

УДК 612.216.2

Г.С.Шишкин, Н.Д.Уманцева, Н.В.Устюжанинова

**НОРМАТИВЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВНЕШНЕГО ДЫХАНИЯ ДЛЯ МУЖЧИН,
ПРОЖИВАЮЩИХ В ЗАПАДНОЙ СИБИРИ***ГУ НИИ физиологии СО РАМН, Новосибирск***РЕЗЮМЕ**

Нормальные значения показателей газообмена, вентиляции и статических объемов легких рассчитаны на основе данных функционального обследования 645 здоровых мужчин, проживающих на юге Западной Сибири. Разработана и апробирована система нормирования основных показателей, что позволяет оценивать их независимо от возраста, роста и массы тела обследованных. Установлены доверительные границы нормированных значений для здоровых мужчин, а также диапазоны достоверной и условной нормы.

SUMMARY

G.S.Shishkin, N.D.Umantseva, N.B.Ustyudzaninova

**NORMAL RESPIRATION VALUES IN MALE
POPULATION IN WEST SIBERIA**

We studied respiration function in 645 healthy male subjects and calculated normal gas exchange, ventilation and static volume values. We developed and implemented regulation system of the main values, which allows us to assess them regardless of age, height and body weight.

Актуальной проблемой современной диагностики болезней органов дыхания является раннее выявление нарушений функции внешнего дыхания и изменений параметров респираторного аппарата. Для правильной оценки состояния системы внешнего дыхания, показатели газообмена, вентиляции, статических легочных объемов и бронхиальной проходимости должны сопоставляться с должными значениями, полученными при исследовании большого числа здоровых людей [14]. При этом нужно знать границы нормальных значений. Диапазоны нормы должны учитывать как индивидуальные различия обследуемых (пол, возраст, рост, массу тела), так и различия, связанные с климатогеографическими особенностями региона проживания. Для большинства регионов существуют свои нормы, иногда значительно отличающиеся между собой. Хорошо разработаны нормативы для США и Канады [15, 19], Центральной Европы [11, 16], Европейской части России [9].

Для жителей Западной Сибири значения некоторых показателей внешнего дыхания были опубликованы Ю.А.Власовым и Г.Н.Окуновой в 1983 и переизданы в 1992 году [3]. Однако в таблицах приведены не диапазоны нормальных значений, а только средние без учета роста и массы тела. Кроме того, за прошедшие годы сменилось целое поколение, и антропометрические параметры в результате акселерации достоверно изменились. Таким образом, нормы 1983 г. устарели, и пользоваться ими нельзя. Поэто-

му, задачей данного исследования являлась разработка современных нормативов показателей внешнего дыхания для мужчин, проживающих на юге Западной Сибири.

Обследованный контингент

Нормальные значения параметров функции и аппарата внешнего дыхания были установлены на основе обследования 645 здоровых мужчин в возрасте от 20 до 60 лет, постоянно проживающих в г. Новосибирске. В их число входили студенты, курсанты школы милиции, рабочие и служащие разных предприятий, строители. К здоровым относили тех, кто не имел хронических заболеваний (как зарегистрированных в медицинских документах, так и в анамнезе), не имел освобождения от учебы или работы по острому заболеванию и не предъявлял жалоб в день обследования. Кроме того, при объективном обследовании в кабинете функциональной диагностики у этих людей не были обнаружены скрытые патологические изменения. Из анализа исключали не только лиц с проявлениями легочной патологии (включая любые ограничения бронхиальной проходимости), но также с болезнями систем кровообращения, мочевого выделения, эндокринными нарушениями и ожирением. Были исключены также мужчины ростом меньше 159 см и больше 190 см. Средний возраст обследованных составлял 28,9 лет, рост 175,9±6,2 см, масса тела – 70,9±10,8 кг.

Обследование проводили весной (в марте-апреле) и осенью (в сентябре-октябре). Эти периоды были выбраны потому, что в это время значения показателей внешнего дыхания меньше всего отклоняются от среднегодовых [6].

