

© С.А. ПЕТРОВ, Н.Л. МАМАЕВА

Тюменский научный центр СО РАН
tumiki@mail.ru, Mamaeva.natali2011@mail.ru

УДК 571.27: 57.045

**ИММУННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТУНДРОВЫХ НЕНЦЕВ
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КЛИМАТОГЕОГРАФИЧЕСКИХ
УСЛОВИЙ ПРОЖИВАНИЯ**

**IMMUNE CHARACTERISTICS OF TUNDRA NENETS DEPENDING
ON CLIMATIC AND GEOGRAPHICAL LIVING CONDITIONS**

АННОТАЦИЯ. Рассмотрены иммунные характеристики тундровых ненцев и показана их взаимосвязь с климатогеографическими условиями проживания в Северной зоне Харасавей-Новоуренгойской подзоне Устьпуровско-Газовской области и в Центральной зоне Игарко-Нумтинской подзоне Пуровской области. У тундровых ненцев Устьпуровско-Газовской области выявлено снижение абсолютного содержания лейкоцитов и относительного содержания нейтрофилов, это компенсируется повышением относительного содержания моноцитов и лимфоцитов, активацией в 4,5 раза гуморального звена иммунной системы. Климатогеографические условия Устьпуровско-Газовской области по сравнению с Пуровской областью характеризуются увеличением большей толщины многолетнемерзлых пород, среднегодовой скоростью ветра, годовой относительной влажностью воздуха и снижением среднегодовой температуры воздуха, среднегодового количества осадков, средней высоты снежного покрова. Установлены достоверные корреляционные взаимосвязи между климатическими условиями проживания (температурой воздуха, количеством осадков, скоростью ветра, относительной влажностью воздуха, высотой снежного покрова) и иммунными характеристиками тундровых ненцев (лейкоцитами, лимфоцитами, нейтрофилами, моноцитами, базофилами, CD3+клетками, CD95+нейтрофилами, иммуноглобулинами А и М).

SUMMARY. The article dwells on immune characteristics of tundra Nenets and their connection with climatic and geographical living conditions in the North zone of the Harasavey-Novourengey subzone of the Ustpur-Tazov region and in the Central zone of the Igarko-Numtinsk subzone of the Pur region. Reduction of the absolute count of leukocytes and neutrophils has been registered among the tundra Nenets in the Ustpur-Tazov region, which is compensated by an increase in the relative count of monocytes and lymphocytes and a 4.5-fold activation of the humoral immune system. The climatic and geographic conditions of the Ustpur-Tazov region, in comparison with the Pur region, are characterized by an increase in the thickness of permafrost, average annual wind speed, and relative humidity; and a decrease in the mean annual

air temperature, precipitation, and snow depth. A reliable correlation between the climatic conditions of residence (air temperature, amount of precipitation, wind velocity, relative humidity and snow depth) and the immune characteristics of the tundra Nenets (leukocytes, lymphocytes, neutrophils, monocytes, basophils, CD3+, CD95+ neutrophils, immunoglobulins A and M) has been shown.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА. *Иммунная система, геомедицина, холод, климат.*
KEY WORDS. *Immune system, geomedicine, cold, climate.*

Площадь северных районов превышает 40 млн. км², в том числе почти 35 млн. км² находятся в пределах 60-90° с. ш. При этом северные районы в пределах России занимают площадь около 11 млн. км² — это 64 % территории страны с проживающими коренными народами Севера, сохранившими современную аборигенную форму жизнедеятельности в экстремальных климатогеографических условиях [1; 20]; [2; 25].

В северных районах организм человека постоянно взаимодействует с комплексом жестких климатоспецифических факторов — сильный холод, глубокий снежный покров, метели, многолетнемерзлые породы, существенные перепады атмосферного давления и геомагнитного поля, контрастная динамика светового дня (от полярного дня до полярной ночи), интенсивный режим, более напряженные гелио-геомагнитные связи и, возможно, другие моменты [3; 153], которые являются важнейшим провоцирующим фактором в возникновении различных заболеваний.

В течение многих тысячелетий северные народы Арктики и Субарктики вырабатывали и совершенствовали способы выживания и нормального существования в этих суровых геоклиматических условиях. В связи с этим необходимо ускоренное развитие фундаментальных и прикладных геомедицинских исследований для построения эффективной системы смягчения и адаптации к условиям окружающей среды и ее изменениям.

Материалы и методы исследования. Были рассмотрены климатические условия среды, к которым относятся температура воздуха, скорость ветра, относительная влажность, количество осадков, высота снежного покрова в Северной зоне Харасавей-Новоуренгойской подзоне Устьпуровско-Газовской области (поселок Самбург) и в Центральной зоне Игарко-Нумтинской подзоне Пуровской области (поселок Тарко-Сале) [4; 160-162].

