlanders. *Int. J. Circumpolar Hlth.* 2013; 72: 19-558. <http://dx.doi.org/10.3402/ijch.v72i0.19558>.
10. Margo E. Pearce, Kate Jongbloed, Sherri Pooyak, et al. The Cedar project: exploring the role of colonial harms and childhood maltreatment on HIV and hepatitis C infection in cohort study involving young indigenous people who use drugs in two Canadian cities. *BMJopen.* 2021;11:e042545. <http://dx.doi.org/10.1136/bmjopen-2020-042545>.
11. Linda Larcombe, Albert McLeod, Sarah Samuel, et al. A Dene First Nation's community readiness assessment to take action against HIV/AIDS: a pilot project. *International Journal of Circumpolar Health.* 2019; 78:1588092. <https://doi.org/10.1080/22423982.2019.1588>.
12. American Indians and Alaska Natives. Centers for Disease Control and Prevention. Centers for Disease Control and Prevention. 2018. Available at: <https://www.cdc.gov/nchhstp/healthdisparities/americanindians.html>. Date of access: July 08, 2022.
13. Ronald J. Bowerman. Rapid detection of tuberculosis in remote Alaska. *International Journal of Circumpolar Health.* 2020; 79: 1827786. <https://doi.org/10.1080/22423982.2020.1827786>. Date of access: July 08, 2022.
14. Ковеленов А.Ю., Семикова С.Ю., Тотолян А.А. Организация медицинской помощи больным с ВИЧ-инфекцией в Ленинградской области. *ВИЧ-инфекция и иммуносупрессии.* 2016; 3 (8): 39-44. <https://doi.org/10.22328/2077-9828-2016-8-3-39-44>.
15. Загдын З.М. Система учета случаев ВИЧ-инфекции в Российской Федерации. Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики. 2019; 3: 104-113. <https://doi.org/10.24411/2312-2935-2019-10057>.
16. Беляков Н.А., Рассохин В.В., Розенталь В.В., Огурцова С.В., Степанова Е.В., Мельникова Т.Н., Курганова Т.Ю., Азовцева О.В., Симакина О.Е., Тотолян А.А. Эпидемиология ВИЧ-инфекции. Место мониторинга, научных и дозорных наблюдений, моделирования и прогнозирования обстановки. *ВИЧ-инфекция и иммуносупрессии.* 2019; 2 (11): 7-26.
17. Нечаева О.Б. Эпидемическая ситуация по ВИЧ-инфекции в России в период начала действия государственной стратегии противодействия распространению ВИЧ-инфекции. *Туберкулез и болезни легких.* 2021; 5 (99): 15-24. <https://doi.org/10.21292/2075-1230-2021-99-5-15-24>.
18. Беляков Н.А., Боева Е.В., Симакина О.Е. и др. Пандемия COVID-19 и ее влияние на течение других инфекций на Северо-Западе России. *ВИЧ-инфекция и иммуносупрессии.* 2022; 1: 7-24. <https://doi.org/10.22328/2077-9828-2022-14-1-7-24>. <http://dx.doi.org/10.22328/2077-9828-2019-11-2-7-26>.
19. Нечаева О.Б., Подымова А.С. Влияние ВИЧ-инфекции на демографическую ситуацию в России. *Медицинский Альянс.* 2018; 1: 6-16.
20. Сорокина С.А., Загдын З.М. Социально-экономические, культурные и психологические факторы, влияющие на распространение туберкулеза и ВИЧ-инфекции среди коренных малочисленных народов России (обзор). *Медицинский альянс.* 2016; 3: 24-29.

References:

1. Istomin P.V., Volova L.YU., Mefod'ev V.V., Romanova A.A. Faktoryriskaya VICH-infekcii sredi korennyh malochislennyh narodov i migrantov Krajnego Severa. *Epidemiology and Infectious Disease.* 2017; 22 (3): 128-133. <http://dx.doi.org/10.18821/1560-9529-2017-22-3-128-133>. (In Russian).
2. Volova L.YU., Rodina E.V. Epidemiologicheskaya situatsiya po VICH-infekcii sredi predstavitelej korennyh malochislennyh narodov Severa. *Journal of Infectology.* 2014; 2 (6): 76-82. (In Russian).
3. Zalyalov B.A., Pimenov N.N., Komarova S.V., Karandashova I.V., CHulanov V.P. Epidemiologicheskie osobennosti gepatitov V i S v Arktike. *Epidemiology and Infectious Disease.* 2019; 1 (9): 81-92. <https://dx.doi.org/10.18565/epidem.2019.9.1.81-92>. (In Russian).
4. Basharin K.G. *Tuberkulezlegkih v Yakutii.* 1978. Yakutsk: 126. (In Russian).
5. Tomashevskij A. F. Optimizatsiya vyyavleniya tuberkuleza v Trudnodostupnyh regionah Krajnego Severa s pomoshch'yu bakteriologicheskogo metoda. *Problem of Tuberculosis.* 1992; 7-8: 9-11. (In Russian).
6. Tyrylgin M.A. *Tuberkulez: epidemiologiya, faktoryriskaya, osnovy vyyavleniya (na modeli regiona Yakutii).* 1995. Yakutsk: 191.
7. Tyrylgin, M. A. Bor'ba s tuberkulezom: politicheskaya volya, vysokij professionalism i aktivnoe uchastie naseleniya. *Yacutian Medical Journal.* 2005; 2 (10): 28-31. (In Russian).

8. Z. Zagdyn, Y. Zhao, V. Tsvetkov, S. Sleptsova, M. Vinokurova, E. Sokolovich, P. Yablonskiy. Incidence of socially significant infectious diseases (HIV, TB and HIV/TB coinfection) in the Arctic regions of Russia). *Int. J. Circumpolar Hlth.* 2021 Dec;80(1):1966924. doi: 10.1080/22423982.2021.1966924.
9. Bjorn-Mortensen K., Ladefoged K., Obel N., Helleberg M. The HIV epidemic in Greenland – a slow spreading infection among adult heterosexual Greenlanders. *Int. J. Circumpolar Hlth.* 2013; 72: 19 558. <http://dx.doi.org/10.3402/ijch.v72i0.19558>.
10. Margo E. Pearce, Kate Jongbloed, Sherri Pooyak, et al. The Cedar project: exploring the role of colonial harms and childhood maltreatment on HIV and hepatitis C infection in cohort study involving young indigenous people who use drugs in two Canadian cities. *BMJopen.* 2021;11:e042545. doi:10.1136/bmjopen-2020-042545.
11. Linda Larcombe, Albert McLeod, Sarah Samuel, et al. A Dene First Nation's community readiness assessment to take action against HIV/AIDS: a pilot project. *International Journal of Circumpolar Health.* 2019; 78: 1588092. <https://doi.org/10.1080/22423982.2019.1588>.
12. American Indians and Alaska Natives. Centers for Disease Control and Prevention. Centers for Disease Control and Prevention. 2018. Available at: <https://www.cdc.gov/nchhstp/healthdisparities/americanindians.html>. Date of access: July 08, 2022.
13. Ronald J. Bowerman. Rapid detection of tuberculosis in remote Alaska. *International Journal of Circumpolar Health.* 2020; 79: 1827786. <https://doi.org/10.1080/22423982.2020.1827786>. Accessed July 08, 2022.
14. Kovelonov A.YU., Semikova S.YU., Totolyan A.A. Organizaciya medicinskoj pomoshchi bol'nym s VICH-infekciej v Leningradskoj oblasti. *HIV infection and Immunosuppressive Disorders.* 2016; 3 (8): 39-44. <https://doi.org/10.22328/2077-9828-2016-8-3-39-44>. (In Russian).
15. Zagdyn Z.M. Sistema ucheta sluchaev VICH-infekcii v Rossijskoj Federacii.. *Current problems of health care and medical statistics.* 2019; 3: 104-113. <https://doi.org/10.24411/2312-2935-2019-10057>. (In Russian).
16. Belyakov N.A., Rassokhin V.V., Rozental` V.V., Ogurczova S.V., Stepanova E.V., Mel`nikova T.N., Kurganova T.Yu., Azovczeva O.V., Simakina O.E., Totolyan A.A. E`pidemiologiya VICH-infekcii. Mesto monitoringa, nauchny`kh i dozorny`kh nablyudenij, modelirovaniya i prognozirovaniya obstanovki. *HIV infection and Immunosuppressive Disorders.* 2019; 2 (11): 7-26. <http://dx.doi.org/10.22328/2077-9828-2019-11-2-7-26>. (In Russian).
17. Nechaeva O.B. Epidemicheskayasituaciya po VICH-infekcii v Rossii v period nachaladejstviyagosudarstvennojstrategii protivodejstviy arasprostraneniya VICH-infekcii. *Tuberculosis and Lung Disease.* 2021; 5 (99): 15-24. <https://doi.org/10.21292/2075-1230-2021-99-5-15-24>. (In Russian).
18. Belyakov N.A., Boeva E.V., Simakina O.E. i dr. Pandemiya COVID-19 i ee vliyanie na techenie drugikh infekcij na Severo-Zapade Rossii. *HIV infection and Immunosuppressive Disorders.* 2022; 1 (14): 7-24. <https://doi.org/10.22328/2077-9828-2022-14-1-7-24>. (In Russian).
19. Nechaeva O.B., Podymova A.S. Vliyanie VICH-infekcii na demograficheskuyu situaciyu v Rossii. *Medical Alliance.* 2018; 1: 6-16. (In Russian).
20. Sorokina S.A., Zagdyn Z.M. Social'no-ekonomicheskie, kul'turnye i psihologicheskie faktory, vliyayushchie na rasprostranenie tuberkuleza i VICH-infekcii sredi korennyh malochislennyh narodov Rossii (obzor). *Medical Alliance.* 2016; 3: 24-29. (In Russian).

Научная статья

УДК 681.5

DOI: 10.24412/2658-4255-

2022-3-21-29

Для цитирования:

Е.А. Иванчик,
А.А. Жиленков Новый метод
определения коэффициента
проницаемости пористых
сред для оценки свойств
грунта на примере
Арктического региона //
Российская Арктика. 2022.
№ 18. С. 21–29

Получена: 24.08.2022

Принята: 12.09.2022

Опубликована: 20.09.2022



НОВЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ПРОНИЦАЕМОСТИ ПОРИСТЫХ СРЕД ДЛЯ ОЦЕНКИ СВОЙСТВ ГРУНТА НА ПРИМЕРЕ АРКТИЧЕСКОГО РЕГИОНА

Е.А. Иванчик¹ , А.А. Жиленков¹ 

¹ Санкт-Петербургский морской технический университет;
Санкт-Петербург, Россия
lizavveta999@gmail.com
zhilenkovanton@gmail.com

Аннотация: Коэффициент проницаемости напрямую влияет на скорость фильтрации воды в грунте; значения скоростей фильтрации, в свою очередь, во многом определяют конструкцию и материалы [1], применяемые при возведении подземных или заглубленных в грунт сооружений.

Существует ряд методов, [2] позволяющих определить коэффициент проницаемости экспериментальными способами, однако, полученные значения имеют высокую дисперсию – результаты могут отличаться вплоть до третьего порядка, что объясняется использованием разного оборудования, техникой подготовки и текстурой исследуемых образцов, недостаточным количеством тестовых образцов, погрешностями приложенного давления, локальными неоднородностями и т.п.

Большинство названных факторов не имеют значимости в вычислительном эксперименте, в связи с чем предлагаемый подход определения проницаемости среды основан на методе решетчатых уравнений Больцмана (LBM).

В итоге экспериментальным путем была определена зависимость проницаемости среды от коэффициента пористости на микроуровне. Впоследствии найденный закон сравнивался с результатами аналитического решения.

Представленный метод имеет высокую практическую ценность, поскольку может использоваться для определения характеристик грунта при оценке перспектив построения на нём инженерных сооружений, зданий и т.п. В частности, критическое значение имеет оценка свойств грунта в Арктике, где оттаивание грунта приводит к изменениям его поведения и влиянию на строительные объекты, размещаемые в данных районах.

Ключевые слова: местность, плотность, эксперимент, уравнение Больцмана, вычислительный эксперимент

A NEW METHOD FOR DETERMINING THE PERMEABILITY COEFFICIENT OF POROUS MEDIA FOR ASSESSING SOIL PROPERTIES ON THE EXAMPLE OF THE ARCTIC REGION

E.A. Ivanchik¹, A.A. Zhilenkov¹

¹ St. Petersburg State Marine Technical University; St. Petersburg, Russia
lizavveta999@gmail.com
zhilenkovanton@gmail.com

Abstract: The permeability coefficient directly affects the rate of water filtration in the soil; the values of filtration rates, in turn, largely determine the design and materials [1] used in the construction of underground or buried structures.

There are a number of methods [2] that make it possible to determine the permeability coefficient experimentally, however, the obtained values have a high dispersion - the results may differ up to the third order, which is explained by the use of different equipment, the preparation technique and the texture of the samples under study, the insufficient number of test samples, the errors of the applied pressure, local inhomogeneities, etc.

Most of these factors are not significant in a computational experiment, and therefore the proposed approach for determining the permeability of a medium is based on the method of lattice Boltzmann equations (LBM).

As a result, the dependence of the medium permeability on the porosity coefficient at the microlevel was experimentally determined. Subsequently, the found law was compared with the results of the analytical solution.

Keywords: terrain, density, experiment, Boltzmann equation, computational experiment

Введение

Проницаемость характеризует способность пористой среды пропускать жидкость или газ и тем самым является важным параметром в строительстве [3], промышленной добыче нетрадиционной нефти [4], процессов пенообразования в пористых средах [5] и др.

Сегодня наблюдается ускорение процессов оттаивания почвы в бывших районах вечной мерзлоты в Арктической зоне. Существующие методы определения свойств грунта при планировании строительства различного рода объектов имеют низкую точность и опираются на условные коэффициенты, трудные для точного определения для конкретного грунта. В районах Арктики данная проблема усугубляется высокой динамикой изменений свойств грунта. Предложенный метод позволяет выполнить моделирование процессов в пористой среде, вычислить значение коэффициента проницаемости и построить модель его изменения.

Процесс просачивания жидкости или газа через поры пористой среды называется фильтрацией. Подходы, применяемые при моделировании процессов фильтрации жидкости в пористой среде, различаются в зависимости [1] от значений скорости течения жидкости в порах и их степени насыщенности. В случае движения жидкости в среде с ненасыщенными порами применяется уравнение Ричардса или Бринкмана; если поры находятся в насыщенном состоянии – уравнение Дарси [1-3].

В работе предполагается, что поры находятся в насыщенном состоянии, а скорости течения жидкости и число Рейнольдса малы, тогда при таких условиях для определения коэффициента проницаемости среды возможно применение линейного закона Дарси.

Точность и стабильность моделей LBM зависит от выбранного оператора столкновений. Модели [6], построенные на ВСК имеют предел стабильности и низкую эффективность, кроме того ВСК использует один параметр релаксации, вследствие чего возникает зависимость проницаемости от вязкости жидкости. В то же время было показано, что требуется как минимум два параметра релаксации, чтобы предупредить наличие нелинейных ошибок, зависящих от вязкости, при применении граничных условий типа упругого столкновения.

Из приведенных выше заключений можно сделать вывод, что в модели LBM следует использовать любой оператор столкновений, имеющий более одного параметра релаксации.

LBM характеризует [7] нестационарный режим движения жидкости. Известно, что коэффициент проницаемости определяется для стационарного режима потока жидкости, который достигается в LBM после 10000-20000 итераций. Отсюда следует другая особенность LBM при определении коэффициента проницаемости – необходимость выполнения большого количества вычислений. Тем не менее, проблема высокой вычислительной сложности достаточно легко разрешается, так как одним из главных преимуществ LBM является легкость распараллеливания программного кода.

Методология

1. Метод решетчатых уравнений Больцмана

Основное уравнение LBM имеет вид [8]:

$$f_i(x + c_i \Delta t, t + \Delta t) = f_i(x, t) + \Omega_i + \Delta t F_i \quad (1)$$

где $f_i(x, t)$ – функция распределения, задающаяся для направления i ; c_i – скорость частиц в направлении i такая, что узел $x + c_i \Delta t$ – соседний по отношению к узлу с координатами x ; Ω_i – оператор столкновений; F_i – внешняя сила.

Выбор оператора столкновений обсуждался в разделе выше; в силу легкости настраивания параметров пусть в основе LBM модели будет TRT-оператор с двумя параметрами релаксации ω^+ и ω^- [9]:

$$\begin{aligned} \Omega_i &= -\omega^+ \Delta t (f_i^+ - f_i^{eq+}) - \omega^- \Delta t (f_i^- - f_i^{eq-}) \\ f_i^+ &= \frac{f_i + f_{\bar{i}}}{2}, & f_i^- &= \frac{f_i - f_{\bar{i}}}{2} \\ f_i^{eq+} &= \frac{f_i^{eq} + f_{\bar{i}}^{eq}}{2}, & f_i^{eq-} &= \frac{f_i^{eq} - f_{\bar{i}}^{eq}}{2} \end{aligned} \quad (2)$$

Равновесная функция распределения f_i^{eq} [10] определяется по формуле (3):

$$f_i^{eq}(x) = w_i \rho(x) \left[1 + 3 \frac{c_i \cdot u}{c_s^2} + \frac{9}{2} \frac{(c_i \cdot u)^2}{c_s^4} - \frac{3}{2} \frac{u^2}{c_s^2} \right] \quad (3)$$

Параметры релаксации связаны соотношением [9]:

$$\Lambda = \left(\frac{1}{\omega^+ \Delta t} - \frac{1}{2} \right) \left(\frac{1}{\omega^- \Delta t} - \frac{1}{2} \right) \quad (4)$$

где Λ – “магический параметр”, обуславливающий стабильность и точность TRT-оператора.

Кинематическая вязкость жидкости вычисляется по формуле:

$$\nu = c_s^2 \left(\frac{1}{\omega^+ \Delta t} - \frac{1}{2} \right) \quad (5)$$

Макроскопические параметры скорости и плотности находятся как:

$$\rho = \sum_i f_i, \rho u = \sum_i c_i f_i \quad (6)$$

Движение жидкости происходит под действием силы тяжести. Введем ускорение g , направленное противоположно положительному направлению оси OY и имитирующее действие градиента давления, тогда [11] действующая сила:

$$F_i = \omega_i \rho \frac{g c_{iy}}{c_s^2} \quad (7)$$

В верхней части рассматриваемой области жидкости, имеющей прямоугольную форму, зададим граничные условия Zou and He; в нижней – условия нулевого градиента функции распределения; слева и справа – периодические граничные условия.

В случае если границы жидкость-твердое тело находятся внутри области жидкости применяется half-way bounce-back (о котором говорится, например, в [9]), объединенный с шагом распространения частиц:

$$\begin{aligned} f_i(x, t + \Delta t) &= \varepsilon_x \cdot f_i^*(x + c_i \Delta t, t) + (1 - \varepsilon_{x+c_i \Delta t}) \cdot f_i^*(x, t) \\ f_i^*(x, t) &= f_i(x, t) + \Omega_i + \Delta t F_i \end{aligned} \quad (8)$$

2. Закон Дарси

Коэффициент проницаемости среды (k) [12] может быть найден из уравнения Дарси:

$$\langle u \rangle = -\frac{k}{\mu} \nabla p \quad (9)$$

где $\langle u \rangle$ – средняя скорость жидкости, μ – коэффициент динамической вязкости, ∇p – градиент давления; знак минуса означает, что вектор скорости направлен в сторону убывания давления.

Используем аналог коэффициента проницаемости [13] K_p , вычисляемый для дискретной решетки Больцмана и измеряющейся в $l.u.^2$, чтобы определить k .

Пусть в рассматриваемой области пористого пространства с ограничивающими поверхностями S_1, S_2 и S_3 , где жидкость попадает в пористое пространство и покидает его через поверхности S_1 и S_2 , расстояние между которыми равняется Δx_l $l.u.$ и которые перпендикулярны направлению движения этой жидкости, действует решеточный градиент давления между этими двумя поверхностями. Тогда Δp_l можно выразить через дифференциал плотности $\Delta \rho_l$:

$$\Delta \rho_l = \Delta p_l c_s^{-2} \quad (10)$$

где c_s – скорость звука.

Тогда предполагая изотропность пористой среды:

$$K_l = -v_l \frac{(u_{avg})_l}{\nabla p_l} \quad (11)$$

Для перехода к коэффициенту пористости, измеряемому в $[m^2]$ используем формулу (11), связывающую k и K_l :

$$k = K_l (\Delta x)^2 [m^2] \quad (12)$$

Результаты

Достижимость установившегося течения жидкости

Изучим, как уравнение (8) определяет среднюю скорость потока жидкости и падение давления на микроуровне, в данном случае эффективный диаметр непроницаемых частиц соизмерим с $\Delta x = 1 \text{ l.u.}$, тогда их радиус $R < 1 \text{ l.u.}$

Как уже упоминалось ранее, коэффициент проницаемости пористой среды находится только для установившихся течений жидкости, поэтому проверим достижимость стационарного режима потока.