Регистрация показателей

Внешнее дыхание исследовали в первой половине дня, после 15–20-минутного отдыха, в условиях температурного комфорта, в положении сидя. Измеряли рост и массу тела, регистрировали показатели газообмена, вентиляции и статические легочные объемы. Использовали оксиспирограф СГ-1М в комплексе с газоанализатором из комплекта ПООЛ-1, позволяющим вместе с записью оксиспирограммы и потребления кислорода определять функциональную остаточную емкость (ФОЕ). В качестве индикаторного газа использовали гелий. После 5-7 минут спокойного дыхания, необходимого для гарантированного разведения гелия в системе легкие-спирограф, регистрировали оксиспирограмму, раздельно определяли емкость вдоха (Евд) и резервный объем выдоха (РОВд). Время максимального вдоха и выдоха не ограничивали. Определение повторяли 3 раза с короткими интервалами и учитывали наибольшие зна-

чения показателей.

По оксиспирограмме рассчитывали: потребление кислорода (ПО₂), минутный объем дыхания (МОД), коэффициент использования кислорода (КИО₂), частоту дыхания (ЧД), дыхательный объем (ДО). Остаточный объем легких (ООЛ) получали как разность ФОЕ и РОвыд, а жизненную емкость легких (ЖЕЛ) – как сумму Евд и РОвыд. Легочные объемы приводили к условиям организма (система ВТПС), величину ПО₂ – к стандартным условиям исследования (система STPD). Полученные материалы обработаны статистически с применением компьютерной программы “Statistica for Windows”.

Нормирование показателей

Для сопоставления результатов измерений у людей разного возраста, роста и массы тела все физические значения показателей, нормировали, т.е. выражали в % от должных значений для каждого обследованного (Д).

На рисунке 1 сопоставлены распределения физических и нормированных значений ПО₂. Вариабельность в обоих случаях фактически одинакова, но имеет разный смысл. В распределении физических значений в 15 персентилей с левого края (левая атипия) попадают мужчины ростом 173,0±1,3 см, с массой тела – 58,1±0,8 кг и низким ПО₂ (до 270 мл/мин). В 15 персентилей с правого края (правая атипия) собираются высокие, крупные мужчины (рост – 183,6±2,4 см; масса тела – 75,6±2,9 кг) с высоким ПО₂ (больше 370 мл/мин). Таким образом, вариабельность значений показателя отражает только разницу в физическом развитии индивидуумов.

В распределении нормированных значений ПО₂ в левую и правую атипии попадают мужчины нормального роста и с нормальной массой тела, но с разным ПО₂ относительно ДПО₂. В левой атипии ПО₂ ниже 86% ДПО₂. Это состояние организма рассматривается физиологами как гипометаболизм [5, 8]. В правую атипию попадают мужчины с относительно

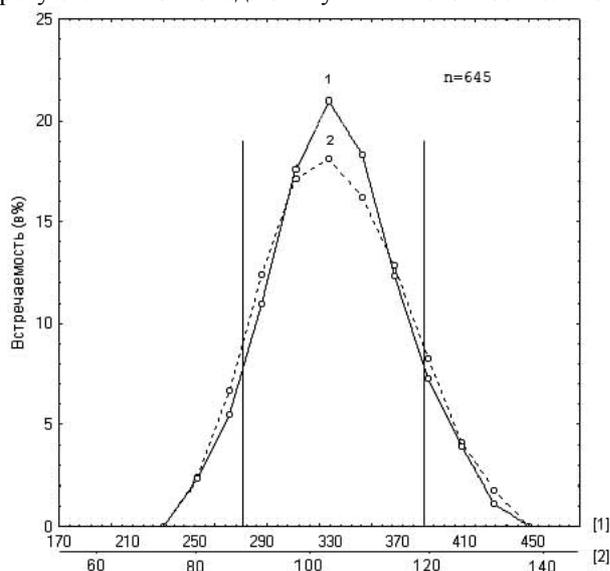


Рис. 1. Распределение значений потребления кислорода у здоровых молодых мужчин в физических величинах (мл/мин) [1] и в % к должным значениям [2].

