

УДК 612.216.2:612.22:612.24:612.225

В.В.Гультяева, Г.С.Шишкин, О.В.Гришин

**СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ АППАРАТА ВНЕШНЕГО ДЫХАНИЯ И ЕГО СВЯЗЕЙ
С ГАЗООБМЕНОМ У ЗДОРОВЫХ ЖИТЕЛЕЙ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ***ГУ НИИ физиологии СО РАМН, лаборатория функциональной морфологии легких, г. Новосибирск***РЕЗЮМЕ**

Методами оксиспирографии, пневмотахографии и разведения гелия были изучены сезонные изменения легочных объемов, вентиляции, потребления кислорода и их взаимосвязей у здоровых взрослых жителей г. Новосибирска.

Установлено, что потребление кислорода, частота дыхания, жизненная емкость легких и емкость вдоха в течение года не изменяются. Динамика минутного объема дыхания, коэффициента использования кислорода, остаточного объема легких (ООЛ) и отношения резервного объема выдоха (РОВд) к ООЛ совпадает с сезонной температурной динамикой. Дыхательный объем, РОВд, функциональная остаточная емкость, объем форсированного выдоха за 1 с и индекс Тиффно также изменяются, однако минимальные значения этих показателей наблюдаются весной, а максимальные – осенью или летом и осенью. Взаимосвязи между показателями внешнего дыхания также изменяются в течение года.

Анализ результатов показал, что у жителей средних широт Западной Сибири в зимнее время года происходит уменьшение числа функционирующих ацинусов и объема легочной вентиляции, направленные на ослабление охлаждения респираторной ткани вдыхаемым холодным воздухом. Для стабильного поддержания потребления кислорода, уменьшение вентиляции компенсируется повышением воздушности респираторных отделов, позволяющим увеличить интенсивность газообмена в легких.

SUMMARY

V.V.Gulyaeva, G.S.Shishkin, O.V.Grishin

**SEASONAL VARIATIONS IN
RESPIRATORY STRUCTURE AND ITS
RELATIONSHIPS WITH GAS EXCHANGE
IN HEALTHY INHABITANTS OF WEST
SIBERIA**

Seasonal variations in oxygen consumption, ventilation, lung volumes and their relationships in healthy adult inhabitants of Novo-

sibirsk were investigated using oxyspirography, pneumotachography and helium dilution method.

Oxygen consumption (VO_2), respiratory rate, vital capacity and inspiratory capacity remain the same during a year. Minute ventilation (V_e), VO_2 to V_e ratio, residual volume (RV) and expiratory reserve volume (ERV) to RV ratio have correlate with seasonal temperature dynamics. Tidal volume, ERV, functional residual capacity, forced 1-s expired volume and index Tiffno also change, but minimum value of these parameters are found in spring and maximum - in autumn or summer and autumn. Correlations between respiratory parameters also change during a year.

Analysis of the results showed that in winter the number of functioning acini and minute ventilation decrease in inhabitants of middle latitudes of West Siberia. This reaction is probably aimed at the abatement of respiratory tissue cooling. For the purpose of VO_2 level maintenance, the decrease in V_e is compensated by the increase of airiness of respiratory tissue. The latter allows to enhance gas exchange.

Известно, что в системе внешнего дыхания в течение года происходят закономерные изменения, связанные с сезонной динамикой климатических факторов и интенсивности энергетических процессов в организме [5, 6, 7, 8, 14]. Многие авторы отмечали сезонные изменения легочной вентиляции [2, 3, 4]. Установлено, что зимой увеличивается сопротивление воздухоносных путей [3, 15], а у жителей северных регионов – также и функциональная остаточная емкость [9].

Известно также, что направленность и степень выраженности функциональных изменений зависит от суровости климата в месте проживания человека. Так, по данным Роцевского и др. [7], зимнее увеличение энергообмена обеспечивается двумя путями: у жителей умеренных широт – повышением эффективности дыхания, а у жителей северных регионов –

увеличением объема вентиляции. С чем связаны такие различия и какими структурными изменениями аппарата внешнего дыхания они обусловлены, до сих пор не ясно.

В настоящей работе была поставлена задача изучить изменения внешнего дыхания в течение года у здоровых жителей Западной Сибири и проанализировать взаимосвязи между функциональными процессами и аппаратом вентиляции и газообмена.

Материалы и методы исследования

Сезонные изменения показателей внешнего дыхания изучены у 30 мужчин в возрасте 22-33 лет, постоянно проживающих в г.Новосибирске. Все они, пожарные по профессии, регулярно проходили медицинскую комиссию и были здоровы. Анализ антропометрических данных показал, что по росту и массе тела все обследованные относились к одной совокупности, среднее значение и стандартное отклонение которой по росту составили $174,4 \pm 4,5$ см, а массе тела – $70,5 \pm 5,7$ кг. Сезонные колебания массы тела обследованных не превышали 2%.