На рисунках 1-3 приведены графики зависимости норм Фробениуса матриц $\rho_n - \rho_{(n-1)}$, $u_{(x,n)} - u_{(x,n-1)}$, $u_{(y,n)} - u_{(y,n-1)}$ от номера итерации n для решетки размером 25 на 25 узлов:

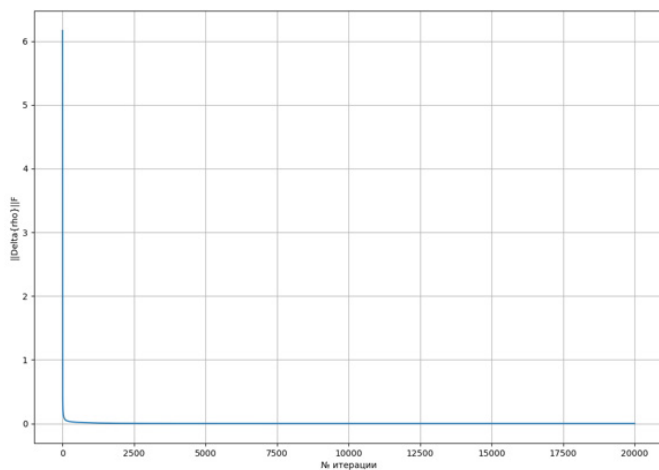


Рисунок 1 – График зависимости $\|\rho_n - \rho_{(n-1)}\|_F$ от номера итерации

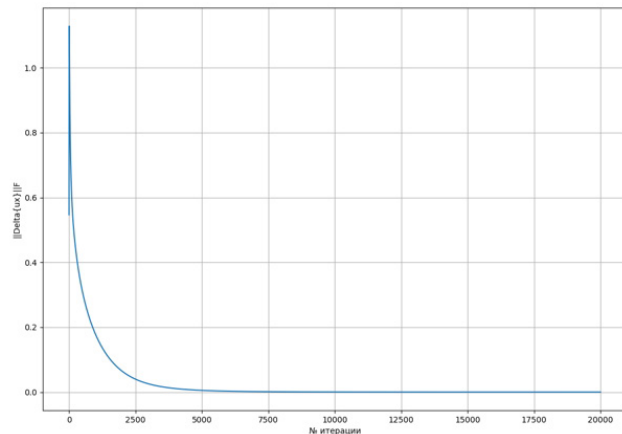


Рисунок 2 – График зависимости $\|u_{(x,n)} - u_{(x,n-1)}\|_F$ от номера итерации

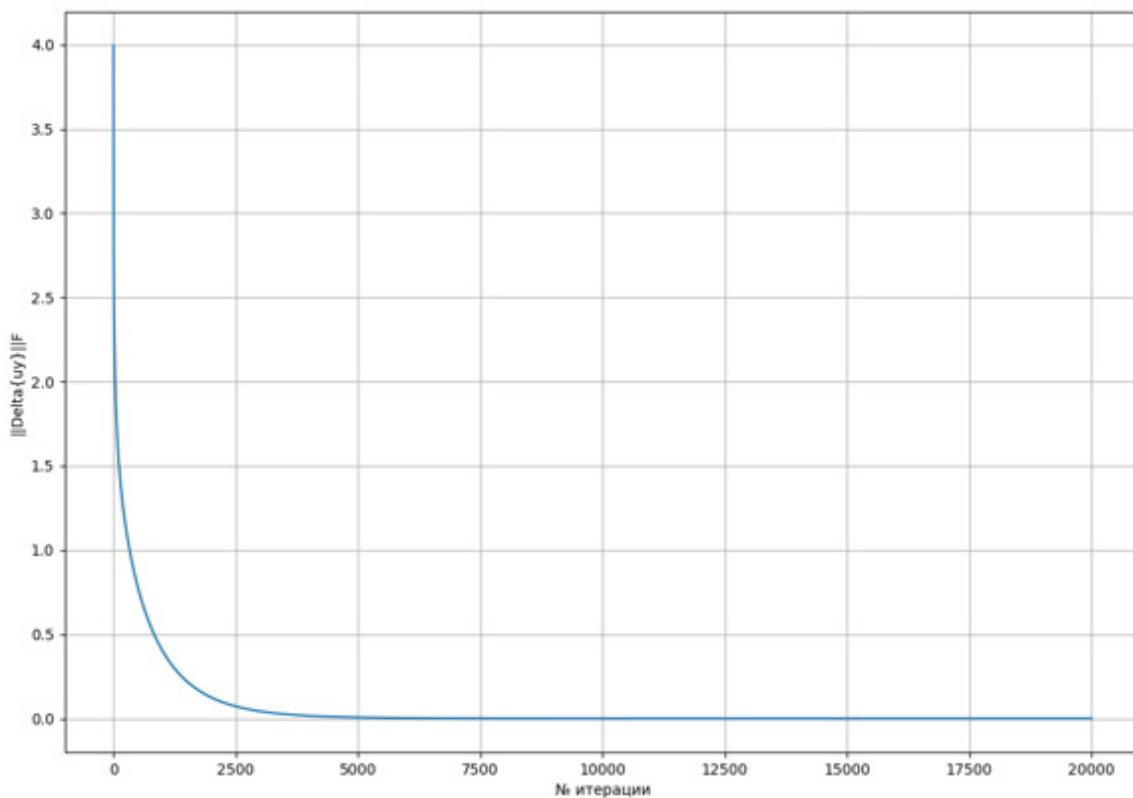


Рисунок 3 – График зависимости $\|u_{(y,n)} - u_{(y,n-1)}\|_F$ от номера итерации

И для $N = 19999$ относительные значения $\|\rho_N - \rho_{N-1}\|_F / \rho_0$; $\|u_{x,N} - u_{x,N-1}\|_F / u_{0,x}$; $\|u_{y,N} - u_{y,N-1}\|_F / u_{0,y}$ составляют (табл. 1):

Таблица 1

Относительные значения изменений плотности и скорости жидкости

Относительные изменения макропараметров	$\ \rho_N - \rho_{N-1}\ _F / \rho_0$	$\ u_{x,N} - u_{x,N-1}\ _F / u_{0,x}$	$\ u_{y,N} - u_{y,N-1}\ _F / u_{0,y}$
Значения относительных изменений	$4.52 \cdot 10^{-9}$	$1.31 \cdot 10^{-6}$	$1.94 \cdot 10^{-6}$

Пусть $\varepsilon = 3 \cdot 10^{-6}$,

$$\|\rho_N - \rho_{N-1}\|_F / \rho_0 < \varepsilon; \quad \|u_{x,n} - u_{x,n-1}\|_F / u_{0,x} < \varepsilon; \quad \|u_{y,n} - u_{y,n-1}\|_F / u_{0,y} < \varepsilon \quad (13)$$

тогда соотношения (13) выполняются одновременно начиная с $n = 19163$.

Таким образом, в данном случае стационарный режим течения жидкости достигается после 19163 итерации.

Аналогично посмотрим, какое число итераций необходимо для выполнения неравенств (13) для решеток размером 30 на 30 узлов, 35 на 35, 20 на 20 (табл.2).

Таблица 2

Минимальное число итераций, при котором достигается стационарный режим

Размер решетки	Коэффициент пористости	Число итераций
20x20	0.433	22918
25x25	0.427	19163
30x30	0.422	44249

Вывод эмпирического закона определения коэффициента проницаемости

Найдем зависимость коэффициента проницаемости k от пористости среды при условии, что $R < 1$ л.и.

Валидацию закона будем проводить с помощью аналитического решения Гебарта [14]. Модель Гебарта, эквивалентная полученной, построена на предположении, что пористая структура сформирована параллельными цилиндрическими капиллярами (наглядное представление структуры рис. 4). Тогда коэффициент проницаемости определяется соотношением:

$$\frac{k}{R^2} = C_G \left(\sqrt{\frac{1 - \phi_c}{1 - \phi}} - 1 \right)^{2,5} \quad (14)$$

где R – радиус капилляр; ϕ – коэффициент проницаемости; ϕ_c – критическое значение проницаемости среды, ниже которого фильтрация жидкости не происходит; $C_G = \frac{16}{9\pi\sqrt{2}}$ – геометрический фактор, обусловлен-

ный структурой пористой среды; $\Phi_c = 1 - \frac{\pi}{4}$ по Гебарту.

Определим коэффициент проницаемости k на основе построенной модели (табл. 3); Измерение k будем выполнять в единицах Дарси, $1D = 9.869233 \cdot 10^{-13} \text{ м}^2$.

Таблица 3
Зависимость коэффициента проницаемости от пористости

k , [D]	0.166	0.219	0.117	0.297	0.289	0.067	0.396	2.55
ϕ	0.23	0.28	0.38	0.42	0.43	0.53	0.63	0.70

Сравним результаты таблицы 3 (рис. 5) с аналитическим решением по Гебарту (формула 14); R примем равным 0.55 l.u. :

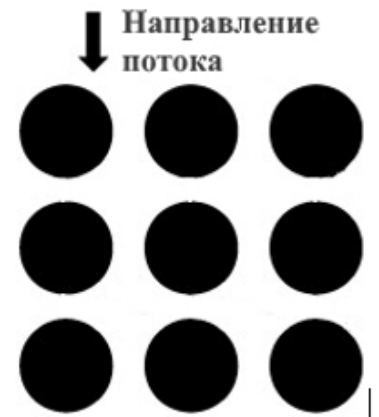


Рисунок 4 – Модель пористой структуры по Гебарту

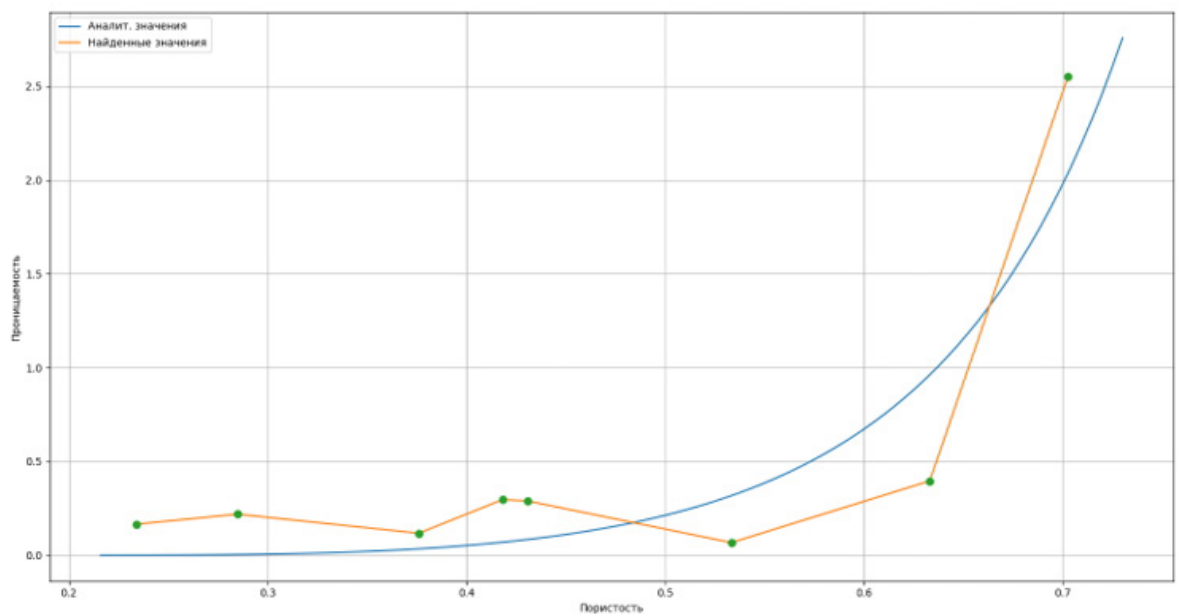


Рисунок 5 – Сравнение полученных результатов

Из рисунка 5 следует, что найденная с помощью модели зависимость $k(\phi)$ эквивалентна формуле (14) с небольшим расхождением согласно проведенному расчёту.

Заключение

Определение коэффициента проницаемости пористой среды проводилось с использованием метода решетчатых уравнений Больцмана, заданного на микроуровне. Чтобы учесть структуру порового пространства при условии соизмеримости диаметра частиц с размером 1 l.u. , применялось уравнение (8), объединяющее этап потоковой передачи и граничное условие half-way bounce back.

Нахождение проницаемости возможно только для установившихся течений, вследствие чего проводилось исследование достижимости стационарного режима движения жидкости, которое показало, что минимальное необходимое число итераций составляет 20000.

Развитие Арктического региона достаточно важная и актуальная приоритетная задача и Правительство Российской Федерации поддерживает данные программы. Освоение данного региона позволяет открывать новые возможности для РФ.

Валидация модели осуществлялась с помощью выведенного Гебартом аналитического решения (14). В итоге было показано, что при радиусе частиц $R = 0.55 l.u.$ полученная зависимость с небольшим отклонением совпадает с законом (14).

Список литературы:

1. Polomčić, D.; Bajić, D.; Hajdin, B.; Pamučar, D. Numerical Modeling and Simulation of the Effectiveness of Groundwater Source Protection Management Plans: Riverbank Filtration Case Study in Serbia. *Water* 2022, 14, 1993. <https://doi.org/10.3390/w14131993>.
2. Zhilenkov, A. A. High productivity numerical computations for gas dynamics modelling based on DFT and approximation / A. A. Zhilenkov // Proceedings of the 2018 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering, EIConRus 2018, St. Petersburg and Moscow: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2018. – P. 400-403. – DOI 10.1109/EIConRus.2018.8317117.
3. David Grover, Surface permeability of natural and engineered porous building materials / David Grover, Cabot R. Savidge, Laura Townsend, Odanis Rosario, Liang-Bo Hu, Donna M. Rizzo, Mandar M. Dewoolkar // Construction and Building Materials, Volume 112, 2016, P. 1088-1100.
4. Eduardo Gildin, Analyzing Production Data From Hydraulically Fractured Wells: The Concept of Induced Permeability Field / Eduardo Gildin, Peter Valko, Gorgonio Fuentes-Cruz // SPE Reservoir Evaluation & Engineering, Volume 17, 2014, 220-232.
5. Жиленков, А. А. Разработка метода решения уравнений теплопроводности с неравномерной дискретизацией для моделирования процессов в реакторах газофазной эпитаксии / А. А. Жиленков // Системы управления и информационные технологии. – 2017. – № 3(69). – С. 11-15.
6. Farshad Gharibi, Darcy and inertial fluid flow simulations in porous media using the non-orthogonal central moments lattice Boltzmann method / Farshad Gharibi, Mahmud Ashrafizaadeh // Journal of Petroleum Science and Engineering, Volume 194, 2020.
7. Zhilenkov A.A., Chernyi S.G., Firsov A. Autonomous underwater robot fuzzy motion control system for operation under parametric uncertainties // Journal of Information Technologies and Computing Systems. 2021. № 1. С. 50-57.
8. Zhaoli Guo. Lattice Boltzmann Method and its Applications in Engineering / Zgaoli Guo, Chang Shu, et al. – World Scientific Publishing Company, 2013. – 420 p.
9. Timm Kruger. The Lattice Boltzmann Method, principles and practice / Timm Kruger, Halim Kusumaatmaja, Alexandr Kuzmin, Orest Shardt, Goncalo Silva, Erlend Magnus Viggen. – Switzerland: Springer 2017. – 694.
10. Michael C. Sukop. Lattice Boltzmann Modeling: An Introduction for Geoscientists and Engineers / Michael C. Sukop, Daniel T. Thorne, Jr. - Berlin Heidelberg: Springer, 2006. – 173.
11. Sauro Succi, The Lattice Boltzmann Equation / Sauro Succi. – United Kingdom: Oxford University press 2018. – 761.
12. Radmila Mandzhieva, Practical aspects of absolute permeability finding for the lattice Boltzmann method and pore network modeling / Radmila Mandzhieva, Rimma Subhankulova // Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, Volume 582, 2021.
13. Mohamad Chaaban, Upscaling LBM-TPM simulation approach of Darcy and non-Darcy fluid flow in deformable, heterogeneous porous media / Chaaban Mohamad, Heider Yousef, Markert Bernd // International Journal of Heat and Fluid Flow, Volume 83, 2020, 108566.
14. A. Ebrahimi Khabbazi, Developing a new form of the Kozeny–Carman parameter for structured porous media through lattice-Boltzmann modeling / A. Ebrahimi Khabbazi, J.S. Ellis, A. Bazylak // Computers & Fluids, Volume 75, 2013, Pages 35-41.

References:

1. Polomčić, D.; Bajić, D.; Hajdin, B.; Pamučar, D. Numerical Modeling and Simulation of the Effectiveness of Groundwater Source Protection Management Plans: Riverbank Filtration Case Study in Serbia. *Water* 2022, 14, 1993. <https://doi.org/10.3390/w14131993>.
2. Zhilenkov, A. A. High productivity numerical computations for gas dynamics modelling based on DFT and approximation / A. A. Zhilenkov // Proceedings of the 2018 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering, EIConRus 2018, St. Petersburg and Moscow: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2018. – P. 400-403. – DOI 10.1109/EIConRus.2018.8317117. – EDN YBVRYL.

3. David Grover, Surface permeability of natural and engineered porous building materials / David Grover, Cabot R. Savidge, Laura Townsend, Odanis Rosario, Liang-Bo Hu, Donna M. Rizzo, Mandar M. Dewoolkar // *Construction and Building Materials*, Volume 112, 2016, Pages 1088-1100.
4. Eduardo Gildin, Analyzing Production Data From Hydraulically Fractured Wells: The Concept of Induced Permeability Field / Eduardo Gildin, Peter Valko, Gorgonio Fuentes-Cruz // *SPE Reservoir Evaluation & Engineering*, Volume 17, 2014, 220-232.
5. Zhilenkov, A. A. Razrabotka metoda resheniya uravnenij teploprovodnosti s neravnomernoj diskretizaciej dlya modelirovaniya processov v reaktorah gazofaznoj epitaksii / A. A. Zhilenkov // *Sistemy upravleniya i informacionnye tekhnologii*. – 2017. – № 3(69). – S. 11-15. – EDN ZDGMVR.
6. Farshad Gharibi, Darcy and inertial fluid flow simulations in porous media using the non-orthogonal central moments lattice Boltzmann method / Farshad Gharibi, Mahmud Ashrafizaadeh // *Journal of Petroleum Science and Engineering*, Volume 194, 2020.
7. Zhilenkov A.A., Chernyi S.G., Firsov A. Autonomous underwater robot fuzzy motion control system for operation under parametric uncertainties // *Journal of Information Technologies and Computing Systems*. 2021. № 1. S. 50-57.
8. Zhaoli Guo. Lattice Boltzmann Method and its Applications in Engineering / Zgaoli Guo, Chang Shu, et al. – World Scientific Publishing Company, 2013. – 420 p.
9. Timm Kruger. The Lattice Boltzmann Method, principles and practice / Timm Kruger, Halim Kusumaatmaja, Alexandr Kuzmin, Orest Shardt, Goncalo Silva, Erlend Magnus Viggen. – Switzerland: Springer 2017. – 694.
10. Michael C. Sukop. Lattice Boltzmann Modeling: An Introduction for Geoscientists and Engineers / Michael C. Sukop, Daniel T. Thorne, Jr. - Berlin Heidelberg: Springer, 2006. – 173.
11. Sauro Succi, The Lattice Boltzmann Equation / Sauro Succi. – United Kingdom: Oxford University press 2018. – 761.
12. Radmila Mandzhieva, Practical aspects of absolute permeability finding for the lattice Boltzmann method and pore network modeling / Radmila Mandzhieva, Rimma Subhankulova // *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, Volume 582, 2021.
13. Mohamad Chaaban, Upscaling LBM-TPM simulation approach of Darcy and non-Darcy fluid flow in deformable, heterogeneous porous media / Chaaban Mohamad, Heider Yousef, Markert Bernd // *International Journal of Heat and Fluid Flow*, Volume 83, 2020, 108566.
14. A. Ebrahimi Khabbazi, Developing a new form of the Kozeny–Carman parameter for structured porous media through lattice-Boltzmann modeling / A. Ebrahimi Khabbazi, J.S. Ellis, A. Bazylak // *Computers & Fluids*, Volume 75, 2013, Pages 35-41.

Original research

UDC 551.576.2

DOI: 10.24412/2658-4255-2022-3-30-43

For citing:

E. Zotova, A. Schmitt,
B. Ivanov, P. Svyaschennikov
Seasonal and annual variability
of Svalbard cloud cover //
Russian Arctic. 2022.
№ 18. P. 30–43

Received: 21.03.2022

Accepted: 19.09.2022

Published: 28.09.2022

SEASONAL AND ANNUAL VARIABILITY
OF SVALBARD CLOUD COVER

Ekaterina Zotova¹ , Dr. Amelie Schmitt², Dr. Boris Ivanov³,
Dr. Pavel Svyaschennikov⁴

¹ Arctic and Antarctic research institute, Saint Petersburg, Russia
evzotova@aari.ru

² Hamburg University, Hamburg, Germany
amelie.schmitt@uni-hamburg.de

³ Arctic and Antarctic research institute, Saint Petersburg State University,
Saint Petersburg, Russia

b_ivanov@aari.ru

⁴ Saint Petersburg State University, Arctic and Antarctic research institute,
Saint Petersburg, Russia
svyashchennikov@mail.ru

Abstract: This study is focused on the seasonal and inter-annual variability of total cloud cover in the Svalbard and a comparative analysis of data obtained from three meteorological stations with the ERA5 reanalysis data. The results show that the amount of total cloud cover increases in summer, but the reanalysis data do not agree with the observations. Reanalysis overestimates the results compare to observations for cloudy sky conditions and the inconsistency decreases in summer. For clear sky cases it is an underestimation of reanalysis for all seasons except summer. A comparison of inter-annual cloud cover values also show inconsistency between the observations and reanalysis. The overestimation of cloudy sky conditions and the underestimation of clear sky conditions are revealed for reanalysis. The latitudinal dependence of the amount of total cloud cover is not revealed.

Keywords: Arctic, cloud cover, reanalysis, ERA5, Svalbard

СЕЗОННАЯ И МЕЖГОДОВАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ОБЛАЧНОСТИ,
АРХИПЕЛАГ ШПИЦБЕРГЕН

Е. Зотова¹ , А. Шмитт², Б.В. Иванов³, П.Н. Священников⁴

¹ Арктический и Антарктический научно-исследовательский институт,
Санкт-Петербург, Россия
evzotova@aari.ru

² Университет Гамбурга, Гамбург, Германия
amelie.schmitt@uni-hamburg.de

³ Арктический и Антарктический научно-исследовательский институт,
Санкт-Петербургский Государственный Университет, Санкт-Петербург,
Россия

b_ivanov@aari.ru

⁴ Санкт-Петербургский Государственный Университет, Арктический и
Антарктический научно-исследовательский институт,
Санкт-Петербург, Россия
svyashchennikov@mail.ru

Аннотация: В данной работе исследуется сезонная и межгодовая изменчивость количества общей облачности на архипелаге Шпицберген, а также проводится сравнительный анализ данных, полученных на трех метеорологических станциях, расположенных на архипелаге с данными реанализа ERA5. Результаты показали, что количество общей облачности увеличивается в летний период, однако данные реанализа не согласуются с данными наблюдений.

Наблюдаются завышенные результаты реанализа по сравнению с данными со станций для случаев пасмурного неба, летом разница снижается. Для случаев безоблачного неба наблюдается занижение результатов реанализа по сравнению с данными наблюдений. Сравнение среднегодовых значений облачности так же показало несогласованность данных наблюдений и реанализа. Наблюдается завышение количества случаев пасмурного неба и занижение количества случаев ясного неба. Различия между максимальными и минимальными значениями в случае и ясного, и пасмурного неба значительно выше по данным наблюдений, чем в реанализе. Широтного распределения количества общей облачности не выявлено.