высоким ПО₂ (>120% ДПО₂), т.е. с повышенным уровнем энергетических процессов в организме. Таким образом, при сопоставлении нормированных значений, выявляется функциональная вариабельность. Аналогичные заключения можно сделать при рассмотрении МОД, ДО и статических объемов легких.

Для нормирования показателей газообмена и вентиляции должны значения рассчитывали по общепринятым формулам [1, 12].

Величину должного потребления кислорода (ДПО₂) определяли по формуле:

$$\text{ДПО}_2 (\text{мл/мин}) = \text{ДОО} \times K_1 / 1440 \times \text{КЕО}_2,$$

где ДОО – должный основной обмен (в килокалориях); 1440 – число минут в сутках; КЕО₂ – калорический эквивалент кислорода, равный 4,91; K₁ – коэффициент пересчета основного обмена на уровень обмена в покое в положении сидя (1,24).

Должный минутный объем дыхания (ДМОД) рассчитывали по формуле:

$$\text{ДМОД} (\text{л/мин}) = \text{ДПО}_2 \times K_2 / 41,5,$$

где K₂ – коэффициент перевода ПО₂ из системы STPD в систему ВТПС; 41,5 – должное значение КИО₂ [13].

Должные значения частоты дыхания (ДЧД) для мужчин разного возраста были получены в лаборатории физиологии дыхания ГУ НИИ физиологии СО РАМН (рис. 2). Должный дыхательный объем (ДДО) получали делением ДМОД на ДЧД. Коэффициент использования кислорода не нормировали, поскольку он не имеет физической меры.

В основу расчетов должных значений статических легочных объемов были положены стандартные формулы для жителей Центральной Европы [11], к которым добавляли поправочные коэффициенты для жителей Западной Сибири, разработанные в ГУ НИИ физиологии СО РАМН. Однако для должных значений ЖЕЛ (ДЖЕЛ) у мужчин в возрасте 18-25 лет и должных значений ФОЕ (ДФОЕ) использовали более старые, но точные формулы, в которых учитывались не только рост и возраст, но и масса тела [18, 20].

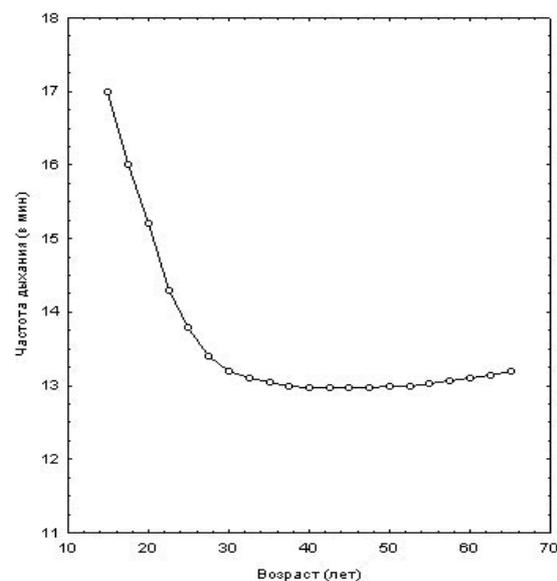


Рис. 2. Зависимость частоты дыхания от возраста у здоровых мужчин.

Для юношей и молодых мужчин от 18 до 25 лет:

$$\text{ДЖЕЛ} (\text{л}) = 5,9 \times P + 0,0739 \times B - 6,8865;$$

для мужчин старше 25 лет:

$$\text{ДЖЕЛ} (\text{л}) = 8,44 \times P - 0,0298 \times B - 8,7818;$$

где P – рост (м), B – возраст (лет).

