

К.О. Пашинская, А.В. Самодова, Л.К. Добродеева

ВЗАИМОСВЯЗЬ СОДЕРЖАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ БЕЛКОВ КРОВИ С СОСТОЯНИЕМ ИММУННОЙ СИСТЕМЫ У ПРАКТИЧЕСКИ ЗДОРОВЫХ ЖИТЕЛЕЙ АРХИПЕЛАГА ШПИЦБЕРГЕН В ПЕРИОД ПОЛЯРНОГО ДНЯ

DOI 10.25789/YMJ.2023.84.25

УДК 612.114: [612.017.1+612.017.2]

Представлены данные по содержанию транспортных белков системы крови во взаимосвязи с состоянием иммунной системы у лиц, проживающих в экстремально-неблагоприятных условиях архипелага Шпицберген. Установлено, что у жителей архипелага Шпицберген при недостаточности оксигенации тканей происходит активизация миграции клеток в ткани. Снижение уровня лимфоцитов в циркуляции обуславливает нарушение регуляции иммунных реакций с накоплением внеклеточных форм рецепторов, циркулирующих иммунных комплексов. В условиях гипоксии у лиц, проживающих на архипелаге Шпицберген, повышается потребность в транспортных компонентах системы крови: гаптоглобина, трансферрина и IgM.

Ключевые слова: нейтропения, лимфопения, свободные формы клеточных рецепторов, иммунные комплексы, гаптоглобин, трансферрин, иммуноглобулины, арх. Шпицберген.

The article presents data on the content of transport proteins of the blood system in relation to the state of the immune system in people living in extremely unfavorable conditions of the Svalbard archipelago. It has been established that the inhabitants of the Svalbard archipelago have an activation of cell migration into tissues in case of insufficient oxygenation of tissues. A decrease in the level of lymphocytes in the circulation causes a violation of the regulation of immune reactions with the accumulation in the blood of extracellular forms of receptors, circulating immune complexes. People living in the Svalbard archipelago have an increased need for transport components of the blood system: haptoglobin, transferrin and IgM.

Keywords: neutropenia, lymphopenia, free forms of cell receptors, immune complexes, haptoglobin, transferrin, immunoglobulins, the Svalbard archipelago.

Введение. Физиологические, биохимические и иммунологические реакции организма, как правило, протекают на фоне количественных изменений содержания транспортных компонентов системы крови, в том числе альбуминов, липопротеидов, гаптоглобина, трансферрина, α_2 -макроглобулина и иммуноглобулинов. Влияние комплекса неблагоприятных факторов Севера и Арктики проявляется в изменении внутренней среды организма человека, включая изменение содержания транспортных белков и параметров системы крови. Северная тканевая гипоксия, низкая температура воздуха, дефицит освещенности, напряжение иономанитного возмущения оказывают неоднозначное влияние

на адаптационные перестройки и могут приводить к истощению резервных возможностей организма [2-4]. Изменение содержания компонентов транспортных систем крови связано с функциональным состоянием организма и направлено на поддержание гомеостаза с участием в регуляции состояния иммунной системы.

Проведение исследований на архипелаге Шпицберген затруднено и немногочисленно, что обуславливает недостаточность данных о рисках здоровью человека.

Цель работы – установить состояние транспортных компонентов системы крови и иммунной системы у людей, проживающих и работающих в экстремально-неблагоприятных условиях архипелага Шпицберген.

Материал и методы. Обследовали 75 жителей пос. Баренцбург архипелага Шпицберген, 46 женщин и 29 мужчин, и 79 жителей Архангельской области, практически здоровых на момент обследования, из них 58 женщин и 21 мужчина в трудоспособном возрасте с 20 до 60 лет в период полярного дня (июль-август 2017 г.). Все исследования проведены при условии подписания волонтерами информированного согласия и в соответствии

с требованиями Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации (2013 г.). Работа одобрена и утверждена комиссией по биомедицинской этике при Федеральном исследовательском центре комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаверова Уральского отделения Российской академии наук (протокол № 5 от 11.02.2022).