Климатические и криологические данные получены из Климатологических справочников и из Института криосферы Земли СО РАН [5; 17]; [6; 476]; [7; 25]; [8; 348-356].

Учитывая, что иммунная система организма одна из самых первых чутко реагирует на изменения в окружающей природной среде, объектом наших исследований явилось изучение лабораторно-иммунологических характеристик населения, проживающего в анализируемых геокриологических областях.

Выявление иммунопатологии и факторов риска ее развития у малочисленных народов Севера осуществлялось в II этапа: I этап — анкетирование обследуемых групп, включающее элементы опроса и сбора сведений, медицинских амбулаторных карт; II этап — лабораторное иммунологическое обследование с помощью флюоресцентной микроскопии и иммуногистохимии (CD95; 3; 16; Ki67), ИФА-методов (IgA; M; G; ИНФ-γ; ИЛ-4; а/г к ДНК), методов преципитации раствором полиэтиленгликоля (ЦИК). На момент проведения лабораторного

исследования все обследованные лица были клинически здоровы, у них не отмечалось в течение 2 месяцев явлений острого воспалительного заболевания, общепринятые лабораторные показатели активности находились в пределах общепринятой нормы.

Полученные данные обрабатывались на ПЭВМ IBM/PC при помощи стандартных статистических пакетов «SPSS 11,5 for Windows» (среднее значение, дисперсия средних, параметрическое сравнение по критерию Стьюдента, коэффициента корреляций Спирмена с определением коэффициентов ранговой корреляции, частотный анализ, многофакторный регрессивный анализ), что позволило нам провести сравнительный и корреляционный анализ климатических условий среды Устьпуровско-Тазовской и Пуровской геокриологических областей и выявить их влияние на жизнеобеспечение населения Арктики.

Результаты исследования. Известно, что на функцию иммунной системы оказывает влияние достаточно большое количество факторов, которые условно можно подразделить на экзогенные (климатические, экологические, медицинские, социальные и др.) и эндогенные (соматические и инфекционные болезни, эндокринные нарушения и т.д.). Среди экзогенных факторов более детально рассмотрим климатический.

Выявлено, что у тундровых ненцев, проживающих в Пуровской геокриологической области, достоверно выше содержание в крови лейкоцитов ($p < 0,01$), базофилов ($p < 0,001$), сегментоядерных нейтрофилов ($p < 0,001$), IgA ($p < 0,01$), CD3+ ($p < 0,05$) и снижение моноцитов ($p < 0,05$), лимфоцитов ($p < 0,001$), IgM ($p < 0,001$), CD95+нейтрофилов ($p < 0,05$) и ИЛ-4 ($p < 0,01$) в Пуровской геокриологической области по сравнению с населением Устьпуровско-Тазовской области (табл. 1).

Одной из главных характеристик климата является распределение температуры воздуха в пространстве и ее изменение во времени [9; 109].

При этом выявлено, что повышение температуры воздуха сопровождается с одной стороны повышением содержания в крови базофилов (КК=0,670 при $p < 0,05$) и IgA (КК=0,594 при $p < 0,05$), а с другой — снижением содержания в крови моноцитов (КК=-0,688; $p < 0,05$) и CD95+нейтрофилов (КК=-0,659; $p < 0,05$).

Таблица 1

Характеристика иммунного статуса взрослого населения тундровых ненцев, проживающих в различных геокриологических областях

Наименование показателя	Устьпуровско-Тазовская	Пуровская
Лейкоциты, тыс./мм ³	7,01 ± 0,19	8,16 ± 0,29**
Эозинофилы, %	2,39 ± 0,31	1,84 ± 0,33
Базофилы, %	0,13 ± 0,05	1,43 ± 0,27***
Палочкоядерные нейтрофилы, %	1,98 ± 0,95	0,68 ± 0,13
Сегментоядерные нейтрофилы, %	47,63 ± 1,07	56,29 ± 0,97***
Моноциты, %	6,24 ± 0,26	5,39 ± 0,21*
Лимфоциты, %	43,43 ± 1,03	33,50 ± 1,08***
Ki67+ мононуклеарные клетки, %	0,65 ± 0,12	0,66 ± 0,17
Абс ед Ki67+ мононуклеарные клетки	18208,70 ± 3570,06	17264,77 ± 5043,54
CD95+ мононуклеарные клетки, %	3,26 ± 0,31	3,48 ± 0,31
Абс ед CD95+ мононуклеарные клетки	111777,00 ± 13992,64	99360,23 ± 8747,71
CD3+ мононуклеарные клетки, %	51,91 ± 1,04	55,29 ± 0,87*