Должная функциональная остаточная емкость:

$$\text{ДФОЕ} (\text{л}) = 2,99 \times P + 0,0094 \times B - 0,0159 \times M - 1,36;$$

где P – рост (м), B – возраст (лет), M – масса тела (кг).

Должный остаточный объем легких:

$$\text{ДООЛ} (\text{л}) = [P - 1,5] \times 0,015 + [B + 15]:40.$$

Поправочные коэффициенты для мужчин – жителей Западной Сибири (з.с.) были определены для следующих показателей:

$$\text{ДЖЕЛ} (\text{з.с.}) = \text{ДЖЕЛ} \times (0,8810 + 0,0053 \times B);$$

$$\text{ДФОЕ} (\text{з.с.}) = \text{ДФОЕ} \times (1,2197 - 0,0016 \times B);$$

$$\text{ДООЛ} (\text{з.с.}) = \text{ДООЛ} \times (1,4861 - 0,0116 \times B);$$

Должные значения РОвыд (ДРОвыд) получали как разность ДФОЕ и ДООЛ, а должные значения Евд (ДЕвд) – как разность ДЖЕЛ и ДРОвыд.

То, что используемые формулы нормирования хорошо нивелируют вариабельность показателей, связанную с возрастом и антропометрическими особенностями индивидуума, было подтверждено сопоставлением средних значений у рабочих разного возраста на одном предприятии (178 человек). В диапазоне от 20 до 50 лет вариабельность нормированных значений показателей вентиляции и газообмена, а также РОвыд и ФОЕ не превышала ошибку измерения ($\pm 3,0\%$), а для ЖЕЛ, Евд и ООЛ составляла 3,6-3,8%.

Нормальные значения показателей

Для определения диапазона нормальных значений показателей составляли и анализировали их распределения у всех здоровых мужчин. Вид распределения выборок оценивали по критериям Колмогорова-Смирнова, Лилиефорса и Хи-квадрат, а также показателям асимметрии и эксцесса. Обработка полученных данных показала, что у здоровых мужчин распределения всех показателей, (как физических значений, так и нормированных), за исключением КИО₂,

соответствуют критериям нормальности. Распределение КИО₂ ближе к распределению Пуассона и при статистической обработке его необходимо логарифмировать. Для каждого показателя вычисляли среднее значение (\bar{x}), среднеквадратическое отклонение (σ), ошибку средней (m), коэффициент вариации и медиану. Доверительные границы выборок ($J = \bar{x} \pm \sigma t$) определяли для уровня значимости $p < 0,02$. Значения, которые выходят за эти границы, достоверно относятся к патологическим состояниям.

Кроме границ здорового, для каждого показателя определяли также диапазоны значений «достоверной нормы». При оценке большинства показателей внешнего дыхания за достоверную норму принимают диапазон $\bar{x} \pm \sigma$ [10], который в идеальном (гауссовом) распределении соответствует 16 – 84-му перцентилем [4]. Однако фактические выборки редко бывают идеальными, а даже при небольшой асимметрии их средние значения не совпадают с медианой. Поэтому для точного определения диапазона нормы правильнее использовать перцентили [2]. В данной работе к достоверной норме относили по 35 перцентилей численных значений с обеих сторон от медианы вариационного ряда показателя. Левую и правую атипичи по обе стороны от чистой нормы, рассматривали как «условную норму» (рис. 3). Нормальные значения были установлены для 10 показателей функции и аппарата внешнего дыхания: ПО₂, МОД, КИО₂, ЧД, ДО, ЖЕЛ, Евд, РОвыд, ООЛ, ФОЕ (табл.).

Из приведенных данных следует, что средние значения большинства показателей отклоняются от идеальных 100% в пределах ошибки измерения. Исключение составляют значения ФОЕ, ООЛ и РОвыд, превышающие 103%, хотя и не на много. Как уже сообщалось [6], значения этих показателей у людей, ведущих активный образ жизни, зависят от температуры наружного воздуха. В летнее время они увеличиваются, в зимнее – уменьшаются. Поскольку половина контингента была обследована осенью при среднедневной температуре +5°C, летнее повышение у них нивелировалось еще не полностью.