Комплекс иммунологического обследования включал изучение количества и соотношения клеток гемограммы, фагоцитарной активности нейтрофилов в мазках, окрашенных по методу Романовского-Гимза, выделение мононуклеаров из периферической крови по методу А. Воупн [12]. Содержание зрелых Т-лимфоцитов (CD3+), Т-хелперов (CD4+), цитотоксических Т-лимфоцитов (CD8+), предшественников В-лимфоцитов (CD10+), В-лимфоцитов (CD19+), Т-лимфоцитов с рецептором к трансферрину (CD71+), Т-лимфоцитов с рецептором к Fc-фрагменту иммуноглобулинов (CD23+), лимфоцитов, подготовленных к апоптозу с рецептором Fas-R (CD95+) изучали методом непрямой иммунопероксидазной реакции с использованием моноклональных антител («МедБиоСпектр»,

Институт физиологии природных адаптаций ФГБУН ФИЦ комплексного изучения Арктики им. акад. Н.П. Лаверова УрО РАН, Архангельск: **ПАШИНСКАЯ Ксения Олеговна** – м.н.с., nefksu@mail.ru, ORCID: 0000-0001-6774-4598, **САМОДОВА Анна Васильевна** – к.б.н., в.н.с., зав. лаб., annapoletaeva2008@yandex.ru, ORCID: 0000-0001-9835-8083, **ДОБРОДЕЕВА Лилия Константиновна** – д.м.н., проф., гл.н.с., директор, dobrodeevalk@mail.ru, ORCID: 0000-0001-5080-6502.

«Сорбент», г. Москва) у жителей архипелага Шпицберген в связи с проведением исследований в сложных экспедиционных и климатогеографических условиях и методом проточной цитометрии с помощью аппарата Epics XL фирмы Beckman Coulter (США) реактивами «Immunotech a Beckman Coulter Company» (Франция) у жителей Европейского Севера РФ. Независимо от метода фенотипирования лимфоцитов полученные результаты фактически полностью соответствовали (при сравнении двух методов фенотипирования лимфоцитов у жителей Европейского Севера).

В сыворотке крови методом иммуноферментного анализа на автоматическом иммуноферментном анализаторе «Evolis» (Bio-RAD) с использованием диагностических наборов определяли содержание гаптоглобина, трансферрина, иммуноглобулинов (IgM, IgG, IgA, IgE), цитокинов (IL-1 β , TNF- α , IL-6, IL-10), свободных форм рецепторов к трансферрину (sCD71), молекулы межклеточной адгезии L-селектина (sCD62L) и рецепторов, участвующих в апоптозе (sApo-1/Fas), Fas-лиганда (sFasL). Сыворотку получали путем центрифугирования венозной крови в течение 20 мин при 1500 об./мин. в пластиковых пробирках с активатором свертывания после отстаивания в вертикальном положении и хранили при температуре -70°C в пробирках Эппендорфа до проведения анализа. Концентрацию циркулирующих иммунных комплексов (ЦИК) в сыворотке крови определяли в реакции преципитации с использованием ПЭГ-6000 (3,5%, 4,0% и 7,5%).

Математический и статистический анализ результатов исследования проведен с использованием пакета прикладных программ «Microsoft Excel MX» и «SPSS Statistics 21.0».

Результаты и обсуждение. У жителей архипелага Шпицберген по сравнению с жителями Европейского Севера установлена более высокая частота регистрации повышенных концентраций гемоглобина (29,8 против 7,6%), эритроцитоза (57,6 против 31,6%), тромбоцитоза (23,7 против 5,1%), что свидетельствует о наличии риска формирования гипоксического состояния в результате ускоренного эритропоэза при сочетании с увеличением содержания фетального гемоглобина в условиях Севера и Арктики [5].

Для обследованных жителей, проживающих в экстремально-дискомфортных условиях архипелага Шпицберген, характерна высокая частота

регистрации лейкопении (21,3 против 8,9%), нейтропении (32,4 против 10,1%), лимфопении (18,7 против 16,4 %), моноцитопении (29,3 против 1,27%), $p < 0,01-0,001$ (рис. 1), что свидетельствует об усилении миграции клеток крови в ткани при развитии тканевой гипоксии.