Окончание табл. 1

CD16+ мононуклеарные клетки, %	19,45 ± 0,64	18,59 ± 0,56
Ki67+ моноциты, %	0,67 ± 0,11	0,66 ± 0,16
CD95+ моноциты, %	1,13 ± 0,15	0,98 ± 0,23
Ki67+ нейтрофилы, %	1,19 ± 0,20	1,09 ± 0,24
CD95+ нейтрофилы, %	1,39 ± 0,20	0,86 ± 0,17*
Интерферон (ИНФ), пикогр/мл.	8,87 ± 1,66	7,50 ± 1,56
Интерлейкин-4 (ИЛ-4), пикогр/мл.	56,87 ± 11,91	12,65 ± 2,39**
Иммуноглобулин А (Ig А), г/л	2,05 ± 0,05	2,73 ± 0,20**
Иммуноглобулин М (Ig М), г/л	1,56 ± 0,03	1,16 ± 0,09***
Иммуноглобулин G (Ig G), г/л	13,69 ± 0,21	14,46 ± 1,14
ЦИК с ПЭГ 3,5%, усл.ед	49,85 ± 1,63	50,00 ± 2,89
ЦИК с ПЭГ 7,0%, усл.ед	512,10 ± 12,35	548,50 ± 49,36

Примечание: * — достоверность различий (* — $p < 0,05$; ** — $p < 0,01$; *** — $p < 0,001$).

У иммунокомпрометированных лиц, в частности, при наличии клинических признаков вторичной иммунной недостаточности (ВИН), повышение температуры воздуха сопровождается увеличением содержания в крови сегментоядерных нейтрофилов (КК=0,64 при $p < 0,05$), IgM (КК=0,58; $p < 0,01$) и снижением содержанием в крови лейкоцитов (КК=-0,53 при $p < 0,05$) и IgA (КК=-0,51 при $p < 0,05$).

Еще одной главной климатической характеристикой является скорость ветра. Установлено, что годовая скорость ветра почти в 2 раза больше в Устьпуровско-Тазовской геокриологической области по сравнению с Пуровской геокриологической областью (6,73±0,34 по сравнению с 3,13±0,11 при $p < 0,001$). Число дней с сильным ветром, скорость которого достигает 15 м/сек и выше, также больше в Устьпуровско-Тазовской геокриологической области.

Выявлено, что увеличение скорости ветра сопровождается понижением содержания лейкоцитов в периферической крови (КК=-0,513; $p < 0,05$), а у часто и длительно болеющего (ЧДБ) населения повышение скорости ветра сопровождается снижением содержания в крови сегментоядерных нейтрофилов (КК=-0,895 при $p < 0,001$), лимфоцитов (КК=-0,807; $p < 0,01$), CD3+лимфоцитов (КК=-0,61; $p < 0,01$) и повышением содержания в крови IgA (КК=0,551 при $p < 0,05$).

При анализе количества осадков в Устьпуровско-Тазовской и Пуровской геокриологических областях обнаружено, что в Пуровской геокриологической области не только достоверно больше количество осадков (477,00±11,42 по сравнению с 349,92±16,88 при $p < 0,001$), но и число дней с осадками различной величины (от 0,1 до 30 мм) в теплый (48,57±2,88 по сравнению с 29,50±3,11 при $p < 0,001$) и холодный (9,21±1,0 по сравнению с 1,50±0,39 при $p < 0,001$) периоды по сравнению с Устьпуровско-Тазовской геокриологической областью.

В частности, установлено, что увеличение количества осадков сопровождается, с одной стороны, повышением содержания в крови лейкоцитов (КК=0,462; $p < 0,05$), сегментоядерных нейтрофилов (КК=0,703 при $p < 0,05$), IgA (КК=0,498 при $p < 0,05$), IgM (КК=0,600 при $p < 0,05$), а с другой — снижением содержания в крови лимфоцитов (КК=-0,671; $p < 0,05$). Также обнаружено, что у ЧДБ населения увеличение количества осадков сопровождается повышением содержания в крови лейкоцитов (КК=0,526; $p < 0,05$), базофилов (КК=0,893 при $p < 0,001$), сегментоядерных нейтрофилов (КК=0,656 при $p < 0,05$), IgM (КК=0,480 при $p < 0,05$), CD95+ нейтрофилов (КК=0,784 при $p < 0,01$), и с другой стороны — снижением в крови IgA (КК=-0,498 при $p < 0,05$).