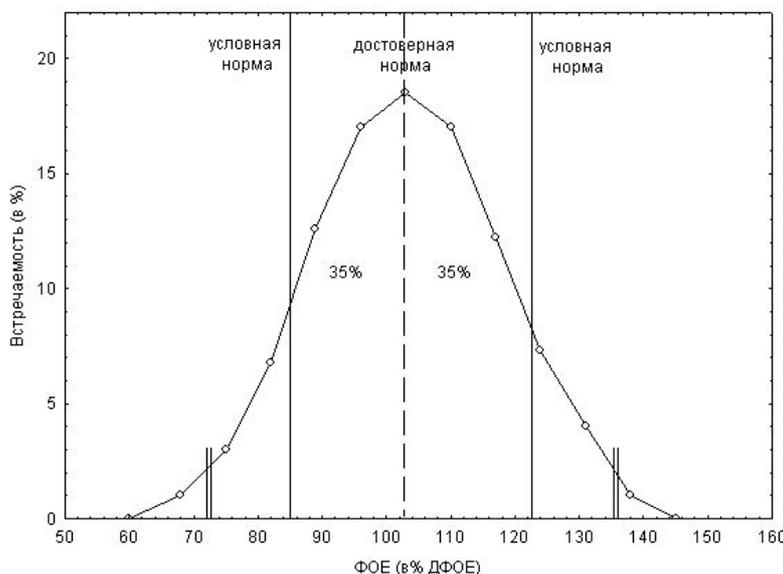


Рис. 3. Выделение диапазонов достоверной и условной нормы для показателя ФОЕ; медиана (---), границы достоверной нормы (-); доверительные границы показателя для здоровых мужчин (=).

Таблица

Нормальные значения показателей внешнего дыхания для здоровых мужчин, проживающих в Западной Сибири (в % к должным значениям)

Показатели	$\bar{x} \pm \delta$ (m)	K ₁	Медиана	Границы здорового	Границы достоверной нормы
ПО ₂	101±12,1 (0,47)	12,0	102,0	76-132	86-120
МОД	99±26,2 (1,06)	26,5	96,9	39-162	71-125
КИО ₂	43,5±9,8 (0,38)	22,5	-	25,5-71,0	35,0-56,8
ЧД	100±26,0 (1,02)	26,1	97,1	40-163	64-130
ДО	101±22,0 (0,86)	21,8	99,0	48-152	76-122
ЖЕЛ	101±11,0 (0,43)	10,9	100,5	75-127	81-120
Евд	101±15,2 (0,60)	15,0	103,0	64 -136	86-126
РОВыд	106±20,1 (0,78)	19,0	104,4	55-150	70-121
ООЛ	104±18,6 (0,73)	17,9	100,2	61-149	72-129
ФОЕ	104±13,7 (0,53)	13,1	104,5	72-136	85-123

Примечание: КИО₂ – показатель не нормирован.

При близких средних значениях, вариабельность показателей разная. Наиболее стабильны ПО₂, ЖЕЛ, ФОЕ, т.е. наиболее жизненно важные параметры, отражающие, соответственно, уровень энергетических процессов в организме, развитие респираторного аппарата и стабильность защитных механизмов на действие неадекватных экологических факторов. Остальные статические объемы легких также достаточно стабильны. Они варьируют в пределах ±15 – 19%. В то же время, показатели вентиляции и газообмена варьируют гораздо сильнее. Это подтверждает имеющиеся в литературе сообщения о том, что в функциональном аспекте здоровые мужчины не однородны [7].

Должные значения показателей внешнего дыхания, в большинстве опубликованных работ, определены по общим выборкам из популяции жителей региона, в которые попадали и лица с функциональными нарушениями [15, 17, 18]. Встречаемость последних может достигать 20% [2]. Поэтому приведенные в литературе диапазоны нормы могут не всегда соответствовать действительности. Нормативы, рассчитанные в данной работе, основаны на выборке тщательно обследованных здоровых мужчин, и погрешности, обусловленные скрытой патологией, в них полностью исключены.