Увеличение миграции лимфоцитов в ткани подтверждается более высокой частотой регистрации дефицита зрелых Т-лимфоцитов (CD3+), Т-хелперов (CD4+), лимфоцитов с рецептором к трансферрину (CD71+) и лимфоцитов с рецептором к апоптозу (CD95+) в 92,1; 45,3; 88,1; 89,3%. На фоне недостаточности содержания зрелых Т-клеток у жителей архипелага Шпицберген установлены повышенные уровни содержания цитотоксических лимфоцитов (CD8+), лимфоцитов, способных к пролиферации (CD10+), В-лимфоцитов (CD19+) в 10,7; 13,4; 16,0% соответственно (рис. 2).

У лиц, проживающих в экстремально неблагоприятных условиях Арктики, регистрируется высокая частота повышенных концентраций ЦИК в 56-100%. Высокий уровень ЦИК ассоци-

ируется с недостаточностью системы комплемента, фагоцитарной защиты [3]. Однако для обследуемых лиц, проживающих на архипелаге Шпицберген, в 30,9% характерен повышенный уровень фагоцитарной активности нейтрофилов – $91,0 \pm 1,38\%$ с интенсивностью фагоцитоза $17,9 \pm 1,75$ шт., дефицит активных фагоцитов установлен в 13,3%.

Известно, что активизация фагоцитоза происходит в период полярного дня. В период полярного дня у жителей архипелага Шпицберген фагоцитарная активность выше по сравнению с жителями Европейского Севера ($69,25 \pm 1,19$ против $46,05 \pm 0,69\%$, $p < 0,001$), что подтверждает данные о возрастании уровня фагоцитарной активности по мере увеличения жесткости климатогеографических условий территории [2]. Неблагоприятные экологические факторы в ранние сроки повышают активность фагоцитов, но в дальнейшем истощение резервных возможностей может проявиться снижением активности фагоцитоза и его интенсивности [1].

В экстремально неблагоприятных

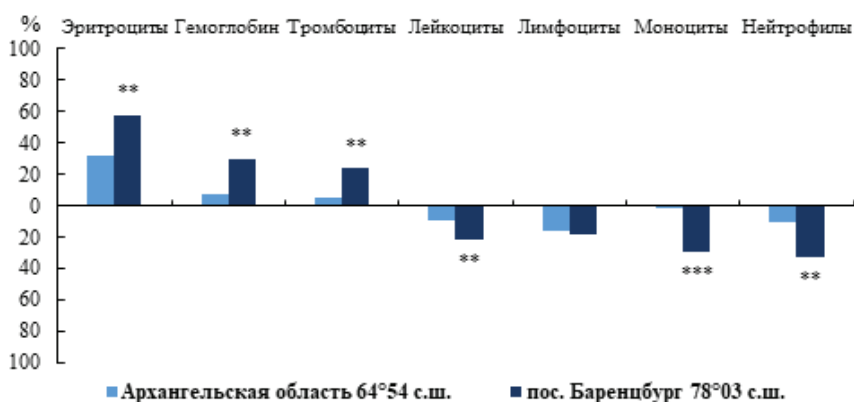


Рис. 1. Частота регистрации повышенных и пониженных уровней параметров системы крови у лиц, проживающих на арх. Шпицберген. На рис. 1 и 2 статистическая значимость различий по сравнению с жителями Европейского Севера ** - $p < 0,01$; *** - $p < 0,001$

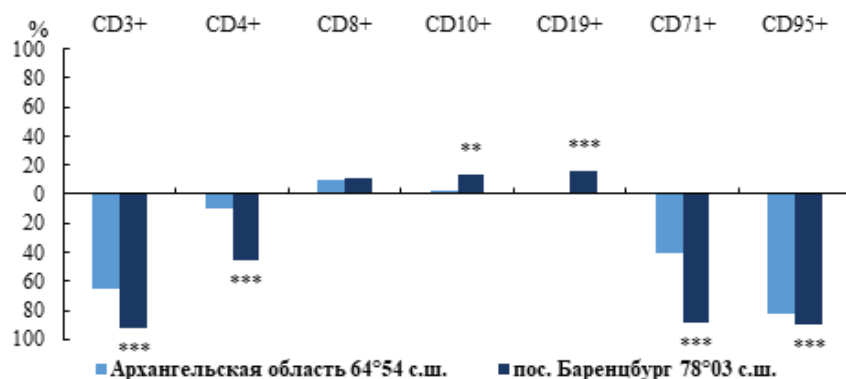


Рис. 2. Частота регистрации повышенных и пониженных уровней лимфоцитов основных фенотипов у жителей арх. Шпицберген