Ключевые слова: Арктика, облачность, реанализ, ERA5, Шпицберген

Introduction

Arctic climate is known to change relatively dramatically compared to other regions [1]. The Arctic amplification is a phenomenon which is known as the increase of warming velocity in the Arctic compared to the rest of planet [2]. This phenomenon is caused due to a combination of a general background warming [3], anomalies in the atmospheric circulation [4], reduced sea ice extent and higher sea surface temperatures [5] and increased water vapour [6] which lead to the change in cloud conditions [7]. Considering the importance of clouds in the Arctic, the cloud cover plays significant role in the Arctic climate system and can influence the ocean-atmosphere and land-atmosphere energy exchange [8]. It is important to know the time and location of clouds. However, it is difficult to obtain cloud cover data in the Arctic. Clouds in the Arctic are mostly optically thin and low-lying [9], and they have a low contrast with the underlying surface [10], which makes them hard to be observed from satellite mostly in winter [11]. Recent studies have shown that the net cloud radiative forcing in the Arctic is positive [12]. The increasing of clouds may cause strong positive feedback leading to an increase of surface temperature [13]. Clouds are also one of the main factors determining the transfer of short-wave and long-wave radiation. Their effect on radiation fluxes is determined by the amount, height, thickness and water content of clouds [14].

There are several investigations of cloud cover distribution in the Arctic which are focused on average values of cloud cover of the entire Arctic or on the point measurement on different areas or with different methods of measuring.

Chernokulsky and Esau [12] have been investigating the Eurasian Arctic cloud cover using the data from 89 meteorological stations from the Barents Sea to the Chukchi Sea from 1936 to 2012 years. An annual cycle with the minimum of total cloud cover in February–March and the maximum in September–October was determined. The total cloud cover was smaller during the cold period (1960–1980).

Eastman and Warren [15] compared the results of total cloud cover from surface and remote observations of entire Arctic from 1971 to 2009 years. The investigations of seasonal cycle showed the differences in cloud cover distribution with minimum in April and December and maximum in September according to surface observations. However, the satellite observations showed the dramatic decrease of total cloud cover in April and maximum in June—July.

Maturilli and Ebell [16] processed data collected by laser ceilometer for the detection of cloud base height since August 1992 in Ny-Ålesund, Svalbard. The seasonal distribution of total amount of clouds was found. The extended summer season which was found to be from May to September revealed the lowest occurrence of clear-sky conditions, and is consequently the most cloud-covered period of the year. This article makes it possible to compare the results of visual observations with the instrumental measurements. The general patterns in seasonal cloud cover distribution are also consensual. Unfortunately, due to the inhomogeneous time series given in mentioned article [16] it is impossible to compare the inter-annual variability of instrumental and visual observations on Ny-Alesund station.

The reanalysis data are one of the main data sources for evaluating the climate change in Arctic [17]. However, it is needed to estimate the quality of data provided by reanalysis. The investigations for inter-comparison of observations and reanalyses are studied in current work.

Naud et al. [18] compared the cloud cover observations in Southern Ocean taken from Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) and Multi-angle Imaging Spectroradiometer (MISR) to ERA-Interim and MERRA reanalyses. The results showed the difficulties in producing the right amount of clouds in the Southern Ocean. Cloud cover in cyclonic environments was underestimated in the ERA-Interim and MERRA reanalyses. The MERRA cloud cover bias was larger than that of ERA-Interim.

Walsh and Chapman [19] studied the associations between cloud cover, radiative fluxes and surface air temperature in the central Arctic using observations of drifting ice stations and atmospheric reanalyses of the National Centers for Environmental Prediction (NCEP) - NCEP-NCAR Reanalysis 1 and the European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) – ERA5. The NCEP reanalysis exaggerated slightly the association between cloudiness and surface air temperature, while the ECMWF reanalysis showed a considerably weaker association. The NCEP cloud fractions were nearly identical in summer and winter while the ECMWF distribution showed a strong bimodality (either no clouds or complete overcast) during winter and a preponderance of overcast or near-overcast during summer.

Alexander Chernokulsky and Igor I. Mokhov [11] investigated total cloud cover in Arctic and compared the results of surface and satellite observations with reanalysis data. The investigation showed that different observations for total cloud fraction were in a better agreement in summer than in winter and over the ocean than over land. An inter-annual variability was higher in winter than in summer according to all observations. Generally, reanalyses are not in a close agreement with satellite and surface observations of cloudiness in Arctic.

The main aim of this study is to find out the general patterns and features of cloud characteristics of Svalbard and to compare the results of observations with the reanalysis. So that, several questions occurred. How does cloud cover change with seasons? Does the cloud cover have a tendency to change within the last decades? Is the reanalysis data in accordance with observations? From that, this study defines seasonal and annual features of cloud distribution for the entire Svalbard using data of three meteorological stations.

These sources of data were chosen due to several reasons. All three stations have relatively long time series and latitudinal character of stations distribution makes it possible to compare the patterns of cloud cover distribution of southern and northern parts of Svalbard.

Investigating the seasonal distribution of cloud cover the summer season is considered to reveal the highest amount of cloudy sky. The current investigation is done for the area of Svalbard; however, the consensual results are provided for the entire Arctic. The results of current work do not show the complete concordance of reanalysis and observations neither for seasonal distribution, nor for inter-annual variability as at the study of Walsh and Chapman [19]. The results are better agreed in summer season and for clear sky conditions.

Materials and methods

In order to find out the long-term variability of cloud cover frequency the data from meteorological stations “Barentsburg”, “Hornsund” and “Ny-Alesund” were taken. The total cloud cover data were obtained visually. The description of data taken from meteorological stations under consideration is provided in table 1.

In order to get representative data series an equal time period from 1983 to 2018 were taken for analysis for all studied stations and reanalysis.

The location of all stations is shown on figure 1.

ERA5 reanalysis [23] was taken to compare with observations obtained from studied stations. It provides hourly estimates for a large number of atmospheric, ocean-wave and land-surface quantities. The data have been regridded to a regular lat-lon grid of 0.25 degrees.

Fraction of cloud cover is the proportion of a grid box covered by cloud (liquid or ice) and varies between zero and one. The hourly data¹ on single levels from 1979 to 2020 were used for analysis.

All collected data were converted from octas into points. Several gaps in time series occurred. In order to avoid the uncertainties with the data gaps the data were converted into a percentage of total amounts of all cases and divided into five gradations from 0-1 points to 9-10 points. All calculations and obtaining ERA5 data were done via Python 3.7.

¹ ERA5 reanalysis data: <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/dataset/reanalysis-era5-single-levels?tab=overview>. Retrieved on 03.06.2021

Table 1

Observational data description

Station:	Barentsburg ¹	Hornsund ²	Ny-Alesund ³
Coordinates	78°04'N, 14°13'E	77°00'N, 15°33'E	78°94'N, 11°89'E
Location	Grønfjorden at 74 m a.s.l. at the western part of Svalbard	Hornsundfjord in the South-West of Svalbard	Kongesfjorden at the Western shore of Svalbard
Available data	from 1966 to 2019	from 1983 to 2018	from 1969 to 2020
Measurements per day	UTC 00:00, 03:00, 06:00, 09:00, 12:00, 15:00, 18:00, 21:00	UTC 00:00, 03:00, 06:00, 09:00, 12:00, 15:00, 18:00, 21:00	UTC 6:00, 12:00, 18:00
Units	Points (0 — 10)	Octas (0 — 8)	Octas (0 — 8)

¹ Data source <http://meteo.ru/data/163-basic-parameters> (retrieved on 25.10.2020).

² Data sources: [20, 21, 22]; hornsund.igf.edu.pl. (retrieved on 16.05.2021)

³ Data source: <https://www.met.no/en/free-meteorological-data/Download-services> (retrieved on 17.05.2021).

To investigate the inter-annual variation of clear and cloudy sky conditions and to determine the trend lines a linear regression analysis was done. Significance of regression was tested according to [24].

Results: monthly distribution of total cloud cover

To estimate seasonal variability of cloud cover the distribution functions for all months were built. One of the most important features of cloud cover is the discrepancy of total cloud cover frequency to normal distribution. In winter season the distribution has U-type shape and it is the bimodal beta-distribution. It is changing into J-type distribution in summer season which is shown on the figure 2. The character of distribution found gives an opportunity to distinguish the seasons of study area with summer (July-September) and winter (December-March) seasons, as well as spring (April-June) and autumn (October-November) seasons as the transition periods. The classification of seasons given will be used during the current study.



Fig. 1. Layout of meteorological stations on Svalbard (based on WikimediaCommons, 2020¹)

¹ WikimediaCommons (2020). File: Topographic map of svalbard.svg. https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/00/Topographic_map_of_Svalbard.svg Retrieved on 30.08.2021

According to Fig. 2, prevalence of cloudy sky conditions is found for each month for each meteorological station. The summer season is the cloudiest season — over 60% cloudy sky cases are detected in Hornsund station. Other stations show lower percentage of cloudy sky cases than Hornsund but, nevertheless, the highest values in comparison to other months. Moreover, the percentage of clear sky is pretty high in winter season compared to the other seasons. The differences in clear and cloudy sky cases in autumn and spring seasons have similar tendency of cloud cover distribution: around 20% of clear sky cases and around 45% of cloudy sky cases.

Hornsund station which is known to be the most southern station considered shows the highest values of cloudy sky cases for all months. The exceptions are in August and October. The results are 7-10% higher than the other stations values in average. The percentage of clear sky cases is the lowest for all months.

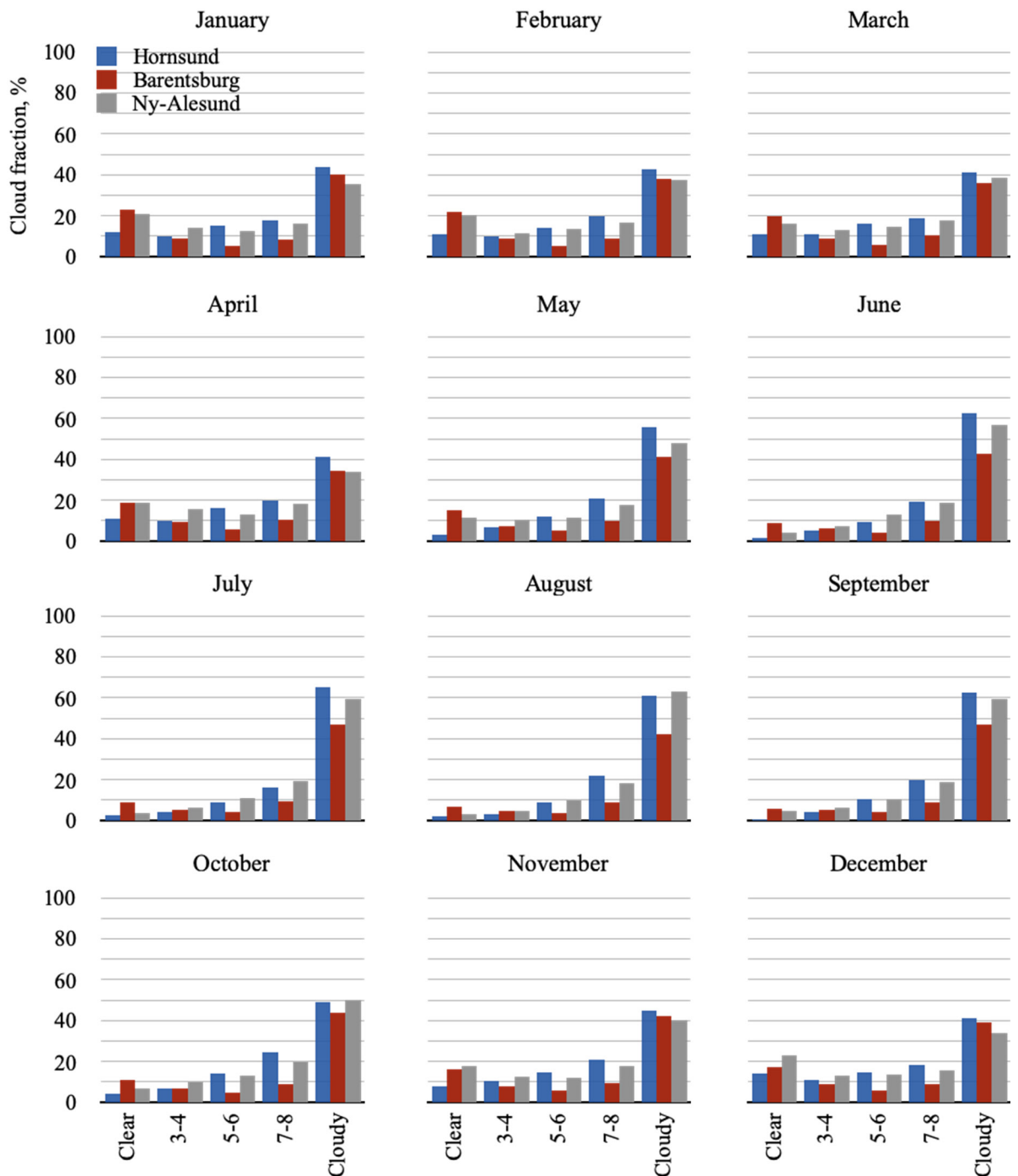


Fig. 2. Monthly long-term average values of total cloud cover of Hornsund, Ny-Alesund, Barentsburg (1983-2018)

In contrast, Barentsburg station has the lowest values of cloudy sky cases for spring, summer and autumn season. The exception is in April, when the percentage of cloudy sky of Barentsburg and Ny-Alesund data are the same. In Autumn-Winter season (November-February) the percentage of Barentsburg cloudy sky cases 3-5% higher than Ny-Alesund results but still lower than Hornsund case. The number of clear sky cases is the highest for all months except December; however, the inequality is not significant.

Ny-Alesund station is the most northern station considered, however, it does not show the opposite results to Hornsund station. It can be related to local microclimatic features of stations location e.g., relief characteristics and influence of glaciers location.

To compare the character of cloud cover distribution for observations and reanalysis monthly long-term average values of ERA5 reanalysis are visualized on fig. 3.

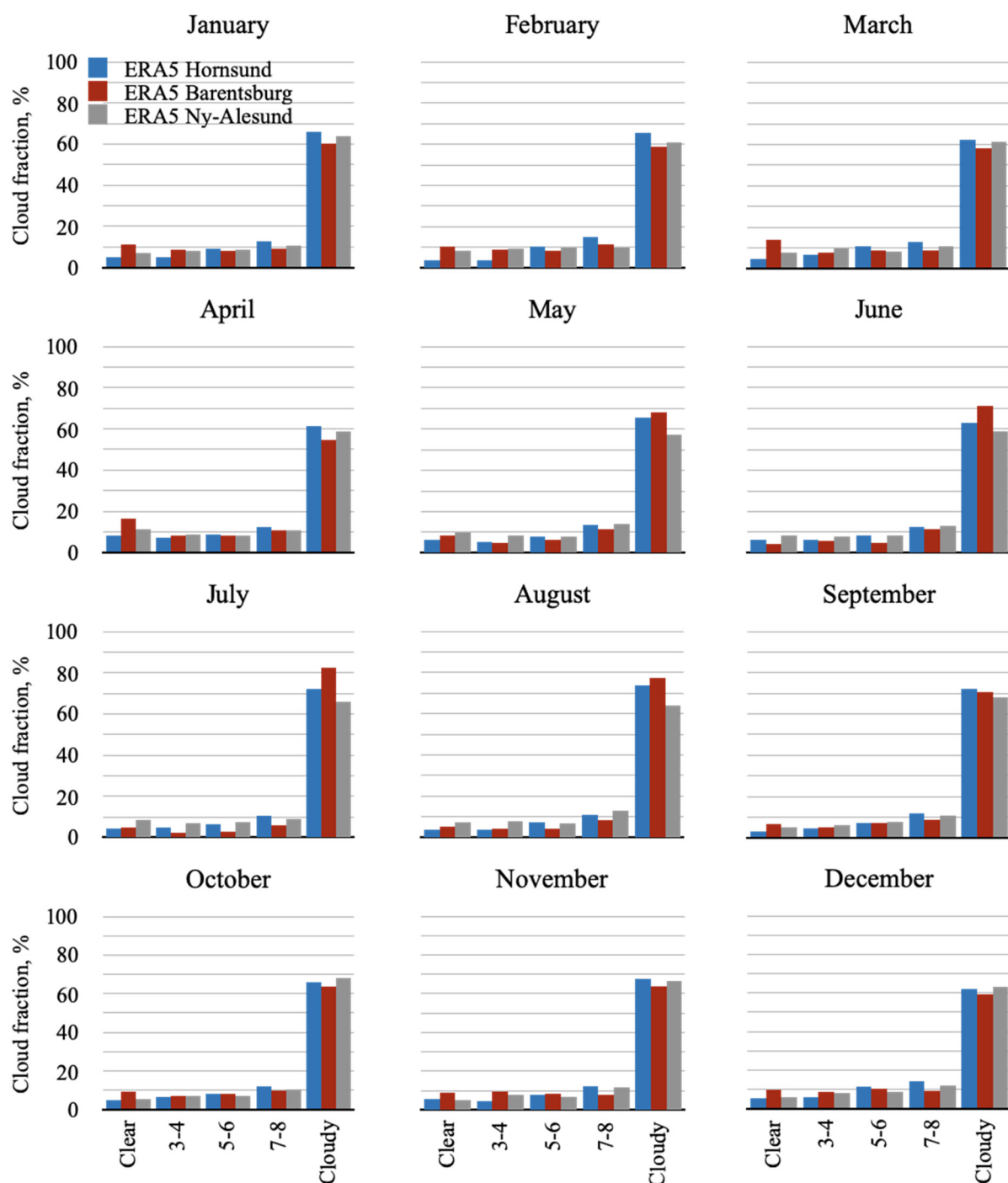


Fig. 3. Monthly long-term average values of total cloud cover of ERA5

The nearest to stations grid cells is taken to make representative comparison. The character of distribution is the bimodal beta-distribution; however, it has J-type shape for all seasons and the differences between lowest and highest values are more significant for ERA5 data than for observations. The nearest to Hornsund grid cell which is known to be the most southern point is appeared to have the highest amount of cloudy sky cases only in winter season — from November to April. In summer season the cloudiest grid cell considered is the nearest to Barentsburg station. October has the predominance of cloudy sky cases near the Hornsund station. As for clear sky cases, the predominance of those in autumn-winter season is appeared in nearest to Barentsburg grid cell, and for summer season the highest values of clear sky cases are found in nearest to Ny-Alesund grid cell.

These results are not consistent with visual observations. Therefore, it is needed to make detailed analysis of observations and reanalysis data.

Figures 2 and 3 show the dramatic change of clear sky cases (0-2 points) and cloudy sky cases (9-10 points) from season to season but the other values of cloud cover (from 3 to 8 points) do not really change. So that the clear sky cases and cloudy sky cases is taken for detailed analysis.

The seasonal distribution of clear and cloudy sky frequency is investigated in the following by taking the long-term monthly average values from observations and reanalysis data. The nearest to each station ERA5 grid cells are taken in order to get a spatially representative comparison. The equal time period is chosen according to available time series – from 1983 to 2018. The frequencies of clear and cloudy sky conditions have inverse relations for all three pairs “station — reanalysis”. The features of relations are analyzed in detail (fig. 4).

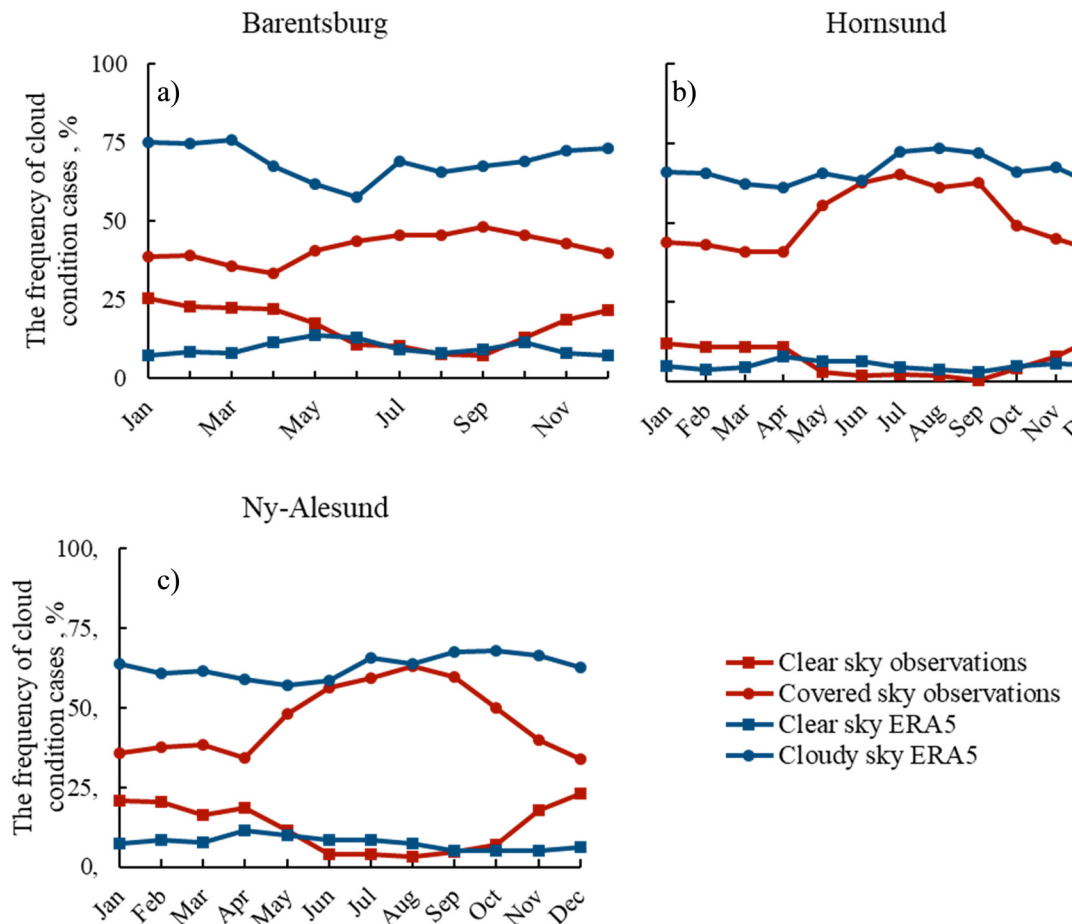


Fig. 4. Long-term monthly average values of clear and cloudy sky frequencies
a) Barentsburg; b) Hornsund; c) Ny-Alesund

The nearest to Barentsburg ERA5 grid cell is appeared to be 78° 50' N/12° 00' (fig. 4 a). The inconsistency of clear and cloudy sky conditions relation is shown to appear in January-February. The distribution of cloudy sky does not change for both station and ERA5 data while clear sky distribution shows decrease of station data compare to reanalysis data. The lowest percentage of cloudy sky is detected in April what corresponds to spring season and the highest percentage of cloudy sky is fixed in August-September which corresponds to summer season. However, the differences between in-situ data and reanalysis are quite perceptible. In average, the percentage of cloudy sky cases of reanalysis is 1,5 times higher than station data. The frequency of clear sky cases according to reanalysis has a tendency to increase in spring season which does not match station data.