Другой важной климатической характеристикой территории является уровень содержания водяного пара в воздухе — влажность [10; 19]; [11; 313]. Наибольший практический интерес представляет относительная влажность воздуха в 13 часов дня, когда ее значения близки к минимальным, а испарение наиболее интенсивно. При рассмотрении числа дней с относительной влажностью в 13 часов $\geq 80\%$ (высокая относительная влажность) было выявлено, что в Пуровской геокриологической области меньше количества таких дней за год в целом, чем в Устьпуровско-Тазовской геокриологической области. Число дней с относительной влажностью в 13 часов $\leq 30\%$ (низкая относительная влажность) в Пуровской геокриологической области достоверно больше за год в целом ($3,83 \pm 0,98$ по сравнению с $0,57 \pm 0,30$ при $p < 0,01$), чем в Устьпуровско-Тазовской геокриологической области.

При этом выявлено, что увеличение относительной влажности воздуха сопровождается увеличением содержания в крови базофилов (КК=0,718 при $p < 0,05$), IgA (КК=0,583 при $p < 0,05$), а у ЧДБ населения повышением содержания в крови базофилов (КК=0,899 при $p < 0,001$), CD95+ нейтрофилов (КК=0,765 при $p < 0,01$).

Повышение высоты снежного покрова сопровождается снижением содержания в крови CD3+лимфоцитов, ИЛ-4 (КК=-0,814; $p < 0,001$ и КК=-0,910; $p < 0,05$ соответственно). У ЧДБ населения увеличение высоты снежного покрова сопровождается, с одной стороны, повышением содержания в крови моноцитов (КК=0,838; $p < 0,05$), ИЛ-4 (КК=0,885; $p < 0,05$), и с другой — понижением содержания в крови сегментоядерных нейтрофилов (КК=-0,785 при $p < 0,05$).

Таким образом, климатогеографические условия Северной зоны Харасавей-Новоуренгойской подзоны Устьпуровско-Тазовской области (поселок Самбург) по сравнению с Центральной зоной Игарко-Нумтинской подзоной Пуровской области (поселок Тарко-Сале) характеризуются увеличением большей толщины многолетнемерзлых пород, среднегодовой скоростью ветра, годовой относительной влажности воздуха и снижением среднегодовой температуры воздуха, среднегодового количества осадков, средней высоты снежного покрова, а также сопровождаются изменением некоторых параметров иммунной системы: снижение абсолютного содержания лейкоцитов и относительного содержания нейтрофилов, что компенсируется повышением относительного содержания моноцитов и лимфоцитов и активацией в 4,5 раза гуморального звена иммунной системы. Во-вторых, ЧДБ лица ввиду низкой пластичности иммунной системы оказались более чувствительными к климатогеографическим характеристикам и изменениям окружающей природной среды; так, увеличение географической широты у них ассоциируется со снижением вариации лейкоцитов в периферической крови, но не за счет палеоиммунитета (нейтрофилов, у них он растет), а за счет неоиммунитета, в частности, снижения репертуарного интерлейкина-4.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Образцов Л.Н. Медико-экологический обзор Севера Европейской части России // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов. 2001. № 10. С. 18-129.
2. Тихонов Д.Г. Арктическая медицина: Как сохранить здоровье в условиях холодного климата / Под ред. В.А. Галкина, М.И. Томского. М.: Изд-во ЛКИ, 2010. 328 с.
3. Север как объект комплексных региональных исследований / Отв. ред. В.Н. Лажнецв. Сыктывкар, 2005. 512 с.

4. Геокриология СССР. Западная Сибирь / Под ред. Э.Д. Ершова. М.: Недра, 1989. 454 с.
5. Климатологический справочник СССР. Выпуск 17. Метеорологические данные за отдельные годы. Часть I. Температура воздуха. Часть II. Осадки. Часть III. Снежный покров. / Под ред. А.А. Шумановой. Ленинград: Гидрометеорологическое издательство, 1956. 154 с.
6. Климатологический справочник СССР. Выпуск 17. Метеорологические данные за отдельные годы. Часть IV. Ветер / Под ред. А.А. Шумановой. Ленинград: Гидрометеорологическое издательство, 1961. 581 с.
7. Климатологический справочник СССР. Выпуск 17. Метеорологические данные за отдельные годы. Часть V. Влажность воздуха / Под ред. А.А. Шумановой. Ленинград: Гидрометеорологическое издательство, 1961. 158 с.
8. Москаленко Н.Г. Антропогенные изменения экосистем Западно-Сибирской газоносной провинции. Тюмень: Институт криосферы Земли СО РАН, 2006. 357 с.
9. Атлас Ямало-Ненецкого автономного округа / Гл. редактор С.И. Ларин. Тюмень, 2004. 304 с.
10. Кароль И.Л., Катцов В.М., Киселев А.А. О климате по существу и всерьез. М., 2008. 55 с.
11. Переведенцев Ю.П. Теория климата. Казань: Казанский гос. университет, 2009. 503 с.