условиях Арктики выше частота регистрации внеклеточного пула рецепторов к трансферрину sCD71 (70,6 против 40,5%), молекуле межклеточной адгезии sCD62L (53,3 против 27,8 %), свободного пула рецепторов, участвующих в процессе апоптоза иммунокомпетентных клеток sAPO-1/Fas (28,1 против 16,5%) и sFasL (13,6 против 7,6%) $p < 0,05-0,001$. Накопление внеклеточного пула рецепторов свидетельствует о шеддинге рецепторов при отсутствии необходимости или возможности клеток реагировать на биологически активное вещество или сигнал [3].

У обследованных жителей архипелага Шпицберген уровни содержания провоспалительных цитокинов IL-1 β (11,86 $\pm$ 3,22 пг/мл), IL-6 (5,40 $\pm$ 0,29 пг/мл), TNF- α (14,05 $\pm$ 0,70 пг/мл) находятся в пределах физиологических границ, повышенных уровней не выявлено.

Таким образом, состояние иммунной системы у лиц, проживающих в экстремально-неблагоприятных условиях Арктики, характеризуется активизацией миграционных процессов в условиях тканевой гипоксии и высоким уровнем содержания ЦИК, свободных форм рецепторов.

У жителей архипелага Шпицберген по сравнению с жителями Европейского Севера установлены более высокий уровень содержания и частота регистрации повышенных концентраций гаптоглобина, трансферрина и IgM (рис. 3).

Средний уровень содержания гаптоглобина в крови выше у жителей архипелага Шпицберген по сравнению с жителями Европейского Севера (1865,12 $\pm$ 22,18 против 1194,86 $\pm$ 32,25 мг/л; $p < 0,001$) с частотой повышенных концентраций в 17,3% против 1,26% соответственно (рис. 3). Увеличение содержания гаптоглобина объясняется потребностью связывания гемоглобина, высвобождающего при лизисе эритроцитов в циркуляции при снижении их энергообеспеченности или нарушении целостности мембраны [6,10]. При гипоксической нагрузке на организм повышенный распад эритроцитов компенсируется интенсивным кроветворением [5, 6].

У жителей архипелага Шпицберген выше средний уровень содержания трансферрина (496,05 $\pm$ 57,02 против 295,60 $\pm$ 3,65 мг/дл; $p < 0,01$) и частота повышенных его концентраций (43,6% против 31,8% соответственно) (рис. 3). Увеличение содержания трансферрина в крови ассоциировано с повы-

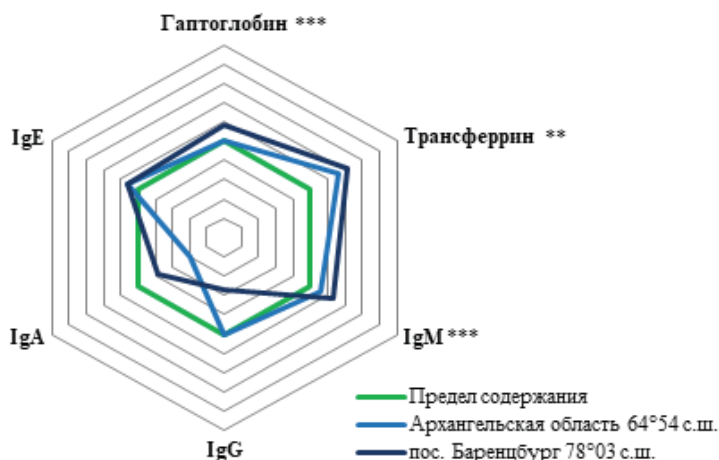


Рис. 3. Матрица изменения содержания транспортных компонентов системы крови у жителей арх. Шпицберген: ** - $p < 0,01$; *** - $p < 0,001$ – статистическая значимость различий при сравнении показателей с практически здоровыми жителями Европейского Севера РФ

шением концентрации сывороточного рецептора к трансферрину sCD71 (с 3770 $\pm$ 134 до 6960 $\pm$ 199 нг/мл; $p < 0,05$), что свидетельствует об увеличении транспорта необходимого количества железа для поддержания эритропоэза в условиях высоких широт. Выраженная активизация перераспределения железа с увеличением сывороточного рецептора к трансферрину свидетельствует о сокращении резервных возможностей активизации иммунной системы в условиях тканевой гипоксии.