The nearest to Hornsund grid cell is appeared to be 77° 00' N/ 15° 00' E (fig. 4 b). The increase of cloudy sky cases in spring-summer season is more intense than the decrease of clear sky cases in the same time period. The lowest percentage of cloudy sky is detected in April what corresponds to spring season and the highest percentage of covered sky is fixed in July which corresponds to summer season. Reanalysis data shows higher values. June is known to be the only month with consensual results of station and reanalysis data. According to station data, the clear sky case has a tendency to decrease in spring season which does not match reanalysis data.

The comparison of the results of Barentsburg and Hornsund data shows the decrease of differences between reanalysis and station data in case of Hornsund. In case of clear sky, Hornsund has only 2% of difference between station and reanalysis in average while Barentsburg difference is 6% in average. In case of cloudy sky, 28% of difference is estimated in Barentsburg case while only 15% of difference is estimated in case of Hornsund.

The seasonal distribution of clear and cloudy sky frequency of Ny-Alesund and nearest ERA5 grid cell (79° 00' N/ 120° 00' E) is shown on figure 4 c.

The lowest percentage of cloudy sky is detected in April what corresponds to spring season and the highest percentage of cloudy sky is fixed in August which corresponds to summer season according to station data. Reanalysis data shows higher values and has no strict tendency to increase in summer season. The difference between highest and lowest value of cloudy sky is only 12%. In contrast, the difference between highest and lowest cloudy sky value according to station data is 30%. August is known to be the only months with consensual results of station and reanalysis data. In case of clear sky reanalysis data does not match the station data. Reanalysis data has no tendency to decrease in summer season and increase in autumn as it is shown in station data. Due to this, reanalysis shows lower values in winter, spring and autumn seasons and higher values in summer season.

The analysis of monthly distribution of clear and cloudy sky conditions shows the increase of cloudy sky cases in summer season for all three stations. However, reanalysis data show revealed tendency only for Hornsund station but the percentage of increase is lower. Table 2 summarizes results of comparison between ERA5 and stations data.

Blue color represents the underestimation of the reanalysis. For all three stations the underestimation takes place only in summer season and only for clear sky conditions. For cloudy sky conditions the overestimation takes place for all seasons, however, the value of overestimation decreases in summer season. So that ERA5 reanalysis simulates summer season better than the others.

Table 2

Reanalysis and stations sky conditions residuals, %

		Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Barentsburg	Clear sky residuals	-18	-15	-14	-10	-4	2	-1	1	2	-1	-10	-14
	Cloudy sky residuals	37	36	40	34	21	14	23	20	19	23	30	33
Hornsund	Clear sky residuals	-7	-7	-6	-3	3	4	2	2	2	1	-2	-9
	Cloudy sky residuals	22	23	21	20	10	1	7	12	9	17	23	21
Ny-Alesund	Clear sky residuals	-14	-12	-9	-7	-2	4	5	4	0	-2	-13	-17
	Cloudy sky residuals	28	23	23	25	9	2	6	1	8	18	26	29

Results: inter-annual variability of total cloud cover

Figure 5 shows the long-term variation of clear and cloudy sky according to observations and the nearest to stations ERA5 grid cells. All calculated regression equations and correlation coefficients presented in table 3.

As for Barentsburg station, the percentage of cloudy sky for station data slightly increases according to the trend line (marked blue on the graph). The increase is 0,25%/year e.g., 2,5%/decade. However, this increase cannot be proven even on the low significance level (t -coefficient = 1,25). In contrast, the clear sky trend has a tendency to decrease. The decrease is 0,33% per year or about 3,3% per decade. It has stronger relation and can be proven on the significance level $p=0.05$ (t -coefficient = 2,399).

The opposite tendency is shown on inter-annual scale for reanalysis data. The percentage of cloudy sky decreases according to the trend line (marked blue on the graph). The decrease is 0,19%/year or about 1,9%/decade. To estimate the significance of trend t -coefficient is calculated and is equal to 3,72. The correlation is proven on the highest significance level $p=0.01$. The clear sky trend has a tendency to slightly increase: 0,06% per year e.g., 0,6% per decade. The t -coefficient for clear sky condition is 0,606. Correlation cannot be proven even on the lowest significance level. In contrast, station data shows the increase of cloudy sky cases and decrease of clear sky cases. Moreover, observations show 2,5%/decade increase while ERA5 show 1,9%/decade decrease for cloudy sky conditions. As for clear sky conditions, observations give 3,3%/decade decrease and 0,6%/decade increase for ERA5. Reanalysis data also shows more smooth results on inter-annual scale. The amplitude of fluctuations of the results of ERA5 is way less than the observations results.

As for Hornsund station, observations show that the percentage of cloudy sky slightly increase (0,09%/year or approximately 0,9%/decade) according to the trend line. However, this increase cannot be proven even on the low significance level. The calculated t -coefficient is 1,127. The clear sky trend has a tendency to slight decrease.

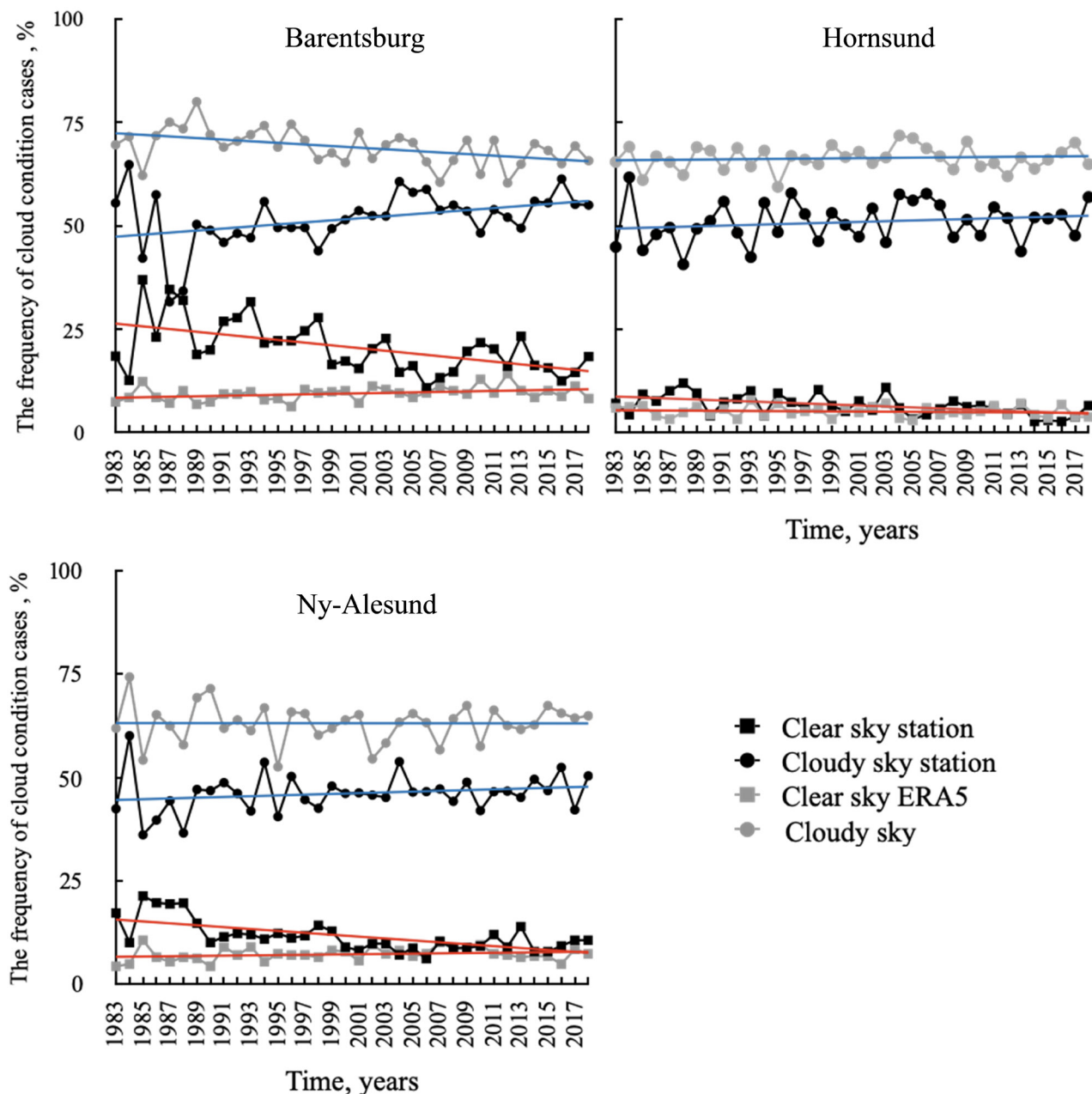


Fig. 5. Inter-annual variability of annual average values of clear and cloudy sky frequency according to observations and ERA5

Table 3

Regression slope and correlation coefficients

		Cloudy sky		Clear sky	
		Regression slope (%/decade)	R2	Regression slope (%/decade)	R2
Barentsburg	Observations	2,5	0,15	-3,3	0,29
	ERA5	-1,9	0,23	0,6	0,13
Hornsund	Observations	0,9	0,04	-1,2	0,26
	ERA5	0,3	0,01	-0,18	0,02
Ny-Alesund	Observations	-0,02	0	-1,5	0,32
	ERA5	0,05	0	0,2	0,02

The rate of decrease is 0,12% per year or $\approx 1,2\%$ per decade. It has stronger relation and the correlation can be proven on the highest significance level $p=0.01$. The t-coefficient for sky condition mentioned is 2,93.

The opposite tendency is also shown for reanalysis data. ERA5 data trend is in accordance with in-situ data: slight increase of cloudy sky trend and decrease of clear sky trend. The rate of increase of cloudy sky conditions is 0,03%/year or 0,3%/decade what is three times less than the observations. The estimation of cloudy sky case trend revealed that the t-coefficient is 0,63 so that the correlation cannot be proven even on the lowest significance level. The rate of decrease of clear sky conditions is 0,018%/year or 0,18%/decade. The t-coefficient for clear sky condition is approximately 0,81. So that the results of Hornsund station are in better accordance with reanalysis data than for Barentsburg station. However, the correlation coefficients in both cases are not representative.

As for Ny-Alesund, the percentage of cloudy sky for station data does not show any change in time according to the trend line. The decrease (less than 0,01% per year) and the correlation coefficient ($R=0$) are not significant. The clear sky trend has a tendency to decrease — 0,15% per year or 1,5% per decade. The estimation of trend significance reveal that the t-coefficient is 5,05 which proof the correlation on the highest significance level.

The reanalysis data trend of cloudy sky cases is in accordance to in-situ data. Trend line for cloudy sky cases does not show any changes (the rate of increase is less than 0,01% per year and the correlation coefficient ≈ 0). However, the average value of cloudy sky cases is 1,5 times higher than station data. The comparison of clear sky cases shows mismatch of trends. Reanalysis data is considered to have insignificantly increasing trend while station trend line is appeared to decrease. ERA5 shows increase of clear sky trend which is 0,02%/year or approximately 0,2%/decade while observations give the decrease of the same sky condition and the rate of decrease is about 7 times higher than the velocity of increase of ERA5 data. The significance of clear sky case is 0,95. The correlation cannot be proven on the lowest significance level.

To sum up, the differences between stations data and reanalysis are estimated to be quite significant in all three cases (Barentsburg, Hornsund, Ny-Alesund). In case of cloudy sky, reanalysis data replicate stations tendencies on seasonal and inter-annual scales. In case of clear sky, the inequalities are more visible. The tendencies of clear sky cases in seasonal scale in all three stations have opposite relations between station data and reanalysis data. As for inter-annual scale, reanalysis data does not keep a tendency to decrease of clear sky values. Cloudy sky condition trends on inter-annual scale revealed to have not significant correlation in both observations and reanalysis data. Clear sky conditions are better correlated based on stations data; however, reanalysis does not provide the same level of correlation.

Conclusions

The study of monthly distribution of cloud cover on three meteorological stations revealed Hornsund which is the most southern station considered as the station with the highest amount of cloudy sky cases and, consequently, the lowest value of clear sky cases. In contrast, Barentsburg station is identified to have the lowest amount of cloudy sky cases for all seasons except winter. Ny-Alesund station is the most northern station considered but does not show the opposite results to Hornsund. The latitudinal character of clouds distribution is not defined.

The highest values of cloudy sky are revealed in summer season. The months with the highest amount of cloud are from July to September. The lowest values are considered in April for all stations. The comparison of monthly results of cloud cover of observations and reanalysis shows that the reanalysis overestimates the cloudy sky conditions for all three stations. Barentsburg is the station with the highest number of overestimation. June and August are the months with the concordance of reanalysis and field data in Ny-Alesund station. The summer season is appeared to be quite concordat, however, the other seasons show dramatic differences between observations and reanalysis. The highest level of concordance of cloudy sky is detected in Hornsund station. The results of comparison of reanalysis and field data for clear sky conditions are generally more consensual than the cloudy sky conditions. The differences between stations and reanalysis are approximately three times lower for clear sky conditions than for cloudy sky.

On inter-annual scale the comparison of stations data and reanalysis are also evaluated as inconsistent. The values of cloudy sky cases slightly increase for all three stations but the increase is not significant in Hornsund and Ny-Alesund. Reanalysis show the opposite trend for Barentsburg station (decreasing of cloudy sky cases) and overestimate the percentage of cloudy sky. For Hornsund and Ny-Alesund the tendency to slight insignificant increase continues, however, the overestimation is about 15% for both stations.

The clear sky conditions are better simulated on inter-annual variability. The reanalysis values are underestimated compare to observations. The Hornsund station is in the best accordance. The reanalysis underestimates the clear sky values only by 5%. In contrast, in Barentsburg station the underestimation of reanalysis is 10%.

Acknowledgements

Current study is done within the framework of the section 5.1.4 “Monitoring of the state and pollution of the environment including cryosphere in Arctic basin and research observatory « ice base Baranova cape» region, hydrometeorological observatory Tiksi and russian scientific center on Svalbard. This study would not have been possible without a support of such organizations as Saint Petersburg State University, Hamburg University, Federal Ministry of Education and Research, project “CATS synthesis: The Changing Arctic Transpolar System”, FKZ 03F0831A.

References/Список литературы:

1. Meier, W.N., Hovelsrud, G.K., van Oort, B.E.H., Key, J.R., Kovacs, K.M., Michel, C., Haas, C., Granskog, M.A., Gerland, S., Perovich, D.K., Makshtas, A. and Reist, J.D. (2014) Arctic sea ice in transformation: a review of recent observed changes and impacts on biology and human activity. *Reviews of Geophysics*, 52(3), 185– 217.
2. Francis, J. A., Vavrus, S. J. & Cohen, J. (2017) Amplified Arctic warming and mid-latitude weather: new perspectives on emerging connections. *WIREs Clim. Chang.* 8, e474.
3. Fyfe, J. C., K. von Salzen, N. P. Gillett, V. K. Arora, G. M. Flato, and J. R. McConnell (2013), One hundred years of Arctic surface temperature variation due to anthropogenic influence, *Sci. Rep.*, 3, 2645.
4. Overland, J. E., and M. C. Serreze (2012), Advances in Arctic atmospheric research, in *Arctic Climate Change: The ACSYS Decade and Beyond*, edited by P. Lemke and H.-W. Jacobi, pp. 11– 26.
5. Serreze, M. C., A. P. Barrett, and J. J. Cassano (2011), Circulation and surface controls on the lower tropospheric air temperature field of the Arctic, *J. Geophys. Res.*, 116, D07104.
6. Park, D.-S. R., S. Lee, and S. B. Feldstein (2015), Attribution of the recent winter sea ice decline over the Atlantic sector of the arctic ocean, *J. Clim.*, 28(10), 4027– 4033.

7. Isaksen, K., Ø. Nordli, E. J. Førland, E. Łupikasza, S. Eastwood, and T. Niedźwiedź (2016), Recent warming on Spitsbergen—Influence of atmospheric circulation and sea ice cover, *J. Geophys. Res. Atmos.*, 121, 11, 913–11, 931.
8. Kay, J.E. and L'Ecuyer, T. (2013) Observational constraints on Arctic Ocean clouds and radiative fluxes during the early 21st century. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 118(13), 7219–7236.
9. Curry, J., Rossow, W., Randall, D. and Schramm, J. (1996) Overview of arctic cloud and radiation characteristics. *Journal of Climate*, 9, no. 8, pp. 1731–1764.
10. Liu, Y., Key, J. R., Frey, R. A., Ackerman, S. A. and Menzel, W. P. (2004) Nighttime polar cloud detection with MODIS. *Remote Sensing of Environment*, 92, no. 2, pp. 181–194.
11. Chernokulsky, A., Mokhov, I., (2012) Climatology of Total Cloudiness in the Arctic: An Intercomparison of Observations and Reanalyses. *Advances in Meteorology*, 2012, 1–15.
12. Chernokulsky, A., Esau, I. (2019) Cloud cover and cloud types in the Eurasian Arctic in 1936–2012. *International Journal of Climatology*, 39(15), 5771–5790.
13. Graverson, R.G., Langen, P.L. and Mauritsen, T. (2014) Polar amplification in CCSM4: contributions from the lapse rate and surface albedo feedbacks. *Journal of Climate*, 27(12), 4433–4450.
14. Makshtas, A., Andreas, E.L., Svyashchennikov, P.N. and Timachev, V.F. (1999) Accounting for clouds in sea ice models. *Atmospheric Research*, 52, 77–113.
15. Eastman, R., Warren, G. S. (2010) Arctic Cloud Changes from Surface and Satellite Observations. *Journal of Climate*, 23(15), 4233–4242.
16. Maturilli, M., Ebell, K. (2018) Twenty-five years of cloud base height measurements by ceilometer in Ny-Ålesund, Svalbard. *Earth System Science Data*, 10, 1451–1456.
17. Demchev, D., Kulakov, M., Makshtas, A., Makhotina, I., Filchuk, K., Frolov, I. (2020) Verification of the data from ERA-Interim and ERA5 reanalyses on surface air temperature in Arctic. *Meteorology and Hydrology*, 11, 36–45. [in Russian]
18. Naud, C. M., Booth, J. F., & Del Genio, A. D. (2014). Evaluation of ERA-Interim and MERRA Cloudiness in the Southern Ocean. *Journal of Climate*, 27(5), 2109–2124.
19. Walsh, J. E., & Chapman, W. L. (1998). Arctic Cloud–Radiation–Temperature Associations in Observational Data and Atmospheric Reanalyses, *Journal of Climate*, 11(11), 3030–3045.
20. Osuch, M., Wawrzyniak, T. (2017). Variations and changes in snow depth at meteorological stations Barentsburg and Hornsund (Spitsbergen). *Annals of Glaciology*, 58(75pt1), 11–20.
21. Wawrzyniak, T. and Osuch, M. (2020): A 40-year High Arctic climatological dataset of the Polish Polar Station Hornsund (SW Spitsbergen, Svalbard), *Earth Syst. Sci. Data*, 12, 805–815.
22. Wawrzyniak, T.; Osuch, M (2019): A consistent High Arctic climatological dataset (1979–2018) of the Polish Polar Station Hornsund (SW Spitsbergen, Svalbard).
23. Hersbach, H., Bell, B., Berrisford, P., Hirahara, S., Horányi, A., Muñoz Sabater, J., et al. (2020). The ERA5 global reanalysis, *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 146, 1999–2049.
24. Montgomery, D. C., Peck, E. A., Vining, G. G. (2021) Introduction to linear regression analysis, sixth edition, 24–25.

Научная статья

УДК 614.2

DOI: 10.24412/2658-4255-2022-3-44-55

Для цитирования:

Р.Д. Коробицына,
Т.Ю. Сорокина
Статус витамина D населения
России репродуктивного
возраста за последние 10 лет:
систематический обзор //
Российская Арктика. 2022.
№ 18. С. 44–55

Получена: 18.08.2022

Принята: 30.09.2022

Опубликована: 10.10.2022

Финансирование.

Настоящая работа была
выполнена при финансовой
поддержке Российского
научного фонда (договор от
22.03.2022 № 22-15-20076)..

**СТАТУС ВИТАМИНА D НАСЕЛЕНИЯ РОССИИ
РЕПРОДУКТИВНОГО ВОЗРАСТА ЗА ПОСЛЕДНИЕ 10 ЛЕТ:
СИСТЕМАТИЧЕСКИЙ ОБЗОР**Р.Д. Коробицына^{1*}, Т.Ю. Сорокина¹

¹ Лаборатория арктического биомониторинга, Северный
(Арктический) Федеральный университет им. М. В. Ломоносова,
Архангельск, Россия

* r.korobicina@narfu.ru

Аннотация. Дефицит витамина D является проблемой общественно-го здравоохранения в России. Недостаточная обеспеченность витамином D негативно отражается на репродуктивном здоровье, степень рисков зависит напрямую от тяжести дефицита. Россия – самая большая страна по площади, поэтому важно знать реальный уровень обеспеченности витамином D на региональном уровне. Возникает необходимость в получении актуальной картины обеспеченности населения страны витамином D, для минимизации рисков для здоровья и разработки профилактических мер на региональном или национальном уровне. Исследование было проведено в соответствии со стандартами Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analysis (PRISMA). Было проанализировано 1659 исследований, из которых 19 соответствовали критериям включения с участием 8085 обследованных здоровых лиц обоего пола. Анализ отобранных статей показал, что на территории России широко распространён дефицит и недостаточность витамина D (Me < 20 нг/мл), минимальная концентрация была зафиксирована в Североморске (11,6 нг/мл), а максимальная в Санкт-Петербурге (53,4 нг/мл - летом, 30,5 нг/мл - зимой). Из 24 регионов, вошедших в данное исследование, в 96 % не было выявлено оптимального уровня 25-гидроксивитамина D у участников исследования. Возникает необходимость постоянного и систематического мониторинга концентрации витамина D для оценки проводимых профилактических мер и разработки корректирующих действий в основных группах риска.