Обследование проводили 4 раза в течение одного года: летом в июне при среднемесячной температуре воздуха (СМТ) равной $+20^\circ\text{C}$, осенью (октябрь, СМТ = $+2^\circ\text{C}$), зимой (декабрь, СМТ = -18°C), весной (апрель, СМТ = $+5^\circ\text{C}$). Физическая активность у обследованных в течение года оставалась постоянной. Пребывание на холоде в зимнее время года составляло от 1 до 1,5 часов в сутки у каждого и не было связано с выполнением тяжелых физических нагрузок.

Внешнее дыхание исследовали утром, через 1,5 ч после приема пищи, в условиях температурного комфорта, после 30-минутного отдыха, в положении сидя. На оксиспирографе, соединенном с анализатором

гелия, измеряли показатели вентиляции, газообмена и легочные объемы. Скоростные показатели регистрировали на микропневмотахографе «Эльф» (Россия). Потребление кислорода выражали в системе STPD, а легочные объемы и минутный объем дыхания – в системе BTPS. При статистической обработке использовали дисперсионный анализ для повторяющихся наблюдений, непараметрический анализ по Фридману, t -критерий для попарно связанных вариантов и корреляционный анализ.

Результаты исследования

Изучение показателей внешнего дыхания в течение четырех сезонов года показало, что их можно разделить на 2 типа: стабильные и изменяющиеся.

Весьма стабильными у здоровых мужчин являются показатели, характеризующие анатомическое развитие аппарата внешнего дыхания и силу дыхательных мышц (табл. 1).

Среднестатистические значения емкости вдоха (Евд) и жизненной емкости легких (ЖЕЛ) во все сезоны не выходят за пределы ошибки измерения ($\pm 2,5\%$). Не изменяется в течение года и максимальная вентиляция легких (МВЛ), отражающая вентиляционную способность системы внешнего дыхания ($\pm 1,8\%$). Достаточно стабильным у здоровых сибиряков является и потребление кислорода (ПО_2). Сезонные колебания не превышают $\pm 3,4\%$ и статистически недостоверны. Фактически не меняется и частота дыхания ($\pm 1,8\%$).

К изменяемым показателям в первую очередь относятся минутный объем дыхания (МОД) и коэффициент использования кислорода (КИО_2), характеризующие процессы вентиляции и газообмена.

Таблица 1

Показатели внешнего дыхания у здоровых мужчин в разные сезоны года ($\bar{x} \pm m$)

Показатели	Лето	Осень	Зима	Весна
ПО_2 , мл/мин	$272 \pm 8,2$	$284 \pm 6,2$	$289 \pm 7,7$	$270 \pm 7,2$
МОД, л/мин	$8,81 \pm 0,36^{**}$	$8,22 \pm 0,30$	<u>$7,90 \pm 0,28$</u>	$8,11 \pm 0,33$
КИО_2	<u>$38,1 \pm 1,02$</u>	$41,9 \pm 1,48$	$45,6 \pm 1,74^{**}$	$42,0 \pm 1,90$
ЧД, ед/мин	$14,5 \pm 0,54$	$14,0 \pm 0,69$	$14,0 \pm 0,69$	$14,2 \pm 0,63$
ДО, мл	615 ± 21	$628 \pm 28^*$	590 ± 27	<u>573 ± 21</u>
МВЛ, л/мин	$135 \pm 7,4$	$131 \pm 5,4$	$136 \pm 5,6$	$135 \pm 4,6$
ЖЕЛ, мл	5540 ± 134	5550 ± 121	5550 ± 132	5330 ± 110
Евд, мл	3630 ± 89	3500 ± 95	3500 ± 96	3500 ± 94
РОВЫД, мл	1940 ± 90	$2060 \pm 77^{**}$	2010 ± 89	<u>1830 ± 72</u>
ООЛ, мл	$1910 \pm 70^{**}$	1810 ± 67	<u>1560 ± 74</u>	1740 ± 72
ФОЕ, мл	$3860 \pm 103^{**}$	$3860 \pm 118^{**}$	3610 ± 124	<u>3580 ± 103</u>
РОВЫД /ООЛ	<u>$1,06 \pm 0,07$</u>	$1,15 \pm 0,04$	$1,33 \pm 0,08^{**}$	$1,10 \pm 0,06$
ОФВ ₁	$4580 \pm 126^{**}$	4450 ± 121	4290 ± 139	<u>3960 ± 132</u>
ОФВ ₁ /ЖЕЛ	$82 \pm 2,0^{**}$	$82 \pm 1,8^{**}$	$80 \pm 1,7$	<u>$76 \pm 2,1$</u>

Примечание: * – $p < 0,03$, ** – $p < 0,01$. Различия между минимумом (подчеркнут) и максимумом (со звездочкой) достоверны; сравнения проводились парным t -тестом.