При увеличении содержания трансферрина у жителей архипелага Шпицберген установлено снижение общего уровня содержания лимфоцитов преимущественно за счет зрелых Т-лимфоцитов CD3+, Т-хелперов CD4+, В-лимфоцитов CD19+, лимфоцитов с рецептором к трансферрину CD71+ и лимфоцитов, меченных к апоптозу CD95+ (табл. 1). В 90,9% у

обследованных жителей архипелага Шпицберген увеличение концентрации трансферрина ассоциировано со снижением содержания лимфоцитов с мембранным рецептором к трансферрину (CD71+), что отражает процессы саморегуляции по типу обратной связи на уровне изменения рецепторной чувствительности клеток или шеддинга в межклеточную среду.

Фотопериодичность и напряженность иономагнитной обстановки являются специфическими факторами высоких широт, воздействуя на иммунную систему. Архипелаг Шпицберген находится в области Земли с максимальной напряженностью геомагнитного поля [7]. Показано, что под влиянием магнитных возмущений происходит ингибция функциональной активности клеточных рецепторов за счет изменения расстояния между лигандами и рецепторами со снижением

Таблица 1

Содержание фенотипов лимфоцитов в крови при увеличении концентраций трансферрина у жителей арх. Шпицберген

Показатель	Содержание трансферрина в норме	Повышенные концентрации трансферрина	Референсные пределы содержания
Уровень трансферрина, мг/дл	222,0 $\pm$ 4,72	558 $\pm$ 8,96***	170–340
Содержание лимфоцитов, 10 ⁹ кл/л	2,37 $\pm$ 0,25	1,88 $\pm$ 0,18**	1,5–4,0
CD3+, 10 ⁹ кл/л	0,79 $\pm$ 0,14	0,56 $\pm$ 0,08*	1,0–2,0
CD10+, 10 ⁹ кл/л	0,46 $\pm$ 0,05	0,41 $\pm$ 0,04	0,05–0,6
CD4+, 10 ⁹ кл/л	0,66 $\pm$ 0,06	0,42 $\pm$ 0,07*	0,4–0,8
CD8+, 10 ⁹ кл/л	0,43 $\pm$ 0,09	0,33 $\pm$ 0,04	0,2–0,6
CD19+, 10 ⁹ кл/л	0,72 $\pm$ 0,07	0,32 $\pm$ 0,04**	0,1–0,7
CD71+, 10 ⁹ кл/л	0,47 $\pm$ 0,11	0,28 $\pm$ 0,05*	0,5–1,0
CD95+, 10 ⁹ кл/л	0,43 $\pm$ 0,07	0,28 $\pm$ 0,03*	0,5–1,12

Примечание. * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$ – статистическая значимость различий содержания фенотипов лимфоцитов при повышенных концентрациях трансферрина; *** $p < 0,001$ – статистическая значимость различий в уровне содержания трансферрина.

Таблица 2

Содержание фенотипов лимфоцитов в крови при увеличении концентраций IgM у жителей арх. Шпицберген

Показатель	Содержание IgM в норме	Повышенные концентрации IgM	Референсные пределы содержания
Содержание IgM, г/л	1,52±0,06	2,84±0,12***	0,70–1,9
Содержание лимфоцитов, 10 ⁹ кл/л	2,09±0,07	2,31±0,09*	1,5–4,0
CD3+, 10 ⁹ кл/л	0,58±0,03	0,74±0,07*	1,0–2,0
CD10+, 10 ⁹ кл/л	0,41±0,02	0,49±0,06	0,05–0,6
CD4+, 10 ⁹ кл/л	0,44±0,02	0,54±0,06	0,4–0,8
CD8+, 10 ⁹ кл/л	0,34±0,02	0,48±0,04*	0,2–0,6
CD19+, 10 ⁹ кл/л	0,39±0,03	0,54±0,05*	0,1–0,7
CD71+, 10 ⁹ кл/л	0,27±0,02	0,41±0,04**	0,5–1,0
CD95+, 10 ⁹ кл/л	0,32±0,02	0,37±0,04	0,5–1,12

Примечание. *p < 0,05, **p < 0,01 – статистическая значимость различий содержания фенотипов лимфоцитов при повышенных концентрациях IgM; ***p < 0,001 – статистическая значимость различий в содержании IgM.