Ключевые слова: витамин D, 25(OH)D, статус витамина D, дефицит витамина D, охрана здоровья

**VITAMIN D STATUS OF THE RUSSIAN REPRODUCTIVE
POPULATION OVER THE PAST 10 YEARS: A SYSTEMATIC REVIEW**R.D. Korobitsyna^{1*}, T.Yu. Sorokina¹

¹ Arctic biomonitoring laboratory, Northern (Arctic) Federal University
named after M. V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russia

* r.korobicina@narfu.ru

Abstract. Vitamin D deficiency is a public health problem in Russia. Insufficient supply of vitamin D negatively affects reproductive health, the degree of risk depends directly on the severity of the deficiency. Russia is the largest country in terms of area, so it is important to know the real level of vitamin supply at the regional level. There is a need to obtain an up-to-date picture of the provision of the country's population with vitamin D in order to minimize health risks and develop preventive measures at the regional or national level. The study was conducted in accordance with Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analysis (PRISMA) standards. 1659 studies were analyzed and 19 studies met the inclusion criteria. The analysis of the selected articles showed that vitamin

D deficiency is widespread in Russia. There is a need for a constant and systematic determination of the concentration of vitamin D in order to assess the ongoing preventive measures and develop corrective actions in different risk groups: pregnant women, the population of the Arctic, the adult reproductive population, elderly people and children.

Keywords: vitamin D, 25(OH)D, vitamin D status, vitamin deficiency D, health protection

Введение

Обеспеченность витамином D широко изучается во всем мире [1]. В настоящее время дефицит витамина D стал крайне актуальным вопросом для населения России. Население Российской Федерации находится в группе риска по дефициту витамина, т.к. практически вся территория страны находится выше 35° с.ш., уровень инсоляции недостаточен для синтеза витамина D круглогодично. С конца осени по весну в организме не вырабатывается достаточного количества витамин D. В больших промышленных городах выхлопные газы и смог поглощают большую часть ультрафиолетового излучения, что так же является причиной недостаточной продукции витамина в организме [2]. Именно эндогенное поступление является основным источником витамина D, в зависимости от сезона удовлетворяется от 60 % до 95 % потребностей организма. Большинство ученых отмечают тотальную распространенность витамина D в стране [3, 4], причем недостаточная обеспеченность витамином характерна для всех возрастных групп населения [5]. Таким образом, Россия является страной с высоким риском по дефициту витамина D.

Установлено, что витамин D выступает показателем здоровья и качества жизни в целом [6]. Представления о роли витамина D были кардинально пересмотрены, поскольку витамин D является по сути стероидным гормоном, необходимым для обеспечения широкого спектра физиологических процессов организма [7]. В проведенных исследованиях доказано, что дефицит витамина D ассоциирован с риском развития: сердечно-сосудистых заболеваний, сахарного диабета двух типов, нарушениями функций репродуктивной систем, онкологических заболеваний, туберкулеза, бронхиальной астмы [8-9,6].

Стоит отметить уникальные особенности витамина D: недостаток или дефицит данного витамина может влиять на развитие депрессивных состояний и развитие осложнений при COVID-19. Витамин D участвует в мозговых процессах, включая регуляцию нейротрофических факторов, нейропластичность и развитие мозга [10]. Витамин D усиливает иммунную функцию, уменьшая воспалительные реакции; предполагают, что он снизит передачу COVID-19 и облегчит течение болезни [11].

У беременных женщин при дефиците витамина D родившиеся дети чаще болеют астмой, рассеянным склерозом, шизофренией и др. Научно доказан защитный эффект витамина D для беременных, а именно снижение распространенности преэклампсии, связанный с оптимальным уровнем кальцидиола [12,13].

Проводимые профилактические мероприятия и разработанные вновь национальные программы должны учитывать локально-региональные, половые, возрастные, климатогеографические и сезонные особенности содержания витамина D в организме человека. Стоит отметить, что нор-

мальная обеспеченность крайне важна для снижения рисков для здоровья как в краткосрочной, так и в долгосрочной перспективе.

Целью данного обзора было систематизировать опубликованные исследования, полученные в ходе анализа сыворотки крови населения России по дефициту витамина D за последние 10 лет. Полученные данные позволят оценить обеспеченность населения России к данному моменту времени, найти малоизученные регионы, проследить и возможно даже оценить эффективность проводимых профилактических мер.

Методы

Результаты данного исследования представлены в виде систематического обзора, выполненного с использованием рекомендаций «Предпочтительные элементы отчетности для систематических обзоров и метаанализов» (PRISMA) [14]. Проведен поиск литературных источников в базах данных Medline (www.pubmed.gov), Scopus, КиберЛенинка а также на eLIBRARY.RU, с глубиной поиска до 10 лет. Поиск осуществляли по ключевым словам, терминам и сочетаниям терминов на русском и английском языках, указывающим на концентрацию витамина D в организме жителей России (vitamin D, vitamin D concentration, concentration of 25(OH)D, 25-hydroxyvitamin D, vitamin D status). Повторяющиеся публикации были проверены и устранены.

Электронный поиск выявил 1647 статей: 193 в Medline, 101 в Scopus, 268 в КиберЛенинка, 1085 в eLIBRARY. Дополнительно при помощи ручного поиска было найдено 12 исследований для систематического обзора. Для проработки всех найденных критериев были разработаны критерии включения и исключения.

Критерии включения:

- объектом исследования являются женщины и мужчины;
- возраст женщин (18-49), возраст мужчин (18-60) в соответствии с ВОЗ и Семейным кодексом РФ;
- в исследованиях принимали участие практически здоровые люди;
- показателем уровня витамина D выступает концентрация 25(OH)D в сыворотке крови;
- проживание участников на территории Российской Федерации;
- исследования проводились в период с 2012 по 2022 год;

Критерии исключения:

- прием участниками препаратов, содержащих витамин D;
- наличие сопутствующих хронических заболеваний у участников;
- исследования, проведенные на животных, детях и людей пожилого возраста;
- обзорные статьи были исключены из данного исследования.

Следование этим критериям существенно сузило массив данных. Нам пришлось исключить из обзора значительную часть исследований, поскольку они не соответствовали поставленным критериям. Некоторые сложности возникли при исключении дублирующей информации. Например, некоторые публикации, посвященные смежным темам, дают схожий дизайн исследования: контрольная группа, регион исследования, интерпретация результатов и др. Соответственно, наш обзор содержит ссылку только на один из двух из ряда таких публикаций. После удаления дубликатов оставшиеся 1445 релевантных статей были оценены по названию, в результате чего 391 статей были удалены из базы данных. Остальные исследования были проанализированы на основании кри-

териев включения/исключения по аннотациям; анализ реферата привел к исключению 996 статей. Подробный поиск литературных данных показан на рисунке 1.

Таким образом, был прочитан полный текст 58 статей, 39 из которых были отклонены по различным причинам.

Обеспеченность витамином D оценивали на основании следующих критериев: нормальным считали содержание витамина D в пределах 30-80 нг/мл, диапазон 20-30 нг/мл соответствовал недостаточности, 10-19 нг/мл – дефициту, а значения менее 10 нг/мл – соответствовали тяжелому дефициту [15].

Результаты и обсуждение

В качестве маркера, отражающего содержание витамина D в организме, был выбран 25-гидроксивитамин D. Сывороточный уровень 25(OH)D в крови является основной формой витамина D и в настоящее время считается надежным индикатором в оценке статуса витамина D. В отличие от качественных оценок, использовавшихся ранее, концентрация 25(OH)D служит как количественный критерий. Стоит отметить, что 25(OH)D физиологически более стабилен: период его полураспада составляет две-три недели [16], что дает новые возможности для изучения метаболизма витамина D [2].

Поэтому во всех отобранных исследованиях в качестве маркера выступала именно эта форма витамина D, приведенная к одним единицам измерения для удобства сравнения всех отобранных исследований.

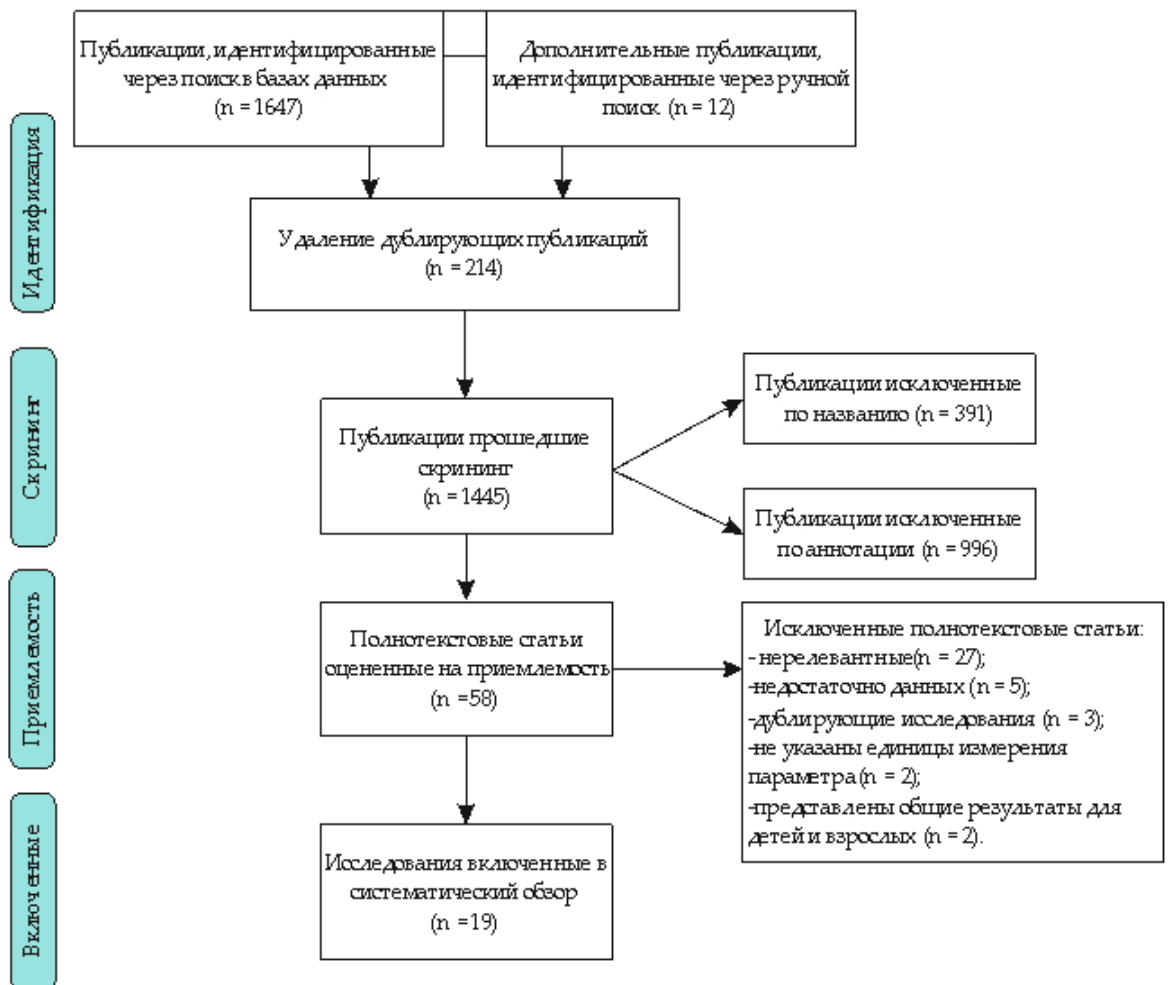


Рис. 1. Блок-схема поиска статей

Статьи, удовлетворяющие всем перечисленным выше критериям включения, были опубликованы не позднее 2012 года; из 85 регионов Российской Федерации [17] нам удалось получить информацию о статусе витамина D почти в 30 % регионах страны. Характеристики участников исследования, регион исследования, а также результаты 19 релевантных исследований представлены в таблице 1.

Таблица 1

Концентрация витамина D в сыворотке крови населения репродуктивного возраста, проживающего в различных регионах Российской Федерации

Регион исследования	Выборка	Возраст	Пол	Me C _{25(OH)D} нг/мл	Источник, дата публикации
Москва	2234	18-49	М ¹ +Ж ²	22,4	[7], 2016
Москва	102	19-41	БЖ ³	24,9	[18], 2016
Москва	420	18-45	БЖ	16,1	[19], 2020
Москва	45	18-50	М+Ж	18,7	[20], 2021
Иваново	338	18-45	БЖ	16,1	[19], 2020
Санкт-Петербург	132	21-52	М	Лето - 53,4 Зима - 30,5	[21], 2013
Санкт-Петербург	205 400	30-39 40-49	М Ж	22,3 22,1	[22], 2013
Санкт-Петербург	205	20-40	БЖ	Зима - 17,5 Весна - 21,3 Лето - 22,6 Осень - 19,9	[23], 2015
Санкт-Петербург	40	25-45	М	18,9	[24], 2020
Санкт-Петербург	47	18-50	М+Ж	19,8	[20], 2021
Архангельск	88 85	18-22 24-60	М+Ж	19,6 24,3	[25], 2015
Архангельск	260 85	18-22 24-60	М+Ж	20,4 24,3	[5], 2016
Архангельск	260	18-22	М+Ж	20,3	[1], 2022
НАО	42 40	18-59 21-40	М+Ж	12,5 ⁴ 14,1 ⁵	[26], 2014
Смоленск	440	18-45	БЖ	12,8	[19], 2020
Республика Коми	13	18-52	М+Ж	27,5 ⁵	[26], 2014
Республика Удмуртия	52	21-58	М+Ж	17,9	[26], 2014
ЯНАО	174	44-53	М Ж	25,0 27,0	[18], 2016
ЯНАО	96	30-44	БЖ	13,1	[27], 2019
Тюмень	47	18-50	М+Ж	25,7	[20], 2021
ХМАО	80	30-44	БЖ	17,3	[27], 2019

- 1 мужчины,
- 2 женщины,
- 3 беременные женщины,
- 4 сельский образ жизни.
- 5 полукочевой образ жизни

Регион исследования	Выборка	Возраст	Пол	Me C _{25(OH)D} , нг/мл	Источник, дата публикации
Пермский край	46	19-59	М+Ж	17,9	[26], 2014
Омская область	116 158 132	18-29 30-39 40-49	М+Ж	23,5 23,7 26,4	[6], 2019
Амурская область	60	18-40	БЖ	27,8	[28], 2016
Чувашская республика	168	18-27	М+Ж	22,6	[29], 2012
Североморск	61	25-45	М	11,6	[24], 2020
Владивосток	44	18-50	М+Ж	26,8	[20], 2021
Екатеринбург	42	18-50	М+Ж	21,0	[20], 2021
Западное Заполярье	46	18-50	М+Ж	20,0	[20], 2021
Кызыл	45	18-50	М+Ж	14,7	[20], 2021
Новосибирск	44	18-50	М+Ж	22,3	[20], 2021
Норильск	43	18-50	М+Ж	23,4	[20], 2021
Ростов-на-Дону	42	18-50	М+Ж	16,2	[20], 2021
Свердловская область	32	25-46	М Ж	16,2 16,1	[30], 2012
-	1050	18-45	БЖ	20,5	[31], 2022
-	26	40-50	М	21	[32], 2020

В двух исследованиях не была представлена информация о регионе исследования, но содержалась информация о содержании витамина D у беременных женщин (БЖ) и мужчин репродуктивного возраста.

Среди представленных методов исследования в 74% им был – хемилюминесцентный анализ. Высокоэффективная жидкостная хроматография с тандемным масс-спектрометрическим детектированием (ВЭЖХ-МС/МС) была представлена лишь единожды, хотя он считается золотым стандартом для измерения 25-гидрокси(кальциферола). Преимуществами ВЭЖХ-МС/МС по сравнению с хемилюминесцентным являются: высокая специфичность, точность результатов, способность дифференцировать различные формы витамина D [33].

Статус витамина D: у БЖ

В 6 из 19 исследованиях были представлены данные об уровне обеспеченности витамином D у БЖ из 7 регионов России. Возрастной диапазон составил 18-45 лет, размер выборки варьировал от 60 до 1050 участниц. Минимальная концентрация была выявлена в Смоленском регионе и составила 12,8 нг/мл [19], что соответствует дефициту. Максимальная концентрация витамина D у этой группы исследования была зафиксирована в Московском регионе и составила 24,9 нг/мл [18], что также не соответствует оптимальному уровню. В исследованиях Хазовой и др. представлены сезонные колебания концентрации витамина D в сыворотке крови БЖ, минимальная концентрация соответствует зимнему времени года 17,5 нг/мл, а максимальная летнему – 22,6 нг/мл, что в свою очередь отражает неудовлетворение потребности организма в период беременности. Ни в одном из 7 регионов не было выявлено нормального содержа-

ния витамина D в крови БЖ, более чем в 70% этих регионах наблюдается дефицит. Дефицит витамина повышает риск преэклампсии [34], преждевременных родов [35], развития гестационного сахарного диабета, особенно в 1 и 2 триместре [31]. Причем в исследованиях Bakleicheva и др. частота и тяжесть коррелирует с дефицитом витамина. Авторы настаивают, что уровень витамина D является одним из основных показателей репродуктивного здоровья женщин [36]. Необходимы дальнейшие исследования по оценке обеспеченности беременных витамином D в регионах, различных по климатическим данным, а также в зависимости от особенностей питания и приема препаратов витамина D.

Статус витамина D: вне зависимости от пола

Половина исследований содержала информацию о содержании витамина D у мужчин и женщин из 10 регионов России. Диапазон медианной концентрации витамина D составил от 12,5 нг/мл у населения НАО [26], а максимум был выявлен в Республике Коми и составил 27,5 нг/мл [26], что не достигает оптимального уровня. Таким образом, все исследования данной группы участников сообщают нам о недостаточном уровне витамина D в организме. К сожалению, в приведенных статьях не указано, в какое время года было проведено исследование, что является упущением и отчасти могло бы объяснить низкий витаминный статус.

В Архангельске исследования по содержанию витамина D проводили на протяжении нескольких лет, и была выявлена незначительная положительная динамика: в 2015 медианная концентрация составила 19,6 нг/мл [25], а в 2022 году выросла, но лишь на 4 % [1], что превысило нижнюю границу нормы, но осталось недостаточным для достижения оптимального уровня. Стоит отметить, что все авторы [1, 5, 25] в своих исследованиях придерживались однотипности в проводимых исследованиях, каждый раз они исследовали одну и ту же возрастную группу (18-22 лет), применяли один и тот же метод для определения концентрации витамина D в сыворотке крови, что позволяет нам сравнить полученные данные во временном промежутке. Как показали исследования Малявской [5] и Вильмс [6], с увеличением возраста увеличивается медианная концентрации витамина D. Сравнить два эти исследования между собой не представляется возможным, т.к. были обследованы разные возрастные группы участников.

Нормальная обеспеченность витамином D особенно актуальна в условиях Крайнего Севера в связи с влиянием на организм экстремальных природно-климатических факторов [5]. Арктическая зона и приарктические территории находятся в зоне повышенного риска развития дефицита витамина D на протяжении большей части года [37]. Обусловленный высокой географической широтой ультрафиолетовый дефицит сочетается с суровым климатом, заставляющим носить закрытую одежду и ограничивать время пребывания на открытом воздухе, что еще больше снижает вероятность естественного образования витамина D в коже. [5]. Козлов и др. в своих исследованиях изучали содержание витамина D в крови не только в зависимости от возрастного и полового признака, но и разделили участников исследования по образу жизни: сельский и полукочевой [26]. Как показали исследования, население Арктики, ведущее полукочевой образ жизни, обладает более высокой медианной концентраций, чем население, ведущее преимущественно сельский образ жизни, в среднем на 11%. Все исследования, содержащие информацию об

арктических регионах, сообщали нам о недостаточном, а порой даже и дефицитном уровне витамина D. Важно продолжать изучение обеспеченности витамином D населения в условиях арктических регионов, что будет способствовать разработке мер по профилактике и коррекции дефицита витамина D и укреплению здоровья населения.

Статус витамина D: гендерные различия

В 5 из 19 исследованиях концентрация витамина D была представлена по половому признаку, причем в 3 из 5 статей были обследованы только мужчины. В Свердловском регионе концентрации у мужчин и женщин были практически равны [30], 16,2 нг/мл и 16,1 нг/мл соответственно, что соответствует дефицитному состоянию. Принимая во внимание, что исследования были проведены весной, и географическое расположение региона, обнаруженный дефицит был ожидаем. В Санкт-Петербурге также уровни витамина D у мужчин и женщин находились на одном уровне, статистически значимых различий не было выявлено, однако уровень соответствовал уже не дефициту, а недостаточной обеспеченности. Общие тренды свидетельствуют о более низких концентрациях витамина D у мужчин вне зависимости от сезона года и возраста. У женщин самая низкая обеспеченность отмечается в преклонном возрасте, вне зависимости от сезона года. [38].

Минимальный уровень витамина D в сыворотке крови у мужчин был зафиксирован в Североморске и составил 11,6 нг/мл [24], что соответствует дефицитному состоянию. Стоит отметить тот факт, что в Санкт-Петербурге были проведены два исследования с разницей в 7 лет. В исследовании Дрыгина и др. представлено распределение концентрации витамина в соответствии с изменением времени года: зимой - 30,5 нг/мл, летом - 53,4 нг/мл [21], что соответствует адекватному уровню обеспеченности витамином как зимой, так и летом. А вот исследования, проведенные в 2020 году, уже сообщают о дефицитном состоянии среди мужчин в этом регионе [24].

Эти два исследования и работы Малявской и Кастровой подтверждают необходимость постоянного и систематического определения концентрации витамина D для оценки проводимых профилактических мер и разработки корректирующих действий. Стоит отметить, что важно проводить исследования однотипно, учитывая возраст, пол, регион проживания, оптимальный размер выборки, идентичный показатель оценки витаминной обеспеченности и метод исследования.

Заключение

Наш систематический обзор подтверждает тот факт, что большая часть населения России испытывает недостаток витамина D различной степени тяжести. В представленных исследованиях лишь одно исследование из девятнадцати, проведенное в Санкт-Петербурге в 2013 году, сообщало об оптимальном уровне витамина D у трудоспособного населения мужчин. К сожалению, ни в одном другом исследовании нормальный уровень достигнут не был, что говорит о том, что дефицит витамина D является серьезной проблемой общественного здравоохранения и требует незамедлительного принятия мер для минимизации рисков для здоровья населения.