Полученные данные отражают состояние системы внешнего дыхания у мужчин – жителей Западной Сибири в 2000-2004 годах. Необходимо подчеркнуть, что установлены диапазоны нормальных значений нормированных показателей, т.е. выраженных в процентах к средним величинам у лиц соответствующего пола, возраста, роста и массы тела. Нормирование исключает связанные с ними отклонения, и остается только генетически закрепленная и фенотипически измененная вариабельность. Только на таком фоне можно достоверно регистрировать развитие защитных и компенсаторных реакций, адаптивные перестройки и ранние патологические изменения, оценивать результаты лечения и реабилитации. Использование нормативов показателей системы внешнего дыхания целесообразно также при проведении профилактических медицинских осмотров и при медицинском освидетельствовании лиц,

поступающих на работу.

ЛИТЕРАТУРА

1. Автоматизированная оценка динамики функции дыхания [Текст]/Бокша В.Г. [и др]:метод. рекомендации.-Ялта; МЗ УССР, 1990.-23 с.
2. Спирография у детей [Текст]/М.И.Анохин.-М.: Медицина, 2003.-120 с.
3. Кровообращение и газообмен человека [Текст]/ Ю.А.Власов, Г.Н.Окунева.-Новосибирск: Наука, 1992.-179 с.
4. Медико-биологическая статистика: пер. с англ. [Текст]/С.Гланц.-М.: Практика, 1999.-459 с.
5. Интенсивность энергетического обмена у человека в норме и при хронической патологии [Текст]/О.В.Гришин: автореф. дис. ... д-ра мед. наук.-Новосибирск, 2001.
6. Сезонные изменения аппарата внешнего дыхания и его связей с газообменом у здоровых жителей Западной Сибири [Текст]/В.В.Гуляева, Г.С.Шишкин, О.В.Гришин//Бюл. физиол. и патол. дыхания.-2001.-Вып.10.-С.7-11.
7. Функциональная неоднородность системы внешнего дыхания у здоровых мужчин [Текст]/ В.В.Гуляева//Бюл. СО РАМН.-2002.-№1.-С.5-8.
8. Основы энергетики организма (Теоретические и практические аспекты) [Текст]/К.П.Иванов.-СПб.: Наука, 1993.-Т.2.-272 с.
9. Инструкция по применению формул и таблиц должных величин, основных спирографических показателей [Текст]/Клемент Р.Ф. [и др.]/ВНИИП.-Л, 1986.-80 с.
10. Критерии оценки границ нормальных значений параметров, рассчитываемых из регистрации отношений поток-объем-время маневра форсированной жизненной емкости легких выдоха [Текст]/В.К.Кузнецова, Е.С.Аганезова//Пульмонология.-1996.-№1.-С.42-46.
11. Стандартизация легочных функциональных тестов. Отчет рабочей группы «Стандартизация тестов исследования легочной функции» Европейского сообщества стали и угля// Пульмонология.- Приложение.-1993.-С.3-91.

12. Введение в функциональную диагностику [Текст]/П.В.Стручков, Р.С.Виницкая, И.А.Люкевич.- М.: Медицина, 1996.-72 с.

13. Physiologie de la Respiration [Text]/J.Comroe.- Paris, 1967.-280 p.

14. The role of reference values in interpreting lung function tests [Text]/R.O.Crapo//Eur. Respir. J.-2004.-Vol.24, №3.-P.341-342.

15. Standards and interpretive issues in lung function testing [Text]/R.O.Crapo, R.L.Jensen//Respir. Care.-2003.-Vol.48, №8.-P.764-772.

16. Prediction equations for normal and low lung function from the Health Survey for England [Text]/ Falcetti E. [et al.]//Eur. Respir. J.-2004.-Vol.23, №3.-

P.456-463.