в крови Т-лимфоцитов с рецепторами CD3+, CD5+, CD71+, CD95+. Установлено, что в магнитовозмущенные дни резко увеличивается содержание ЦИК с отсутствием изменений со стороны сывороточных иммуноглобулинов [2,8].

У жителей архипелага Шпицберген концентрации IgM (1,74±0,09 г/л), IgG (7,56±0,34 г/л), IgA (1,98±0,08 г/л) и IgE (63,60±10,47 МЕ/мл) находятся в физиологических пределах содержания со смещением содержания IgM к верхней границе нормы и IgA, IgG к нижним пределам содержания. Повышенные концентрации IgM и IgE установлены в 26,7 и 12,0% соответственно. Дефицит содержания IgA, IgG регистрируется в 22,7 и 46,7% (рис. 3). Увеличение содержания IgM на фоне дефицита IgG свидетельствует об ингибции переключения синтеза Ig класса М на G. Ухудшение выработки высокоафинных IgG происходит при перепрограммировании В-лимфоцитов на гликолитический метаболизм в условиях гипоксии [9,13].

Снижение содержания сывороточного IgA является негативным сдвигом при воздействии климатогеографических факторов у жителей Севера и Арктики (рис. 3). С низким уровнем IgA коррелируют недостаточная плотность кислорода в атмосфере, повышенная влажность воздуха [2].

У жителей архипелага Шпицберген повышение концентраций IgM ассоциировано с увеличением уровня лимфоцитов преимущественно за счет повышения содержания зрелых Т-лимфоцитов CD3+, цитотоксических лимфоцитов CD8+, В-лимфоцитов CD19+ и лимфоцитов с рецептором к трансферрину CD71+ (табл. 2).

Повышенные концентрации иммуноглобулинов могут приводить к повреждающему действию за счет активации синтеза цитокинов и антителозависимой цитотоксичности лимфоцитов с повышением продуктов повреждения тканей и клеток. Увеличение концентраций IgM, сопряженное с увеличением уровня ЦИК на фоне дисбаланса сывороточных иммуноглобулинов у жителей архипелага Шпицберген, отражает риск срыва адаптационных перестроек. Повышенные концентрации ЦИК в крови обусловлены нарушением эффективности их клиренса, что приводит к их отложению на мембранах, стенках сосудов с нарушением микроциркуляции [2,3].

Заключение. В экстремально-неблагоприятных условиях Арктики у жителей архипелага Шпицберген про-

исходит активизация миграции клеток в ткани, обусловленная тканевой гипоксией. Снижение содержания циркулирующих нейтрофилов и моноцитов компенсируется увеличением активности и интенсивности фагоцитоза. Снижение уровня лимфоцитов преимущественно зрелых Т-лимфоцитов, Т-хелперов, лимфоцитов с рецептором к трансферрину и лимфоцитов с рецептором к апоптозу обуславливает риск развития иммунодефицитного состояния.

У жителей архипелага Шпицберген увеличивается потребность в транспортных белках системы крови. Увеличение содержания гаптоглобина объясняется недостаточностью оксигенации тканей с увеличением лизиса эритроцитов. Повышение содержания трансферрина, ассоциированное с повышением концентрации сывороточного рецептора к трансферрину sCD71, свидетельствует об увеличении транспорта необходимого количества железа для поддержания эритропоэза в условиях высоких широт.

Увеличение содержания IgM отображает в определенной степени активизацию аутоантителообразования. IgM относятся к аутоантителам, выполняя регуляторные функции по сохранению гомеостаза, однако по типу обратной связи тормозится антителообразование на другие антигены [11]. Активность синтеза аутоантител зависит от уровня содержания аутоантигенов [3]. Увеличение аутоантигенов у жителей архипелага Шпицберген может быть обусловлено нарушением проницаемости мембран при повреждающем действии повышенных концентраций ЦИК [8]. Увеличение

концентраций IgM, сопряженное с увеличением уровня ЦИК, у жителей архипелага Шпицберген отображает риск срыва адаптационных перестроек.