Список литературы:

1. Кострова Г.Н., Малявская С.И. и др. Обеспеченность витамином D жителей г. Архангельска в разные сезоны года // Журнал медико-биологических исследований. – 2022;10(1):5-14, <https://doi.org/10.37482/2687-1491-Z085>
2. Kozlov A. I., Vershubsky G. G. Blood Serum 25-Hydroxyvitamin D in Various Populations of Russia, Ukraine, and Belarus: A Systematic Review with Elements of Meta-analysis // Human Physiology. – 2017;43(6):729-740, <https://doi.org/10.1134/S0362119717060044>
3. Holick M. F. Vitamin D Deficiency // N. Engl. J. Med. – 2007;357:266–281
4. Kulie T., Groff A. et al. Vitamin D. An Evidence-Based Review // The Journal of the American Board of Family Medicine. – 2009;22 (6):698–706
5. Малявская С. И., Кострова Г. Н. и др. Обеспеченность витамином D различных возрастных групп населения г. Архангельска // Экология человека. – 2016;12:37-42
6. Вильмс Е.А., Добровольская Е.В. и др. Обеспеченность взрослого населения Западной Сибири витамином D: данные популяционного исследования // Вопросы питания. – 2019;88(4):75-82
7. Калинченко С.Ю., Жиленко М.И. Витамин D и репродуктивное здоровье женщин // Проблемы репродукции. – 2016;4:28-36, <https://doi.org/10.17116/repro201622428-36>
8. Коденцова В.М., Бекетова Н.А. и др. Характеристика обеспеченности витаминами взрослого населения Российской Федерации // Профилактическая медицина. – 2018;4:32-37, <https://doi.org/10.17116/profmed201821432>
9. Wacker M., Holick M.F. Vitamin D-effects on skeletal and extraskeletal health and the need for supplementation. Nutrients. - 2013; 5(1): 111–48. <https://doi.org/10.3390/nu5010111>
10. Rebecca E. S. A., Zainab S. Vitamin D deficiency and depression in adults: systematic review and meta-analysis. The British Journal of Psychiatry. – 2012;202:100–107. <https://doi.org/10.1192/bjp.bp.111.106666>
11. Пигарова Е.А., Рожинская Л.Я. Клинические рекомендации Российской ассоциации эндокринологов по диагностике, лечению и профилактике дефицита витамина D у взрослых // Проблемы эндокринологии. – 2016;4:60-84, <https://doi.org/10.14341/probl201662460-84>
12. Салухов В.В., Ковалевская Е.А. и др. Костные и внекостные эффекты витамина d, а также возможности медикаментозной коррекции его дефицита // Медицинский совет. – 2018;(4):90-99, <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2018-4-90-99>
13. Языкова О.И., Хилькевич Е.Г. Планирование беременности. Дефицит витамина D – бесплодие, коррекция дефицита витамина // Медицинский совет. – 2017;(2):46-47, <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2017-2-46-47>
14. Moher, D. Liberati, A. et al. The PRISMA Group (2009) Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. PLOS Medicine. – 2019; 6: e1000097, <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097>
15. Holick M. F., Binkley N. C. et al. Evaluation, treatment, and prevention of vitamin D deficiency: An Endocrine Society clinical practice guideline. J Clin.Endocrinol.Metab. – 2011;96:1911–1930
16. Mostafa W.Z., Hegazy R.A. Vitamin D and the skin: focus on a complex relationship, J. Adv. Res. – 2015;6:793
17. Statdata.ru [Электронный ресурс]. – Список регионов России 2022 РФ. Режим доступа: <http://www.statdata.ru/spisok-regionov-rossii-s-kodamy>
18. Бекетова Н.А., Сокольников А.А. и др. Витаминный статус беременных женщин-москвичек: влияние приема витаминно-минеральных комплексов // Вопросы питания. – 2016;85(5):77-85
19. Платонова Н.М., Рыбакова А.А. и др. Витамин D и беременность: современное состояние проблемы в центральных регионах РФ // Проблемы эндокринологии. – 2020;66(6):81-87, <https://doi.org/10.14341/probl12693>
20. Суплотова Л.А., Авдеева В.А. Дефицит витамина D в России: первые результаты регистрового неинтервенционного исследования частоты дефицита и недостаточности витамина d в различных географических регионах страны // Проблемы эндокринологии. – 2021;67(2):84-92, <https://doi.org/10.14341/probl12736>
21. Дрыгина Л.Б., Дорофейчик Н.А. Статус витамина D при формировании остеопороза у пожарных мчс России // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. – 2012;(3):5-9
22. Karonova T., Andreeva A. et al. Prevalence of Vitamin D deficiency in the North-West region of Russia: A cross-sectional study. Journal of Steroid Biochemistry & Molecular Biology. – 2016;(164):230-234
23. Хазова Е.Л., Ширинян Л.В. и др. Сезонные колебания уровня 25-гидроксиколекальциферола у беременных, проживающих в Санкт-Петербурге // Гинекология. – 2015;17(4):38-42

24. Аганов Д.С., Тыренко В.В. и др. Уровень витамина D у военнослужащих, проходящих службу в условиях Крайнего Севера Российской Федерации // *Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations*. – 2020;(1):64-69
25. Малявская С.И., Захарова И.Н. и др. Обеспеченность витамином D населения различных возрастных групп, проживающих в городе Архангельске // *Вопросы современной педиатрии*. – 2015;14 (6):681–685, <https://doi.org/10.15690/vsp.v14i6.1476>
26. Kozlov A., Khabarova Y. et al. Vitamin D status of northern indigenous people of Russia leading traditional and “modernized” way of life. - *International Journal of Circumpolar Health*. – 2014;73(1): 26038, <https://doi.org/10.3402/ijch.v73.26038>
27. Корчина Т.Я., Сухарева А.С. и др. Обеспеченность витамином D женщин Тюменского Севера // *Экология человека*. – 2019;5:31-36, <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2019-5-31-36>
28. Борисенко Е.П., Романцова Е.Б. и др. Обеспеченность витамином D детского и взрослого населения Амурской области // *Бюллетень*. – 2016;(60):57-61, <https://doi.org/10.12737/20121>
29. Маркова Т.Н., Марков Д.С. и др. Распространенность дефицита витамина D и факторов риска остеопороза у лиц молодого возраста // *Вестник Чувашского университета*. – 2012;(3):411-446
30. Турова Е.Л., Лесняк О.М. Распространенность и выраженность гиповитаминоза D у больных рассеянным склерозом в Свердловской области // *Остеопороз и остеопатии*. – 2012;(3):10-13
31. Tkachuk A.S., Vasukova E.A. et al. Vitamin D Status and Gestational Diabetes in Russian Pregnant Women in the Period between 2012 and 2021: A Nested Case–Control Study. *Nutrients*. – 2022;(14):2157, <https://doi.org/10.3390/nu1410215>
32. Орлова Н.В., Подзолков В.И. и др. Изучение дефицита витамина D у машинистов железнодорожного транспорта // *Клиническая лабораторная диагностика*. - 2020;65(3): 163-168, <http://doi.org/10.18821/0869-2084-2020-65-3-163-168>
33. Garg U. 25-Hydroxyvitamin D Testing Immunoassays Versus Tandem Mass Spectrometry. *Clin Lab Med*. – 2018;38(3):439-453, <https://doi.org/10.1016/j.cll.2018.05.007>
34. Serrano-Diaz N.C., Gamboa-Delgado E.M. et al. Vitamin D and risk of preeclampsia: a systematic review and meta-analysis. *Biomedica*.- 2018;38:43–53
35. Woo J., Giurgescu C. et al. Evidence of an association between vitamin D deficiency and preterm birth and preeclampsia: a critical review. *J Midwifery Womens Health*. - 2019;64(5):613–629
36. Bakleicheva M., Bepalova O. et al. Features of the 1st trimester of pregnancy course with severe deficiency of 25(OH)D. *Gynecological Endocrinology*. – 2021;37(sup1):49-53, <http://doi.org/10.1080/09513590.2021.2006527>
37. Чащин В. П., Ковшов А. А. и др. Социально-экономические и поведенческие факторы риска нарушений здоровья среди коренного населения Крайнего Севера // *Экология человека*. – 2016;(6):3–8.
38. Кондратьева Е.И., Лошкова Е.В. и др. Дефицит витамина D: гендерные особенности // *Эндокринология: новости, мнения, обучение*. – 2021;10(2):18–25, <https://doi.org/10.33029/2304-9529-2021-10-2-18-25>

References:

1. Kostrova G.N., Malyavskaya S.I. i drugie. Obespechennost' vitaminom D zhitelej g. Arhangel'ska v raznye sezony goda // *ZHurnal mediko-biologicheskikh issledovanij*. – 2022;10(1):5-14, <https://doi.org/10.37482/2687-1491-Z085>
2. Kozlov A. I., Vershubsky G. G. Blood Serum 25-Hydroxyvitamin D in Various Populations of Russia, Ukraine, and Belarus: A Systematic Review with Elements of Meta-analysis // *Human Physiology*. – 2017;43(6):729-740, <https://doi.org/10.1134/S0362119717060044>
3. Holick M. F. Vitamin D Deficiency // *N. Engl. J. Med*. – 2007;357:266–281
4. Kulie T., Groff A. et al. Vitamin D. An Evidence-Based Review // *The Journal of the American Board of Family Medicine*. – 2009;22 (6):698–706
5. Malyavskaya S. I., Kostrova G. N. i drugie. Obespechennost' vitaminom D razlichnyh vozrastnyh grupp naseleniya g. Arhangel'ska // *Ekologiya cheloveka*. – 2016;12:37-42
6. Vil'ms E.A., Dobrovolskaya E.V. i drugie. Obespechennost' vzroslogo naseleniya Zapadnoj Sibiri vitaminom D: dannye populyacionnogo issledovaniya // *Voprosy pitaniya*. – 2019;88(4):75-82
7. Kalinchenko S.YU., ZHilenko M.I. Vitamin D i reproduktivnoe zdorov'e zhenshchin // *Problemy reprodukcii*. – 2016;4:28-36, <https://doi.org/10.17116/repro201622428-36>

8. Kodencova V.M., Beketova N.A. i drugie. Harakteristika obespechennosti vitaminami vzroslogo naseleniya Rossijskoj Federacii // Profilakticheskaya medicina. – 2018;4:32-37, <https://doi.org/10.17116/profmed201821432>
9. Wacker M., Holick M.F. Vitamin D-effects on skeletal and extraskeletal health and the need for supplementation. *Nutrients*. - 2013; 5(1): 111–48. <https://doi.org/10.3390/nu5010111>
10. Rebecca E. S. A., Zainab S. Vitamin D deficiency and depression in adults: systematic review and meta-analysis. *The British Journal of Psychiatry*. – 2012;202:100–107. <https://doi.org/10.1192/bjp.bp.111.106666>
11. Pigarova E.A., Rozhinskaya L.YA. Klinicheskie rekomendacii Rossijskoj asociacii endokrinologov po diagnostike, lecheniyu i profilaktike deficita vitamina D u vzroslyh // *Problemy endokrinologii*. – 2016;4:60-84, <https://doi.org/10.14341/probl201662460-84>
12. Saluhov V.V., Kovalevskaya E.A. i drugie. Kostnye i vnekostnye efekty vitamina d, a takzhe vozmozhnosti medikamentoznoj korrekcii ego deficita // *Medicinskij sovet*. – 2018;(4):90-99, <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2018-4-90-99>
13. YAzykova O.I., Hil'kevich E.G. Planirovanie beremennosti Deficit vitamina d – besplodie, korrekciya deficita vitamina // *Medicinskij sovet*. – 2017;(2):46-47, <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2017-2-46-47>
14. Moher, D. Liberati, A. et al. The PRISMA Group (2009) Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *PLOS Medicine*. – 2019; 6: e1000097, <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097>
15. Holick M. F., Binkley N. C. et al. Evaluation, treatment, and prevention of vitamin D deficiency: An Endocrine Society clinical practice guideline. *J Clin.Endocrinol.Metab*. – 2011;96:1911–1930
16. Mostafa W.Z., Hegazy R.A. Vitamin D and the skin: focus on a complex relationship, *J. Adv. Res*. – 2015;6:793
17. Statdata.ru [Elektronnyj resurs]. – Spisok regionov Rossii 2022 RF. Rezhim dostupa: <http://www.statdata.ru/spisok-regionov-rossii-s-kodamy>
18. Beketova N.A., Sokol'nikov A.A. i drugie. Vitaminnyj status beremennyh zhenshchin-moskvichek: vliyanie priema vitaminno-mineral'nyh kompleksov // *Voprosy pitaniya*. – 2016;85(5):77-85
19. Platonova N.M., Rybakova A.A. i drugie. Vitamin D i beremennost': sovremennoe sostoyanie problemy v central'nyh regionah RF // *Problemy endokrinologii*. – 2020;66(6):81-87, <https://doi.org/10.14341/probl12693>
20. Suplotova L.A., Avdeeva V.A. Deficit vitamina D v Rossii: pervye rezultaty registrovogo neintervencionnogo issledovaniya chastoty deficita i nedostatochnosti vitamina d v razlichnyh geograficheskikh regionah strany // *Problemy endokrinologii*. – 2021;67(2):84-92, <https://doi.org/10.14341/probl12736>
21. Drygina L.B., Dorofejchik N.A. Status vitamina D pri formirovanii osteodeficita u pozharnyh mchs Rossii // *Mediko-biologicheskie i social'no-psihologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychajnyh situacijah*. – 2012;(3):5-9
22. Karonovaa T., Andreeva A. et al. Prevalence of Vitamin D deficiency in the North-West region of Russia: A cross-sectional study. *Journal of Steroid Biochemistry & Molecular Biology*. – 2016;(164):230-234
23. Hazova E.L., SHirinyan L.V. i drugie Sezonnye kolebaniya urovnya 25-gidroksiholekal'ciferol u beremennyh, prozhivayushchih v Sankt-Peterburge // *Ginekologiya*. – 2015;17(4):38-42
24. Aganov D.S., Tyrenko V.V. i drugie. Uroven' vitamina D u voennosluzhashchih, prohodyashchih sluzhbu v usloviyah Krajnego Severa Rossijskoj Federacii // *Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations*. – 2020;(1):64-69
25. Malyavskaya S.I., Zaharova I.N. i drugie. Obespechennost' vitaminom D naseleniya razlichnyh vozrastnyh grupp, prozhivayushchih v gorode Arhangel'ske // *Voprosy sovremennoj pediatrii*. - 2015;14 (6):681–685, <https://doi.org/10.15690/vsp.v14i6.1476>
26. Kozlov A., Khabarova Y. et al. Vitamin D status of northern indigenous people of Russia leading traditional and “modernized” way of life. - *International Journal of Circumpolar Health*. – 2014;73(1): 26038, <https://doi.org/10.3402/ijch.v73.26038>
27. Korchina T.YA., Suhareva A.S. i drugie. Obespechennost' vitaminom D zhenshchin Tyumenskogo Severa // *Ekologiya cheloveka*. – 2019;5:31-36, <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2019-5-31-36>
28. Borisenko E.P., Romancova E.B. i drugie. Obespechennost' vitaminom D detskogo i vzroslogo naseleniya Amurskoj oblasti // *Byulleten'*. – 2016;(60):57-61, <https://doi.org/10.12737/20121>
29. Markova T.N., Markov D.S. i drugie. Rasprostranennost' deficita vitamina D i faktorov riska osteoporozu u lic molodogo vozrasta // *Vestnik CHuvashskogo universiteta*. – 2012;(3):411-446

30. Turova E.L., Lesnyak O.M. Rasprostranennost' i vyrazhennost' gipovitaminoza D u bol'nyh rasseyannym sklerozom v Sverdlovskoj oblasti // Osteoporoz i osteopatii. – 2012;(3):10-13
31. Tkachuk A.S., Vasukova E.A. et al. Vitamin D Status and Gestational Diabetes in Russian Pregnant Women in the Period between 2012 and 2021: A Nested Case–Control Study. *Nutrients*. – 2022;(14):2157, <https://doi.org/10.3390/nu1410215>
32. Orlova N.V., Podzolkov V.I. i drugie. Izuchenie deficita vitamina D u mashinistov zheleznodorozhnogo transporta // Klinicheskaya laboratornaya diagnostika. - 2020;65(3): 163-168, <http://doi.org/10.18821/0869-2084-2020-65-3-163-168>
33. Garg U. 25-Hydroxyvitamin D Testing Immunoassays Versus Tandem Mass Spectrometry. *Clin Lab Med*. – 2018;38(3):439-453, <https://doi.org/10.1016/j.cll.2018.05.007>
34. Serrano-Diaz N.C., Gamboa-Delgado E.M. et al. Vitamin D and risk of preeclampsia: a systematic review and meta-analysis. *Biomedica*.- 2018;38:43–53
35. Woo J., Giurgescu C. et al. Evidence of an association between vitamin D deficiency and preterm birth and preeclampsia: a critical review. *J Midwifery Womens Health*. - 2019;64(5):613–629
36. Bakleicheva M., Bepalova O. et al. Features of the 1st trimester of pregnancy course with severe deficiency of 25(OH)D. *Gynecological Endocrinology*. – 2021;37(sup1):49-53, <http://doi.org/10.1080/09513590.2021.2006527>
37. CHashchin V. P., Kovshov A. A. i drugie. Social'no-ekonomicheskie i povedencheskie faktory riska narushenij zdorov'ya sredi korennoogo naseleniya Krajnego Severa // *Ekologiya cheloveka*. – 2016;(6):3–8.
38. Kondrat'eva E.I., Loshkova E.V. i drugie. Deficit vitamina D: gendernye osobennosti // *Endokrinologiya: novosti, mneniya, obuchenie*. – 2021;10(2):18–25, <https://doi.org/10.33029/2304-9529-2021-10-2-18-25>

Научная статья

УДК 614.254:613.62(985)
 DOI: 10.24412/2658-4255-2022-3-56-69

Для цитирования:

С.А. Сюрин
 Профессиональная патология у работников здравоохранения в Арктической зоне Российской Федерации (2007-2021 гг.) // Российская Арктика. 2022. № 18. С. 56–69

Получена: 24.08.2022
 Принята: 17.10.2022
 Опубликовано: 19.10.2022

Соблюдение этических стандартов

Работа выполнялась в соответствии с принципами Хельсинкской декларации. Протокол и дизайн исследования были обсуждены и одобрены локальным комитетом ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора от 12.05.2021 г., протокол № 35.4. Так как были использованы деперсонифицированные архивные материалы, не возникло необходимости в получении информированного добровольного согласия ранее обследованных лиц.



ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ПАТОЛОГИЯ У РАБОТНИКОВ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ (2007-2021 ГГ.)

С.А. Сюрин¹

¹ ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, г. Санкт-Петербург, Россия. kola.reslab@mail.ru

Аннотация.

Введение. Работники здравоохранения подвергаются воздействию комплекса вредных производственных факторов, создающих повышенный риск развития профессиональных заболеваний.

Цель исследования состояла в изучении динамики рисков развития, структуры и распространенности профессиональной патологии у работников здравоохранения в Арктической зоне Российской Федерации (АЗРФ) в 2007–2021 гг.

Материалы и методы. Проведен анализ результатов социально-гигиенического мониторинга «Условия труда и профессиональная заболеваемость населения» в АЗРФ в 2007–2021 гг.

Результаты. В 2007–2021 гг. у работников здравоохранения были впервые диагностированы 96 профессиональных заболеваний, что соответствовало 0,93% их общего числа в АЗРФ. В структуре вредных производственных факторов, вызывавших развитие профессиональных заболеваний, преобладали биологические (инфекционные) факторы: 66 (68,8%) случаев. Меньшую этиологическую значимость имели вредные химические вещества аллергического и токсического действия (16,7%). В структуре патологии доминирующую долю занимали инфекционные болезни: туберкулез ($n = 31$), COVID-19 ($n = 31$), хронический вирусный гепатит ($n = 4$). Ежегодное число заболеваний колебалось от 0 до 21 случая, а заболеваемость – от 0 до 5,50 случаев/10000 работников. В последние 2 года ее уровень увеличился за счет новой коронавирусной инфекции. При этом риск возникновения туберкулеза в начале (2007–2011 гг.) изучаемого периода времени был выше, чем при его окончании (2017–2021 гг.): относительный риск 3,00; доверительный интервал 1,28–7,05; $p = 0,008$. Повышенный риск развития туберкулеза органов дыхания в течение 15 лет сохраняется у младших медицинских работников с низким трудовым стажем, а заболеваний, обусловленных вредными химическими веществами – у средних медицинских работников.

Заключение. Несмотря на экстренную ситуацию с новой коронавирусной инфекцией, необходимо продолжить совершенствование методов профилактики «старой» профессиональной патологии, прежде всего, туберкулеза у младших медицинских работников и заболеваний аллергического генеза у среднего медицинского персонала.

Ключевые слова: работники здравоохранения, условия труда, COVID-19, профессиональная патология, Арктика

OCCUPATIONAL DISEASES OF HEALTHCARE WORKERS IN THE RUSSIAN ARCTIC (2007-2020)

S.A. Syurin¹

¹ Northwest Public Health Research Center, St. Petersburg, Russia
 kola.reslab@mail.ru

Abstract.

Introduction. Health care workers are exposed to a complex of harmful production factors that pose an increased risk of developing occupational diseases.

The aim of the study was to assess changes in risks, structure and prevalence of occupational pathology in the healthcare workers in the Russian Arctic.

Materials and methods. We analyzed the results of social and hygienic monitoring "Working conditions and occupational morbidity of the population" in the Russian Arctic in 2007-2021.

Results. In 2007–2021 healthcare workers were first diagnosed with 96 occupational diseases, which corresponded to 0.93% of their total number in the Russian Arctic. Biological (infectious) factors prevailed among harmful production factors that caused occupational diseases: 66 (68.8%) cases. Harmful chemicals (allergenic and toxic) were of lesser etiological significance (16.7%). Infectious diseases dominated in the structure of occupational pathology: tuberculosis (n = 31), COVID-19 (n = 31), chronic viral hepatitis (n = 4). The annual number of diseases ranged from 0 to 21 cases and the incidence ranged from 0 to 5.50 cases/10,000 workers. In the last 2 years, its level has increased due to a new coronavirus infection. At the same time, the risk of tuberculosis at the beginning (2007-2011) of the study period was higher than at its end (2017-2021): relative risk 3.00; confidence interval 1.28-7.05; p=0.008. An increased risk of developing respiratory tuberculosis for 15 years remains in junior medical workers with low work experience, and diseases caused by harmful chemicals were most prevalent in nurses.