17. Spirometric reference values from a sample of the general US population [Text]/ J.L.Hankinson, J.R.Oderkzantz, K.B.Fedan//Am. J. Respir. Crit. Care Med.-1999.-Vol.159.-P.179-187.

18. Changes in the normal maximal expiratory flow-volume curve with growth and aging [Text]/Knudson R.J. [et al.]//Am. Rev. Respir. Dis.-1983.-Vol.12, №6.-P.725-734.

19. Standardization of spirometry. American Thoracic Society [Text]//Am. J. Respir. Crit. Care Med.-1995.-Vol.152, №3.-P.1107-1136.

20. Bronchitis, Asthma, Emphysema [Text]/ W.T.Ulmer.-Springer, Verlag.-1979.-234 p.



УДК 616.24-073.75:612.23(571.5)

А.В.Леншин, Б.И.Гельцер

**КЛИМАТО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ВЛИЯНИЯ
НА СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЛЕГОЧНОЙ ТКАНИ**

*ГУ Дальневосточный научный центр физиологии и патологии дыхания СО РАМН,
Владивостокский государственный медицинский университет*

РЕЗЮМЕ

Проведены исследования регионарной вентиляционной функции легких у жителей северных регионов Дальнего Востока методом зональной рентгеноденситометрии с помощью компьютеризированного прибора "Денсиграф-2". Для уточнения регионарных структурно-функциональных изменений легочной ткани использован метод инспираторно-экспираторной томографии. Установлены характерные клинические и патогенетические особенности воспалительных заболеваний, возникающие на фоне компенсаторно-приспособительных изменений в условиях дизадаптации органов дыхания и кровообращения у северян.

SUMMARY

A.V.Lenshin, B.I.Geltzer

CLIMATIC, GEOGRAPHICAL FACTORS' EFFECT ON FUNCTIONAL CHANGES IN LUNG TISSUE

To study lung ventilation function in residents of the northern regions of the Far East we used zonal roentgen – densitometry method involving computerized device "Densitograph-2". To specify structural-functional changes in lung tissue we used inspiratory-expiratory tomography. The study revealed typical clinical and pathogenic characteristics of inflammatory diseases caused by compensatory-adaptive changes resulting from disadaptation of respiratory organs and blood circulation in residents in the northern regions.

В регионе Сибири и Дальнего Востока особую остроту и актуальность приобретает изучение забо-

леваемости органов дыхания, разработка новых диагностических методик и эффективных подходов к профилактике заболеваний легких с учетом производственных факторов [10]. Дальневосточный регион отличается выраженным экстремальным климатом. Только в этом регионе (Чукотка, Якутия, Магаданская область, север Амурской области) жесткость погоды может достигать максимума – 5,8 ед. [5].

Вполне очевидно, что Север предъявляет к организму человека значительные требования, вынуждая его использовать дополнительные биологические средства защиты от неблагоприятного воздействия экстремальных (в первую очередь холода) условий проживания. Адаптация человека в этих условиях достигается путем напряжения и сложной перестройки гомеостатических систем организма [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12]. Энергозатраты человека в условиях Севера значительно больше по сравнению с затратами в средних широтах. Человек вынужден, прежде всего, адаптироваться к холоду, в известной степени к гиповитаминозу и многим другим, в том числе и неблагоприятным производственным воздействиям [2, 3, 11].

Нозологическая панорама Севера характеризуется не большим числом специфических северных болезней, а глубоким своеобразием клинического течения и патологоанатомических проявлений тех болезней, которые в иной форме встречаются и за пределами северных территорий [1, 2, 3, 9].

С целью изучения влияния климатогеографических факторов на структурно-функциональный статус бронхолегочной системы, процессы компенсации и дизадаптации к суровым климатическим условиям нами были предприняты (совместно с сотрудниками ГУ ДНЦ ФПД СО РАМН и Амурской государственной медицинской академии) комплексные экспеди-