У жителей архипелага Шпицберген увеличение внеклеточных форм рецепторов лимфоцитов в крови свидетельствует о шеддинге рецепторов при отсутствии возможности реагировать на сигнал, в том числе в результате изменения расстояния между лигандами и рецепторами с нарушением их взаимодействия. Увеличение внеклеточного пула рецепторов на фоне дефицита активных фагоцитов свидетельствует о риске недостаточности утилизации продуктов адаптационных реакций.

Фрагмент работы по изучению особенностей иммунного статуса у жителей архипелага Шпицберген поддержан грантом РНФ № 22-25-20135 «Выявление иммунологических критериев риска сосудистых катастроф у лиц, работающих в Арктике» (руковод. д.м.н., проф. Л.К. Добродеева).

Литература

1. Беседин А.В., Калущий В.П. Особенности функциональной активности фагоцитов при воздействии магнитных полей различного происхождения // Вестник Уральской медицинской академической науки. Тематический выпуск по аллергологии и иммунологии. 2009. № 2/1. С. 20-21.
2. Besedin A.V., Kalutsky V.P. Features of the functional activity of phagocytes when exposed to magnetic fields of various origin // Bulletin of the Ural academic science. Thematic issue on allergology and immunology. 2009. No. 2/1. P. 20-21.
3. Добродеева Л.К. Иммунологическое районирование. Сыктывкар: Коми научный центр Уральского отделения Российской академии наук, 2001. 112 с.

Dobrodeeva L.K. Immunological zoning. Syktyvkar: Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 2001. 112 p.

3. Добродеева Л.К., Самодова А.В., Корякина О.Е. Взаимосвязи в системе иммунитета. Екатеринбург: РИО УрО РАН, 2014. 198 с.

Dobrodeeva L.K., Samodova A.V., Koryakina O.E. Relationships in the immune system. Yekaterinburg: RIO UrB RAS, 2014. 198 p.

4. Добродеева Л.К., Патракеева В.П. Влияние миграционных и пролиферативных процессов лимфоцитов на состояние иммунного фона человека, проживающего в условиях высоких широт. Екатеринбург: УрО РАН, 2018. 200 с.

Dobrodeeva L.K., Patrakeeva V.P. Influence of migratory and proliferative processes of lymphocytes on the state of the immune background of a person living in high latitudes. Yekaterinburg: UrB RAS, 2018. 200 p.

5. Ким Л.Б. Гипоксия на Крайнем Севере – миф или реальность // Проблемы сохранения здоровья и обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Арктике: материалы II научно-практической конференции. СПб., 2019. С.67-71.

Kim L.B. Hypoxia in the Far North is a myth or reality // Problems of preserving health and ensuring sanitary and epidemiological well-being of the population in the Arctic: materials of the II scientific and practical conference. Saint Petersburg, 2019. P.67-71.

6. Марачев А.Г. Морфофункциональные основы адаптации и патологии легких, сердца и красной крови человека в условиях Крайнего Севера: автореф. дис.... д-ра мед. наук. М., 1980. 60 с.

Marachev A.G. Morphological and functional bases of adaptation and pathology of the lungs, heart and red blood of a person in the conditions of the Far North: abstract of the dissertation of a doctor of medical sciences. Moscow, 1980. 60 p.

7. Медико-биологические исследования на Шпицбергене как действенный подход для изучения биоэффективности космической погоды / Н.К. Белишева [и др.] // Вестник Кольского научного центра РАН. 2010. С. 26-33.

Medico-biological research on Svalbard as an effective approach for studying the bioefficiency of space weather / N.K. Belisheva [and et.al.] // Bulletin of the Kola Science Center RAS. 2010. P. 26-33.

8. Типисова Е.В. Соотношение содержания кортизола и иммуноглобулинов в периферической крови человека в экстремальных климатических условиях: автореф. ... дис. к.б.н. Архангельск, 1999. 125 с.

Tipisova E.V. The ratio of the content of cortisol and immunoglobulins in human peripheral blood in extreme climatic conditions: dissertation

abstract for the degree of candidate of biological sciences. Arkhangelsk, 1999. 125 p.