Conclusion. Despite the emergency situation with a new coronavirus infection, it is necessary to continue improving the methods of preventing the "old" occupational pathology, primarily tuberculosis in junior medical workers and allergic diseases in nursing staff.

Keywords: healthcare workers, working conditions, COVID-19, occupational pathology, Russian Arctic

Введение

По данным ВОЗ в глобальной системе здравоохранения и оказания социальных услуг заняты 136 миллионов человек, имеющих право на достойный труд, защиту своего здоровья и безопасность на рабочем месте [1]. Важно отметить, что в современном мире большинство государств, в том числе и Россия, испытывают нехватку медицинских кадров, так как их подготовка требует длительных сроков и больших финансовых затрат [2]. Особенно остро этот дефицит проявляется в удаленных регионах страны, включая Арктическую зону Российской Федерации (АЗРФ). Одним из факторов, усугубляющих эту проблему, являются профессиональные заболевания работников здравоохранения, приводящие более чем в 30% случаев к стойкой утрате трудоспособности и преждевременному прекращению трудовой деятельности [3].

Выполнение профессиональных обязанностей медицинскими работниками связано как с вредными биологическими, химическими, физическими воздействиями, так и вредными факторами трудового процесса, создающими повышенный риск развития профессиональных заболеваний [4-7]. По мнению большинства исследователей, в России и за рубежом наиболее значимым этиологическим фактором является инфекционный: туберкулезная инфекция, вирусы гепатита и иммунодефицита человека [8-11], а также с 2020 года – новая коронавирусная инфекция (COVID-19) [12, 13, 14].

Помимо вредных производственных факторов, на здоровье медицинских работников влияют постоянно возрастающие требования к качеству и объему оказываемых населению медицинских услуг. Широко практикуемые сверхурочные работы лишают их времени, необходимого для восстановления физического и эмоционального состояния [15]. Также благоприятный фон для развития профессиональной патологии, особенно у среднего и младшего звена медицинских работников, могут создавать низкая материальная обеспеченность, неудовлетворительные жилищные условия, вредные привычки и др. [16]. В АЗРФ суровые климатические условия оказывают дополнительное негативное влияние на основные функциональные системы организма [17, 18]. Они способны вызывать развитие такого патологического состояния как «синдром полярного напряжения» [19], а в сочетании с вредными производственными факторами – изменять процессы формирования и клинического течения профессиональной патологии [20].

Сведения о профессиональной заболеваемости работников здравоохранения в России и ее регионах противоречивы [21-25]. С одной стороны, в литературе представлены многочисленные утверждения о ее высоком уровне, многократно превышающим показатели в основных отраслях промышленности, в том числе с вредными условиями труда [3, 4, 9]. В ряде регионов здравоохранение занимает пятое место среди всех видов экономической деятельности [10, 26], а среди работающих женщин профессиональные заболевания чаще всего выявляются у медицинских сестер [3, 27]. С другой стороны, в течение многих лет (до COVID-19 пандемии) показатели профессиональной заболеваемости у медицинских работников были ниже общероссийских^{1,2}. Возможно, они не отражали истинной картины и формировались под влиянием комплекса объективных и субъективных факторов, затрудняющих выявление и регистрацию реально существующей у медицинских работников профессиональной патологии [3, 4, 28].

С позиций доказательной медицины не вызывает сомнения тот факт, что при любом уровне заболеваемости эффективное предупреждение профессиональной патологии у работников здравоохранения возможно только на основе объективных и постоянно обновляемых знаний о рисках ее развития, структуре и распространенности.

Цель исследования состояла в изучении динамики рисков развития, структуры и распространенности профессиональных заболеваний у работников здравоохранения в АЗРФ.

Материалы и методы. Проведен анализ результатов социально-гигиенического мониторинга «Условия труда и профессиональная заболеваемость населения» по субъектам АЗРФ в 2007-2021 гг. (ФБУЗ «Федеральный центр гигиены и эпидемиологии» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Москва).

1 О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2010 году: Государственный доклад. – М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2011.

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

Результаты исследований обработаны с применением программного обеспечения Microsoft Excel 2016 и программы Epi Info, v. 6.04d. Определялись t-критерий Стьюдента для независимых совокупностей, критерий согласия χ^2 , относительный риск (ОР) и 95 % доверительный интервал (ДИ). Числовые данные представлены как абсолютные и процентные значения, среднее арифметическое и стандартная ошибка ($M \pm m$). Критический уровень значимости нулевой гипотезы принимался равным 0,05.

Результаты исследования. В 2007-2021 годах средняя годовая численность работников здравоохранения на объектах трех типов санитарно-эпидемиологического благополучия в АЗРФ составляла 38170 человек (6,6% работающего населения), среди которых женщин было 32673 (85,6%) человек. У 31032 (81,3%) работников отмечался контакт с вредными производственными факторами. Их сочетанному воздействию подвергался 7541 (24,2%) работник, воздействию биологических факторов – 6827 (22,0%), неионизирующих электромагнитных полей и излучений – 6485 (20,9%), химических факторов – 4034 (13,0%) человек. Неблагоприятные параметры тяжести и напряженности труда имели соответственно 1769 (5,7%) и 1551 (5,0%) работников. В незначительном числе случаев отмечалась экспозиция к другим вредным производственным факторам: к шуму у 837 (2,7%) работников, ионизирующему излучению – у 745 (2,4%), локальной вибрации – у 558 (1,8%), общей вибрации и аэрозолям преимущественно фиброгенного действия – по 248 (0,8%), инфразвуку – у 28 (0,09%) человек. На рабочих местах 186 (0,6%) и 62 (0,2%) работников выявлялись неблагоприятные параметры освещенности и микроклимата.

В 2007–2021 годах у 90 работников здравоохранения были впервые диагностированы 96 профессиональных заболеваний, что соответствовало 0,93% их общего числа в АЗРФ. Профессиональные заболевания были выявлены в пяти субъектах АЗРФ: Мурманская область (n=34), Ямало-Ненецкий автономный округ (n=24), арктические зоны Архангельской области (n=20), Красноярского края (n=9), Республики Коми (n=8) и Республики Якутия (один случай). Ни одного случая профессиональной патологии за 15 лет не отмечалось в Ненецком и Чукотском автономных округах, арктической зоне Республики Карелия. У 87 работников отмечалась одна нозологическая форма профессиональной патологии. По одному работнику имели два, три и четыре различных заболевания. Средний возраст заболевших лиц составил $51,9 \pm 1,1$ лет, стаж – $19,0 \pm 1,6$ лет и среди них преобладали женщины: 71 (78,9%) человек.

Для изучения особенностей развития, структуры и распространенности профессиональных заболеваний у различных категорий работников здравоохранения были выделены специалисты с высшим медицинским образованием, работники среднего и младшего медицинского звена, а также вспомогательных служб. У 31 (34,4%) специалиста с высшим образованием (30 врачей и один судмедэксперт) было диагностировано 34 заболевания, они составили первую группу. У 33 (36,7%) работников среднего звена (22 медицинских сестер, 9 фельдшеров, лаборант и зубной техник) было 36 заболеваний (вторая группа). У 21 (21,9%) работника младшего звена (19 санитарок, сестра-хозяйка и дезинфектор) было выявлено 21 заболевание. Также в числе лиц с установленной профессиональной патологией оказались 5 (5,6%) работников вспомогательных служб (2 буфетчика и 3 водителя автомобиля скорой медицинской помощи). Непосредственно в лечебном процессе они не участвовали,

но имели контакт с больными (прежде всего, инфекционного профиля). Учитывая малое число заболевших работников вспомогательных служб и то, что их трудовая деятельность имеет больше схожих черт с работой младшего медицинского персонала (чем врачей и медицинских сестер), при анализе материалов исследований эти две категории работников были объединены в третью группу (табл.1).

Анализ общих показателей позволил установить, что средний возраст, при котором диагностировались профессиональные заболевания, у врачей был выше, чем у медицинских сестер ($p=0,005$), а продолжительность стажа у младшего медицинского персонала была меньше, чем у врачей ($p<0,001$) и средних медицинских работников ($p<0,001$). Мужчины составляли большинство только среди врачей. В двух других группах работников доминировали женщины.

В структуре вредных производственных факторов, вызывавших развитие профессиональной патологии у работников здравоохранения, преобладали биологические (инфекционные) факторы: 66 (68,8%) случаев. Значительно меньшую этиологическую значимость имели химические факторы (16 случаев или 16,7%), среди которых отмечались вещества с аллергическим ($n=12$) и токсическим ($n=4$) действием. Еще реже к формированию нарушений здоровья приводила повышенная тяжесть труда (12 случаев или 12,5%) и локальная вибрация (2 случая или 2,1%). В 2020-2021 годах (в период COVID-19 пандемии) все профессиональные заболевания были обусловлены инфекционным фактором: 31 случай новой коронавирусной инфекции и 3 случая туберкулеза органов дыхания.

Особенности структуры вредных факторов в трех выделенных группах заключались в том, что у младших медицинских и вспомогательных работников профессиональная патология была чаще связана с действием инфекционных факторов, чем у среднего медицинского персонала ($p=0,004$). В тоже время в этой группе профессиональная патология чаще вызывалась химическими факторами по сравнению с младшими медицинскими работниками ($p=0,030$) и врачами ($p=0,037$).

Среди технологических обстоятельств, делавших возможной экспозицию работников здравоохранения к вредным производственным факторам, наибольшее значение имели профессиональный контакт с инфекционным агентом ($n=51$) и несовершенство технологического процесса ($n=18$). Существенно реже выявлялись несовершенство средств индивидуальной защиты ($n=10$), несовершенство рабочих мест ($n=6$) и прочие обстоятельства ($n=11$). Значимых различий в структуре обстоятельств развития профессиональной патологии между тремя группами работников не отмечалось.

Таблица 1

Профессиональная патология у трех категорий работников здравоохранения

Показатель	Специалисты с высшим образованием	Средний медицинский персонал	Младший медицинский и вспомогательный персонал
Общие сведения о работниках			
Возраст, лет	56,5±1,9	48,4±2,0 ¹	51,0±2,3
Стаж, лет	22,5±2,7	21,2±1,9	12,1±2,5 ^{2,3}
Мужчины, чел.	16 (51,6%)	1 (3,0%) ¹	2 (7,7%) ²
Женщины, чел.	15 (48,4%)	32 (97,0%) ¹	24 (92,3%) ²

Показатель	Специалисты с высшим образованием	Средний медицинский персонал	Младший медицинский и вспомогательный персонал
Факторы, вызвавшие развитие болезней, абс. (% в структуре факторов)			
Биологические	24 (70,6%)	19 (52,8%)	23 (88,5%) ³
Химические	3 (8,8%)	11 (30,6%) ²	2 (7,7%) ³
Тяжесть труда	6 (16,7%)	5 (13,9%)	1 (3,8%)
Физические	1 (2,9%)	1 (2,8%)	0
Обстоятельства, вызвавшие развитие болезней, абс. (% в структуре обстоятельств)			
Профессиональный контакт с инфекционным агентом	18 (52,9%)	17 (47,2%)	16 (61,5%)
Несовершенство технологического процесса	6 (16,7%)	9 (30,6%)	3 (11,5%)
Несовершенство средств индивидуальной защиты	3 (8,8%)	4 (11,1%)	3 (11,5%)
Несовершенство рабочих мест	2 (5,9%)	3 (8,3%)	1 (5,3%)
Прочие	5 (14,7%)	5 (13,9%)	1 (5,3%)
Класс болезней и нозологические формы, абс. (% в структуре болезней)			
<i>Инфекционные, в том числе:</i>	24 (70,6%)	19 (52,8%)	23 (88,5%) ³
туберкулез	6 (17,6%)	10 (27,8%)	15 (58,7%) ^{2,3}
коронавирусная инфекция	15(44,1%)	8 (22,2%) ²	8 (30,8%)
вирусный гепатит	3 (8,8%)	1 (2,9%)	0
<i>Костно-мышечной системы, в том числе:</i>	3 (8,8%)	4 (11,1%)	1 (3,8%)
радикулопатия	1 (2,9%)	1 (2,8%)	1 (3,8%)
миофиброз предплечий	0	2 (5,6%)	0
тендовагинит	0	2 (5,6%)	0
деформирующий остеоартроз	1 (2,9%)	1 (2,9%)	0
эпикондилез	1 (2,9%)	0	0
<i>Органов дыхания, в том числе:</i>	1 (2,9%)	5 (14,3%)	1 (3,8%)
бронхиальная астма	0	4 (11,4%)	1 (3,8%)
хронический бронхит	1 (4,5%)	0	1 (3,8%)
хронический ринит аллергический	0	1 (2,9%)	0
<i>Нервной системы, в том числе:</i>	3 (13,6%)	2(5,7%)	0

Показатель	Специалисты с высшим образованием	Средний медицинский персонал	Младший медицинский и вспомогательный персонал
моно-полинейропатия	3 (8,8%)	1 (2,9%)	0
синдром запястного канала	0	1 (2,9%)	0
Кожи и подкожной клетчатки, в том числе:	2 (4,5%)	5 (14,3%)	0
экзема	1 (2,9%)	3 (8,6%)	0
дерматит аллергический	1 (2,9%)	2 (5,7%)	0
Травмы, отравления и другие последствия воздействия внешних причин, в том числе:	1(2,9%)	1 (2,9%)	0
вибрационная болезнь	1	1 (2,9%)	0
хроническая интоксикация	1 (2,9%)	0	0
Глаза и его придаточного аппарата: конъюнктивит аллергический	0	1 (2,9%)	0

Примечание. 1 – статистически значимые различия ($p < 0,05$) между специалистами с высшим образованием и средним медицинским персоналом; 2 - между специалистами с высшим образованием и младшим медицинским персоналом; 3 – между средним и младшим медицинским персоналом.

Профессиональные нарушения здоровья работников здравоохранения АЗРФ относились к семи классам болезней МКБ-10 (рис. 1). Наиболее распространенными из них были инфекционные болезни: туберкулез органов дыхания ($n=31$), хронический вирусный гепатит ($n=4$) и новая коронавирусная инфекция ($n=31$), которая впервые вошла в число профессиональных болезней в 2020 г.

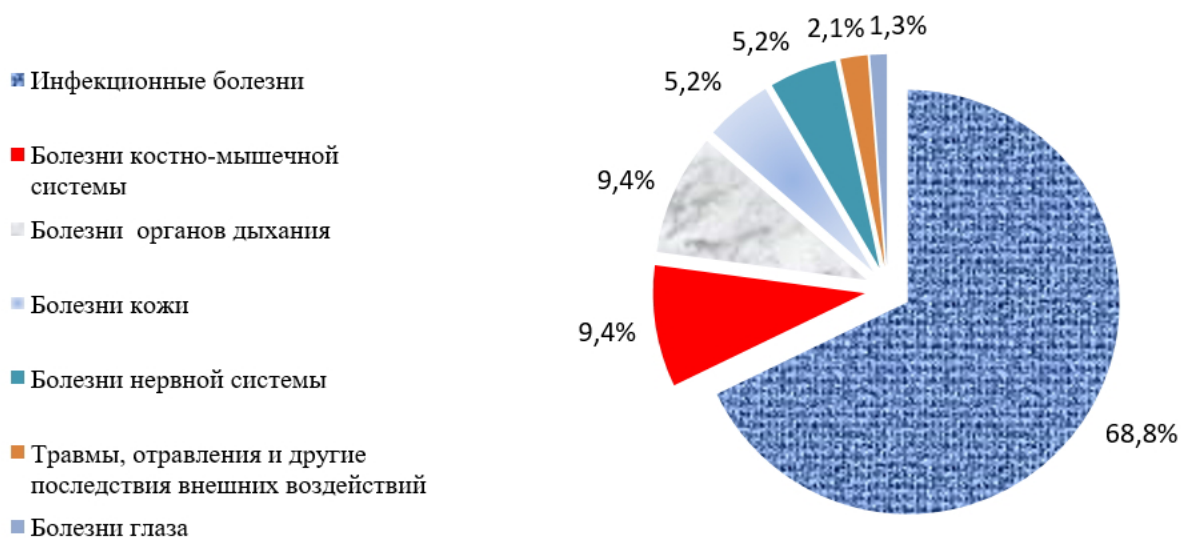


Рис.1. Структура профессиональной патологии работников здравоохранения АЗРФ

Риск возникновения инфекционных заболеваний у младшего медицинского и вспомогательного персонала был выше, чем у среднего медицинского персонала (ОР=1,68; ДИ 1,19-2,35; $\chi^2=8,66$; $p=0,003$). Данный факт был обусловлен повышенным риском развития в третьей группе туберкулеза, как в сравнении с врачами (ОР=3,27; ДИ 1,47-7,26; $\chi^2=10,21$; $p=0,001$), так и со средним медицинским персоналом (ОР=2,08; ДИ 1,12-3,87; $\chi^2=5,52$; $p=0,019$). У врачей отмечался больший риск возникновения коронавирусной инфекции, чем у медицинских сестер (ОР=2,27; ДИ 1,06-4,88; $\chi^2=4,87$; $p=0,027$). Следует также отметить большую частоту развития у среднего медицинского персонала болезней аллергического генеза разных классов (органов дыхания, кожи и глаза), чем в первой (ОР=5,19; ДИ 1,24-21,8; $\chi^2=6,94$; $p=0,008$) и третьей ($\chi^2=7,94$; ДИ 1,09-57,8; $\chi^2=6,79$; $p=0,009$) группах работников.

В 2007-2019 гг. ежегодное число впервые диагностированных профессиональных заболеваний у работников здравоохранения колебалось от 0 до 15 случаев и имело тенденцию к снижению. Однако в период COVID-19 пандемии, понижающийся тренд сменился на повышение из-за резкого увеличения числа заболеваний в 2020-2021 гг.

До 2021 года наиболее распространенным профессиональным заболеванием у медицинских работников был туберкулез органов дыхания, число случаев которого снижалось. Самый благоприятный по туберкулезу период отмечался в 2013-2017 гг., когда за 5 лет было зарегистрировано только два новых случая заболевания. Однако в течение 3 последующих лет их число вновь увеличилось до 2-3 в год. Тем не менее, риск возникновения туберкулеза у работников здравоохранения АЗРФ в начале (2007-2011 гг.) изучаемого периода времени был выше, чем при его окончании (2017-2021 гг.): ОР=3,00; ДИ 1,28-7,05; $\chi^2=7,00$; $p=0,008$ (рис. 2). Также следует отметить, что последний случай вирусного гепатита у медицинских работников диагностировался в 2013 г.

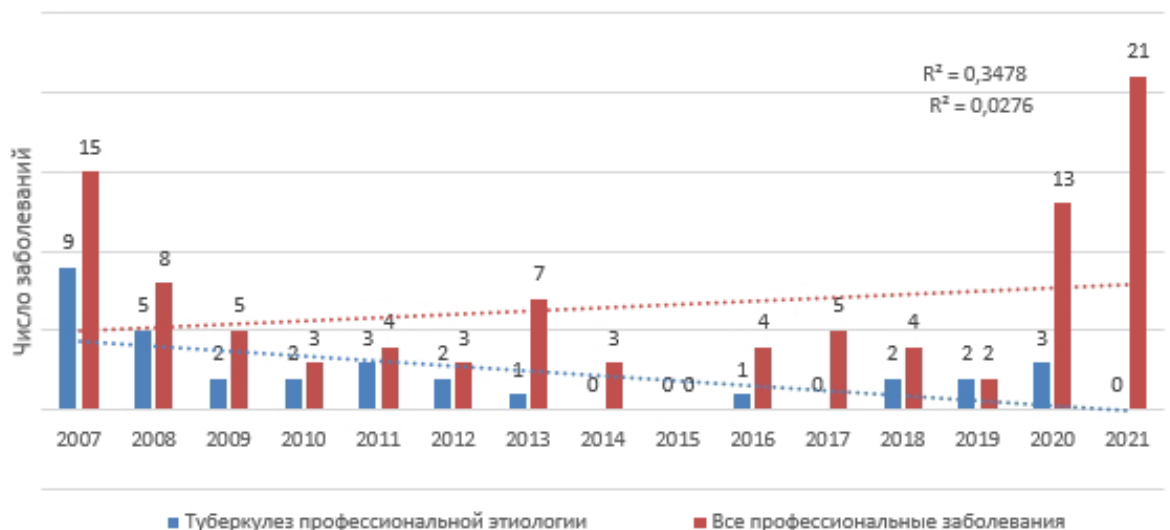


Рис. 2. Ежегодное число впервые выявляемых случаев туберкулеза профессиональной этиологии и всех профессиональных заболеваний у работников здравоохранения АЗРФ

Проведено сравнение уровней профессиональной заболеваемости работников здравоохранения и всех видов экономической деятельности в АЗРФ и в России в целом. В связи с отсутствием официальных данных о профессиональной заболеваемости в АЗРФ, для ее расчета использованы сведения Роспотребнадзора об общем числе работников, трудоустроенных на всех объектах санитарно-эпидемиологического благополучия (рис. 3).