REFERENCES

1. Obratsov, L.N. Medico-ecological review of the North European part of Russia. *Problemy okruzhaiushchei sredy i prirodnykh resursov — Problems of environment and natural resources*. 2001. № 10. Pp. 18-129. (in Russian).
2. Tikhonov, D.G. *Arkticheskaya meditsina: Kak sokhranit' zdorov'e v usloviyakh kholodnogo klimata* [Arctic medicine: How to maintain health in the conditions of cold climate] / Ed. by V.A. Galkin, M.I. Tomskii. Moscow, 2010. 328 p. (in Russian).
3. *Sever kak ob'ekt kompleksnykh regional'nykh issledovaniy* [The North as the object of integrated regional studies] / Ed. by V.N. Lazhentsev. Syktyvkar, 2005. 512 p. (in Russian).
4. *Geokriologiya SSSR. Zapadnaya Sibir'* [USSR Geocryology. Western Siberia]. / Ed. by E.D. Ershov. Moscow, 1989. 454 p. (in Russian).
5. *Klimatologicheskii spravochnik SSSR. Vypusk 17. Meteorologicheskie dannye za otdel'nye gody. Chast' I. Temperatura vozdukh. Chast' II. Osadki. Chast' III. Snezhnyi pokrov* [Climatological references book of the USSR. Vol. 17. Meteorological data for individual years. Part I. Temperature. Part II. Rainfall. Part III. Snow cover] / Ed. by A.A. Shumanova. Leningrad, 1956. 154 p. (in Russian).
6. *Klimatologicheskii spravochnik SSSR. Vypusk 17. Meteorologicheskie dannye za otdel'nye gody. Chast' IV. Veter* [Climatological references book of the USSR. Vol. 17. Meteorological data for individual years. Part IV. Wind] / Ed. by A.A. Shumanova. Leningrad, 1961. 581 p. (in Russian).
7. *Klimatologicheskii spravochnik SSSR. Vypusk 17. Meteorologicheskie dannye za otdel'nye gody. Chast' V. Vlazhnost' vozdukh* [Climatological references book of the USSR. Vol. 17. Meteorological data for individual years. Part V. Humidity] / Ed. by A.A. Shumanova. Leningrad, 1961. 158 p. (in Russian).
8. Moskalenko, N.G. *Antropogennyye izmeneniya ekosistem Zapadno-Sibirskoi gazonosnoi provintsii* [Anthropogenic changes in the ecosystems of the Western Siberian gas-bearing province]. Tyumen, 2006. 357 p. (in Russian).
9. *Atlas Yamalo-Nenetskogo avtonomnogo okruga* [Atlas of the Yamal-Nenets Autonomous district] / Ed. by S. Larin. Omsk, 2004. 304 p. (in Russian).
10. Karol', I.L., Kattsov, V.M., Kiselev, A.A. *O klimate po sushchestvu i vser'ez* [Climate on the merits and seriously]. Moscow, 2008. 55 p. (in Russian).
11. Perevedentsev, Yu.P. *Teoriya klimata* [Theory of climate]. Kazan, 2009. 503 p. (in Russian).

Авторы публикации

Петров Сергей Анатольевич — главный научный сотрудник, руководитель отдела протекторных механизмов репродуктивных систем криосферы Тюменского научного центра СО РАН, директор НИИ Общей и прикладной криологии Тюменского государственного нефтегазового университета, доктор медицинских наук, профессор

Мамаева Наталья Леонидовна — старший научный сотрудник отдела протекторных механизмов репродуктивных систем криосферы ТюмНЦ СО РАН, ассистент кафедры «Техносферная безопасность» Тюменского государственного нефтегазового университета

Authors of the publication

Sergey A. Petrov — Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of Department of Protective Mechanisms in Cryosphere Reproductive Systems of Tyumen Scientific Center (SB RAS), Director of Research Institute for General and Applied Cryology of Tyumen State Oil and Gas University

Natalia L. Mamaeva — Senior Researcher, Department of Protective Mechanisms in Cryosphere Reproductive Systems, of Tyumen Scientific Center SB RAS, Assistant of Department of Techno-sphere Safety, Tyumen State Oil and Gas University