9. Титова О.Н., Кузубова Н.А., Лебедева Е.С. Роль гипоксического сигнального пути в адаптации клеток к гипоксии // РМЖ. Медицинское обозрение. 2020. Т. 4, № 4. С. 207-213.

Titova O.N., Kuzubova N.A., Lebedeva E.S. The role of the hypoxia signaling pathway in cellular adaptation to hypoxia // Russian medical inquiry. 2020. Vol. 4, No. 4. P. 207-213.

10. Хаснулин В.И., Хаснулин П.В. Современные представления о механизмах формирования северного стресса у человека в высоких широтах // Экология человека. 2012. № 1. С. 3-11.

Khasnulin V.I., Khasnulin P.V. Modern ideas about the mechanisms of formation of northern stress in humans at high latitudes // Human Ecology. 2012. No. 1. P. 3-11.

11. Щеголева Л.С. Резервные возможности иммунного гомеостаза у человека на Севере. Екатеринбург: УрО РАН, 2007. 206 с.

Shchegoleva L.S. Reserve capabilities of immune homeostasis in humans in the North. Yekaterinburg: UrB RAS, 2007. 206 p.

12. Boyum A. Separation of leukocytes from blood and bone marrow // Scandinavian journal of clinical and laboratory investigation. 1968. Vol. 21. P. 97.

13. Krzywinska E., Stockman C. Hypoxia, metabolism and immune cell function // Biomedicine. 2018. Vol. 6. No. 2. P. 56-76.

Т.Е. Бурцева, С.С. Слепцова, Н.М. Гоголев, О.А. Вихрева, Л.Н. Афанасьева, А.М. Никитина

ДИНАМИКА ОСНОВНЫХ МЕДИКО-ДЕМОГРАФИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОХРАНЫ ЗДОРОВЬЯ МАТЕРИ И РЕБЕНКА В АРКТИЧЕСКИХ РАЙОНАХ РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ)

DOI 10.25789/YMJ.2023.84.26

УДК 616-053.2(571.56)

В статье представлен анализ основных медико-демографических показателей охраны здоровья матери и ребенка в 13 арктических районах Республики Саха (Якутия). Показано, что в исследуемый период отмечаются снижение численности населения и при этом высокие показатели рождаемости, высокие показатели общей смертности, существенное снижение показателя младенческой смертности, высокие показатели заболеваемости детей.

Ключевые слова: демография, рождаемость, смертность, заболеваемость, Арктика, Якутия.

БУРЦЕВА Татьяна Егоровна – д.м.н., доцент, проф. Медицинского института Северо-Восточного федеральн. ун-та им. М.К. Аммосова; зав. лаб. ЯНЦ КМП, bourtsevat@yandex.ru;

Мединститут СВФУ им. М.К. Аммосова: **СЛЕПЦОВА Снежана Спиридоновна** – д.м.н., доцент, зав. кафедрой, **ГОГОЛЕВ Николай Михайлович** – к.м.н., доцент, директор, **АФАНАСЬЕВА Лена Николаевна** – к.м.н., доцент; министр здравоохранения РС (Я), **НИКИТИНА Алена Михайловна** – аспирант; гл. врач Республиканского центра общественного здоровья и медицинской профилактики РС(Я); **ВИХРЕВА Ольга Анатольевна** – к.ф.-м.н., доцент Института математики и информатики СВФУ.

The article presents an analysis of the main medical and demographic indicators of maternal and child health in 13 Arctic regions of the Republic of Sakha (Yakutia). It is shown that during the study period there is a decrease in the population, and despite this, high birth rates, high overall mortality rates, a significant decrease in infant mortality, high rates of child morbidity.

Keywords: demography, fertility, mortality, morbidity, Arctic, Yakutia.

Введение. Промышленное освоение арктических территорий России является одним из приоритетов развития государства. В сложившихся геополитических условиях это приобретает особую значимость [3, 4]. В связи с этим развитие такого важного направления медицины, как арктическая медицина, требует консолидации и сотрудничества [1, 6]. Определить

исходную ситуацию здравоохранения арктических территорий возможно при анализе основных медико-демографических показателей – индикаторов общественного здоровья [2, 5, 6]. Состояние здоровья детей и подростков в Арктике всегда имело приоритетное значение. За последние годы приняты и реализованы масштабные федеральные программы по охране здоро-