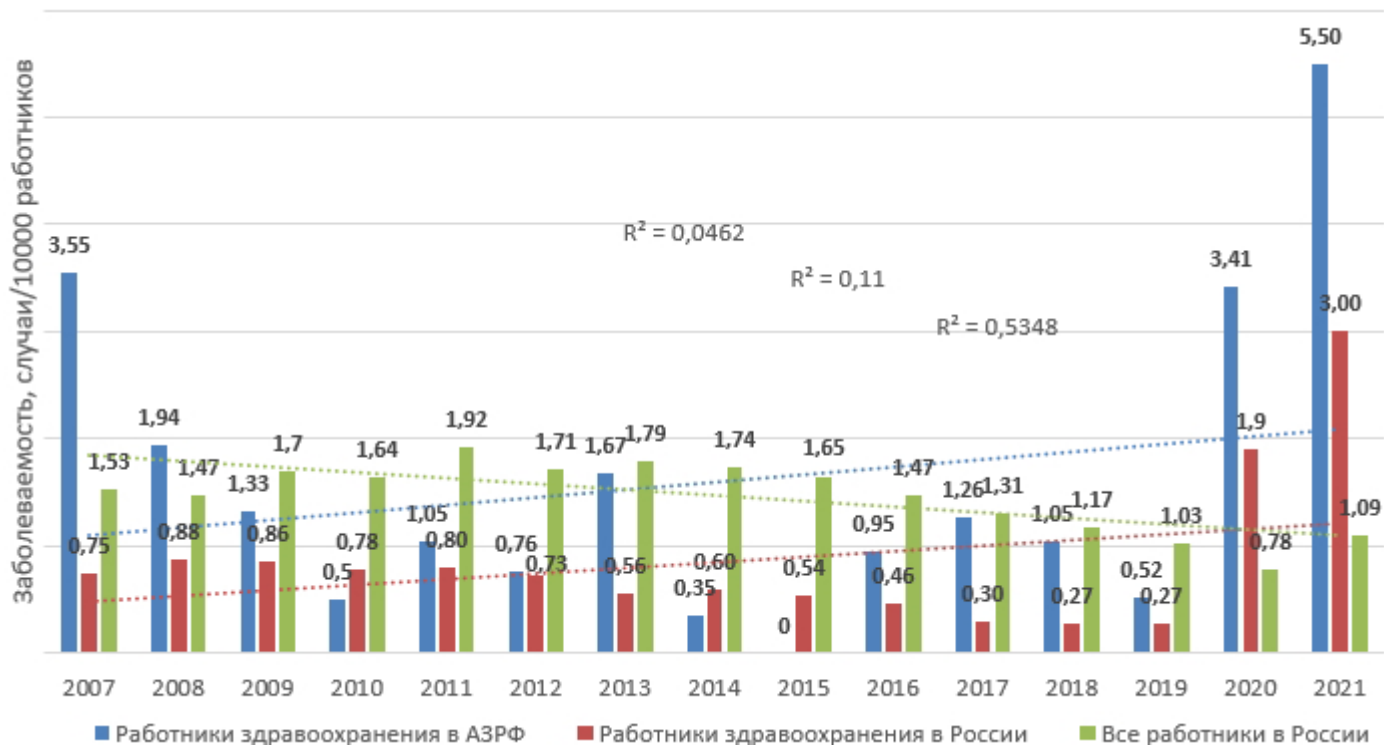


Рис. 3. Показатели профессиональной заболеваемости работников здравоохранения и всех видов экономической деятельности в АЗРФ и в России

Представленные данные показывают, что пиковые уровни заболеваемости у работников здравоохранения АЗРФ отмечались в 2007 г. (из-за большого числа случаев туберкулеза) и в 2020-2021 гг. (из-за случаев новой коронавирусной инфекции). В 2007-2019 гг. общероссийские ежегодные показатели профессиональной заболеваемости работников здравоохранения колебались от 0,88 до 0,27 случаев на 10000 работников и демонстрировали тренд к снижению. Однако в 2020-2021 гг. в связи с пандемией COVID-19, отмечен резкий рост профессиональной заболеваемости до 1,90-3,00 случаев/10000 работников. Такая динамика была сходной как для АЗРФ, так и России в целом. В течение 15 лет отраслевые уровни заболеваемости в АЗРФ превышали аналогичные общероссийские ежегодные показатели двенадцать раз и только три раза не достигали их значений.

В 2007-2021 гг. в АЗРФ профессиональные заболевания были установлены у работниц-женщин 102 специальностей, среди которых медицинские сестры заняли седьмое (n=23), санитарки – одиннадцатое (n=19), врачи четырнадцатое (n=15) места. Наибольшее число профессиональных заболеваний среди работающих женщин развивалось у машинистов крана (n=98), операторов установок и линий обработки пиломатериалов (n=58) и маляров (n=55). У мужчин профессиональные заболевания были диагностированы у работников 147 специальностей, в числе которых врачи заняли 41-ое место (n=16). Из всех видов экономической де-

тельности первые места по числу заболеваний занимали работники горнодобывающих предприятий: проходчики ($n=1523$), подземные горнорабочие ($n=1383$) и бурильщики ($n=735$).

Обсуждение

Проведенное исследование позволило как подтвердить, так и опровергнуть ряд известных фактов, а также получить новые сведения о профессиональных рисках и состоянии здоровья работников здравоохранения. Так, в АЗРФ, как и в ряде других регионов страны и зарубежных стран, инфекционный фактор создает основной риск развития профессиональной патологии у работников органов здравоохранения [6-8, 12]. Важно отметить, что в регионе в течение 8 лет не регистрировались случаи хронического профессионального гепатита и достигнуто снижение риска заражения туберкулезом. Из различных категорий медицинских работников туберкулезная инфекция представляет повышенную угрозу здоровью младшему медицинскому персоналу, по сравнению с врачами и средними медицинскими работниками. При этом на фоне существенного снижения этиологической роли туберкулезной инфекции и вирусов гепатита, главным бактериологическим фактором в 2020-2021 гг. стала новая коронавирусная инфекция. Ее воздействие в большей степени отмечается у врачей, чем у среднего медицинского персонала. Вероятно, в связи с экстремальной ситуацией во время пандемии, резко снизилось, а в 2021 г. совсем прекратилось выявление случаев профессиональной патологии неинфекционной этиологии.

Вторым по важности вредным производственным фактором, вызывающим профессиональную патологию, остаются химические вещества-аллергены. Их влияние в большей степени проявляется у среднего медицинского персонала, по сравнению с врачами и младшими медицинскими работниками [24].

Проведенное исследование не подтвердило данных о высоком уровне профессиональной заболеваемости работников здравоохранения, сопоставимого или даже превышающего показатели в основных отраслях промышленности. В АЗРФ этот уровень в разные годы был в 2,5-30 раз ниже, чем по региону в целом [20]. Можно отметить, что по числу профессиональных заболеваний среди работающих женщин, медицинские сестры занимали седьмое место, а не первое, как утверждалось в некоторых ранее выполненных исследованиях [3, 27].

Низкие официальные показатели профессиональной заболеваемости работников здравоохранения традиционно сопровождаются многочисленными объяснениями этого феномена. Есть мнение, что на фоне общей гиподиагностики профессиональных заболеваний в России, особенно низкая выявляемость нарушений здоровья наблюдается у медицинских работников [4, 9, 10]. Прежде всего, это связано с тем, что для отечественной медицины характерен приоритет заботы о пациенте, в то время как здоровье врача уходит на второй план. Кроме того, предполагается, что медицинский работник сам должен быть в состоянии оказать себе необходимую помощь [4, 15, 28]. Доказательная база этого объяснения в настоящее время не является убедительной. Также возможно, что оценку уровня профессиональной заболеваемости работников здравоохранения затрудняет их объединение в одну статистическую группу с работниками сферы социальных услуг, несмотря на то, что условия труда этих двух групп работников имеют больше различий, чем сходства.

Вызывают вопросы значительные различия в уровнях профессиональной заболеваемости работников здравоохранения в регионах России. Так, в 2017-2018 гг. случаи профессиональной патологии не выявлялись у работников здравоохранения Ивановской, Владимирской, Костромской, Новгородской и некоторых других субъектов федерации^{3,4}. В Татарстане в последние годы профессиональная заболеваемость составляла 0,2-0,23, в Башкортостане – 0,92, в Самарской области - 2,5-2,9, в Мурманской области – 0 - 1,30/10000 работников. Во всех четырех регионах отмечалось устойчивое снижение показателей [21-24]. В это же время в Иркутской области в 2010-2020 годах профессиональная заболеваемость находилась на значительно более высоком уровне: 3,1 в 2010 году и 6,5 в 2020 году на 10000 работников (разница с вышеуказанными регионами до 28 раз) с тенденцией к их росту [25]. Как показало выполненное исследование, в АЗРФ в 2007-2021 гг. профессиональная заболеваемость варьировала от 0 до 5,50 /10000 работников с тенденцией к повышению.

Учитывая, что условия труда медицинских работников в России не могут существенно отличаться, реальность отсутствия случаев профессиональной патологии или низкие показатели заболеваемости, с одной стороны, как и, наоборот, высокие уровни профессиональной заболеваемости в других регионах вызывают сомнения. Такие же сомнения возникают при значительных ежегодных различиях в уровнях профессиональной патологии в одном и том же регионе (исключение могут составлять показатели 2020-2021 гг. в связи с появлением нового фактора – коронавирусной инфекции).

В возникновении существенных различий в уровнях профессиональной патологии у работников здравоохранения в российских регионах велика вероятность влияния дополнительных факторов. В их число входят личная незаинтересованность (заинтересованность) работника, незаинтересованность администрации учреждения в установлении профессионального заболевания, доступность профпатологической помощи в отдаленных регионах, степень перегрузки на дополнительных работах и др.

Ограничения исследования заключаются в возможных неточностях при определении относительных показателей профессиональной заболеваемости. Они связаны с постепенным расширением АЗРФ, включением в нее отдельных территорий, а не субъектов Федерации полностью, что затрудняет получение сведений о числе жителей и работников отдельных специальностей.

Заключение

У работников здравоохранения АЗРФ биологический фактор создает основной риск развития профессиональной патологии, в котором на фоне снижения этиологической значимости туберкулеза и вирусного гепатита на первое место в 2020-2021 гг. вышла новая коронавирусная инфекция. Вероятность инфицирования туберкулезом сохраняется в большей степени у младших медицинских работников с небольшим стажем. Вторым по значимости риском здоровью являются химические

3 О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2018 году: Государственный доклад. –М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2019.

4 О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2019 году: Государственный доклад. –М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2020.

вещества, действие которых более выражено у среднего медицинского персонала. Показатели профессиональной заболеваемости работников здравоохранения АЗРФ в 2007-2021 гг. имели тенденцию к увеличению и были выше отраслевого общероссийского уровня. Несмотря на доминирующее значение в последние два года новой коронавирусной инфекции, необходимо совершенствование методов профилактики «старой» профессиональной патологии, прежде всего, туберкулеза у младших медицинских работников и заболеваний аллергического генеза у среднего медицинского персонала.

Список литературы:

1. World Health Organization (WHO). Occupational health: health workers. Available at: https://www.who.int/occupational_health/topics/hcworkers/en/
2. Коробкова О.К., Третьяков М. М. Проблемы кадрового обеспечения в управлении медицинскими услугами // Вестник ТОГУ. 2015. № 4. С. 153-162.
3. Гигиена труда медицинских работников / Е. П. Лемешевская, Г. В. Куренкова, Е. В. Жукова; ФГБОУ ВО ИГМУ Минздрава России. – Иркутск: ИГМУ, 2018. – 86 с.
4. Смагулов Н.К., Хантурина Г.Р., Кожевникова Н.Г. Актуальность проблемы профессионального здоровья медицинских работников //Международный журнал экспериментального образования. 2013; Т. 11. № 1. С. 52-56.
5. Ghosh T. Occupational Health and Hazards among Health Care Workers. IJOSH. 2013; 3(1): 1 – 4. DOI: 10.3126/ijosh.v3i1.9096.
6. Che Huei L, Ya-Wen L, Chiu Ming Y, Li Chen H, Jong Yi W, Ming Hung L. Occupational health and safety hazards faced by healthcare professionals in Taiwan: A systematic review of risk factors and control strategies. SAGE Open Med. 2020; 8: 2050312120918999. doi: 10.1177/2050312120918999.
7. Kumar A., Panigrahi A. Occupational health hazards among health care personnel working in public health facilities in Bhubaneswar, India. J. Public Health. 2019; 29: 633–639. DOI: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10389-019-01167-0>
8. Wada K. Work-related diseases among health care workers. NihonRinsho. 2014; 72(2): 323-327.
9. Петрухин Н.Н. Профессиональная заболеваемость медработников в России и за рубежом (обзор литературы) //Гигиена и санитария. 2021. Т. 100. № 8. С. 845-850. DOI: <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-8-845-850>
10. Кляритская И.Л., Максимова Е.В., Жукова Н.В., Григоренко Е.И., Мошко Ю.А. Профессиональные заболевания медицинских работников //Крымский терапевтический журнал. 2019. № 3. С. 5-11.
11. Mossburg S., Agore A., Nkimbeng M., Comodore-Mensah Y. Occupational Hazards among Healthcare Workers in Africa: A Systematic Review. Ann.Glob.Health. 2019; 85(1): 78. DOI: 10.5334/aogh.2434.
12. Гарипова Р.В., Стрижаков Л.А., Умбетова К.Т., Сафина К.Р. Профессиональные заболевания медицинских работников от воздействия инфекционных агентов: современное состояние проблемы //Медицина труда и промышленная экология. 2021. Т. 61. № 1. С.13-17. DOI: <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2021-61-1-13-1713>.
13. Chico-Sánchez P., Gras-Valentí P., Mora-Muriel J.G., Algado-Sellés N., Sánchez-Payá J., Llorens P. Impact of the COVID-19 pandemic on health care workers in a tertiary care hospital emergency department. Emergencias. 2020; 32(4): 227-232.
14. El-Sadiq S.M., Fahal L.A., Abdelrahim Z.B., Ahmed E.S., Mohamed N.S., Siddiq E.E. Impact of COVID-19 on doctors and healthcare providers during the pandemic in Sudan. Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg. 2021; 115(6): 577-578. DOI: 10.1093/trstmh/trab016.
15. Гатиятуллина Л.Л. Состояние здоровья медицинских работников //Вестник современной клинической медицины. 2016. № 3. С.69-75.
16. Артемьева Н.Н. Комплексная характеристика состояния здоровья среднего медицинского персонала скорой медицинской помощи. Автореф. дис.... канд. мед. наук. М., 2011. 24 с.
17. Солонин Ю.Г., Бойко Е.Р. Медико-физиологические аспекты жизнедеятельности в Арктике //Арктика: экология и экономика. 2015. Т.17. № 1. С. 70-75.

18. Салтыкова М.М., Бобровницкий И.П., Яковлев М.Ю. Банченко А.Д., Нагорнев С.Н. Новый подход к анализу влияния погодных условий на организм человека // Гигиена и санитария. 2018. Т. 97. № 11. С. 1038-1042. DOI: 10.18821/0016-9900-2018-97-11-1038-42
19. Хаснулин В. И., Хаснулин П. В. Современные представления о механизмах формирования северного стресса у человека в высоких широтах // Экология человека. 2012. № 1. С.4-11.
20. Сюрин С.А., Ковшов А.А. Условия труда и риск профессиональной патологии на предприятиях Арктической зоны Российской Федерации // Экология человека. 2019. № 10. С. 15-23. DOI: 10.33396/1728-0869-2019-10-15-23.
21. Гарипова Р.В., Берхеева З.М. Анализ профессиональной заболеваемости медицинских работников Республики Татарстан // Медицина труда и экология человека. 2015. № 4. С. 107-115.
22. Бабанов С.А., Азовскова Т.А., Васюкова Г.Ф. Лотков В.С., Лаврентьева Н.Е., Будащ Д.С. и др. Профессиональная заболеваемость в Самарской области // Санитарный врач. 2018. № 5. С. 25-30.
23. Карамова Л.М., Валеева Э.Т., Власова Н.В., Хафизова А.С. О профессиональных заболеваниях медицинских работников в Республике Башкортостан // Гигиена и санитария. 2021. Т. 100. № 11. С. 1250-1255. DOI: 10.47470/0016-9900-2021-100-11-1250-1255.
24. Сюрин С.А. Условия труда и профессиональная заболеваемость медицинских работников Мурманской области // Санитарный врач. 2019. № 1. С.28-34.
25. Панков В.А., Кулешова М.В. Профессиональная заболеваемость и производственный травматизм в здравоохранении Иркутской области // Гигиена и санитария. 2021. Т. 100. № 8. С. 839-844. DOI: org/10.47470/0016-9900-2021-100-8-839-844
26. Березин И.И., Тупикова Д.С., Сучков В.В. Тенденция изменения профессиональных заболеваний у медицинских работников и их профилактика // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2014. Т. 16. № 5(2). С.769-772.
27. Профессиональные заболевания медицинских работников / В.В. Косарев, С.А. Бабанов. — Москва : ИНФРА-М, 2021. 174 с.
28. Ермолина Т.А., Мартынова Н.А., Калинин А.Г., Красильников С.В. Состояние здоровья медицинских работников. Обзор литературы // Вестник новых медицинских технологий. 2012. Т. XIX. № 3. С.197-201.

References:

1. World Health Organization (WHO). Occupational health: health workers. Available at: https://www.who.int/occupational_health/topics/hcworkers/en/
2. Korobkova O.K., Tretyakov M.M. Problems of staffing in the management of medical services. Vestnik TOGU. 2015; 4: 153-162. (In Russian)
3. Occupational hygiene of medical workers / E.P. Lemeshevskaya, G.V. Kurenkova, E.V. Zhukova. - Irkutsk: IGMU, 2018. 86 p. (In Russian)
4. Smagulov N.K., Hanturina G.R., Kozhevnikova N.G. Relevance of occupational health problem in medical workers. International Journal of Experimental Education. 2013; 11 (1): 52-56. (In Russian)
5. Ghosh T. Occupational Health and Hazards among Health Care Workers. International Journal of Occupational Health and Safety. 2013; 3(1): 1 – 4 DOI:10.3126/ijosh.v3i1.9096.
6. Che Huei L., Ya-Wen L., Chiu Ming Y., Li Chen H., Jong Yi. W., Ming Hung L. Occupational health and safety hazards faced by healthcare professionals in Taiwan: A systematic review of risk factors and control strategies. SAGE Open Med. 2020; 8: 2050312120918999. DOI: 10.1177/2050312120918999.
7. Kumar A., Panigrahi, A. Occupational health hazards among health care personnel working in public health facilities in Bhubaneswar, India. Journal of Public Health. 2019; 29: 633–639. DOI: 10.1007/s10389-019-01167-0.
8. Wada K. Work-related diseases among health care workers]. Nihon Rinsho. 2014; 72(2): 323-327. (In Japanese).
9. Petrukhin N.N. Prevalence of occupational morbidity among healthcare workers in the Russian Federation and abroad (literature review). Gigena i sanitariya. 2021; 100 (8): 845-850. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-8-845-850>. (In Russian)
10. Klyaritskaya I.L., Maksimova E.V., Zhukova N.V., Grigorenko E.I., Moshko Yu.A. Occupational diseases of medical workers. Krymskij terapevticheskij zhurnal. 2019; 3: 5-11. (In Russian)

11. Mossburg S., Agore A., Nkimbeng M., Commodore-Mensah Y. Occupational Hazards among Healthcare Workers in Africa: A Systematic Review. *Ann. Glob. Health.* 2019; 85(1): 78. DOI: 10.5334/aogh.2434.
12. Garipova R.V., Strizhakov L.A., Umbetova K.T., Safina K.R. Occupational diseases of medical workers from exposure to infectious agents: current state of the problem. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya.* 2021; 61 (1): 13-17. DOI: <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2021-61-1-13-17>. (In Russian).
13. Chico-Sánchez P., Gras-Valentí P., Mora-Muriel J.G., Algado-Sellés N., Sánchez-Payá J., Llorens P. Impact of the COVID-19 pandemic on health care workers in a tertiary care hospital emergency department. *Emergencias.* 2020; 32(4): 227-232.
14. El-Sadiq S.M., Fahal L.A., Abdelrahim Z.B., Ahmed E.S., Mohamed N.S., Siddiq E.E. Impact of COVID-19 on doctors and healthcare providers during the pandemic in Sudan. *Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.* 2021; 115(6): 577-578. DOI: 10.1093/trstmh/trab016.
15. Gatiyatullina L.L. Health status of medical workers. *Vestnik sovremennoj klinicheskoy mediciny.* 2016; 3: 69-75. (In Russian)
16. Artemieva N.N. Comprehensive characteristics of the health status of paramedics in emergency medical care. Abstract of thesis. dis.... cand. med. sciences. M., 2011. 24 p. (In Russian)
17. Solonin Yu.G., Boyko E.R. Medical and physiological aspects of vital activity in the Arctic. *Arktika: ekologiya i ekonomika.* 2015; 1 (17): 70-75. (In Russian).
18. Saltykova M.M., Bobrovnitsky I.P., Yakovlev M.Yu., Banchenko A.D., Nagornev S.N. A new approach to the analysis of the influence of weather conditions on the human body. *Gigiena i sanitariya.* 2018; 97(11): 1038-1042. DOI: 10.18821/0016-9900-2018-97-11-1038-42. (In Russian)
19. Khasnulin V.I., Khasnulin P.V. Modern concepts of the mechanisms of northern stress formation in humans at high latitudes. *Ekologiya cheloveka.* 2012; 1: 4-11. (In Russian).
20. Syurin S.A., Kovshov A.A. Working conditions and the risk of occupational pathology at the enterprises of the Arctic zone of the Russian Federation. *Ekologiya cheloveka.* 2019; 10:15-23. DOI: 10.33396/1728-0869-2019-10-15-23. (In Russian)
21. Garipova R.V., Berkheeva Z.M. Analysis of occupational morbidity of medical workers in the Republic of Tatarstan. *Medicina truda i ekologiya cheloveka.* 2015; 4: 107-115. (In Russian)
22. Babanov S.A., Azovskova T.A., Vasyukova G.F., Lotkov V.S., Lavrentieva N.E., Budash D.S. et al. Occupational morbidity in the Samara region. *Sanitarnyy vrach.* 2018; 5: 25-30. (In Russian)
23. Karamova L.M., Valeeva E.T., Vlasova N.V., Khafizova A.S. On occupational diseases of medical workers in the Republic of Bashkortostan // *Gigiena i sanitariya.* 2021; 100 (11): 1250-1255. DOI: 10.47470/0016-9900-2021-100-11-1250-1255. (In Russian)
24. Syurin S.A. Working conditions and occupational morbidity of medical workers in the Murmansk region // *Sanitarnyy vrach.* 2019; 1: 28-34. (In Russian)
25. Pankov V.A., Kuleshova M.V. Occupational morbidity and injuries in Health care of the Irkutsk region. *Gigiena i sanitariya.* 2021; 100(8): 839-844. DOI: <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-8-839-844> (In Russian)
26. Berezin I.I., Tupikova D.S., Suchkov V.V. The tendency of changes in occupational diseases in medical workers and their prevention. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk.* 2014; 16 (5 (2)): 769-772. (In Russian)
27. Occupational diseases of medical workers / V.V. Kosarev, S.A. Babanov. Moscow: INFRA-M, 2021. 174 p. (In Russian)
28. Ermolina T.A., Martynova N.A., Kalinin A.G., Krasilnikov S.V. The health status of medical workers. Literature review. *Vestnik novyh medicinskih tekhnologij.* 2012; XIX (3): 197-201. (In Russian)

«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.