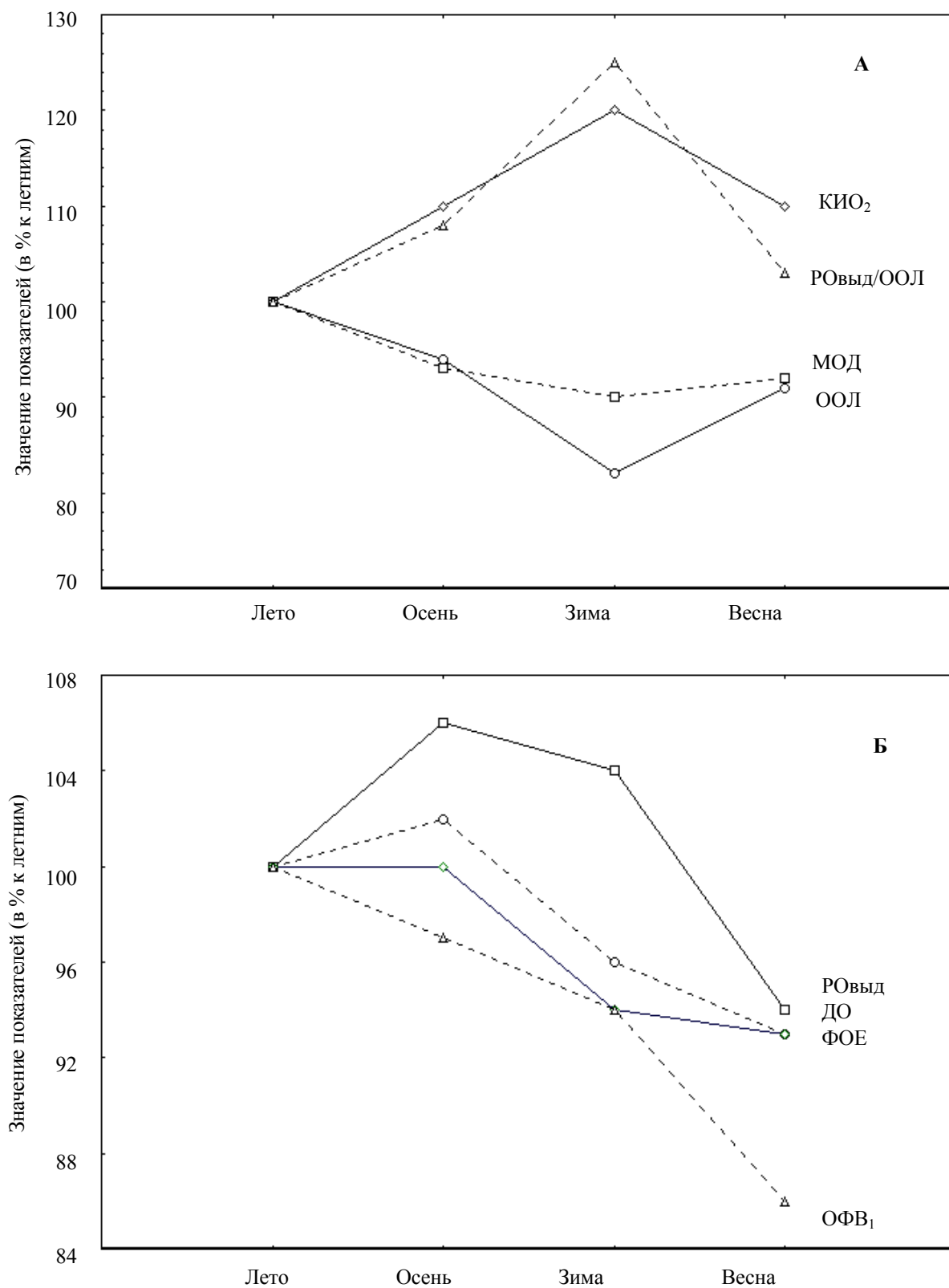


Рис. Изменение средних значений показателей внешнего дыхания в течение года.
 А - связанные с сезонной динамикой температуры воздуха;
 Б - не связанные с сезонной динамикой температуры воздуха.

У МОД максимум отмечается летом, а зимой вентиляция уменьшается на 10,3% ($p < 0,01$). КИО₂ наоборот достигает максимальных значений зимой, а летом уменьшается до минимума. Амплитуда его изменений составляет 17,9% ($p < 0,001$). Осенью и весной у обоих показателей регистрируются промежуточные значения (рис.).

Максимальные различия зимой и летом отмечаются у остаточного объема легких (ООЛ) и отношения резервного объема выдоха к остаточному объему легких (РОВыд/ООЛ). Первый достоверно уменьшается осенью, еще больше – зимой, а весной снова повышается. Разница составляет 350 мл (20,2%; $p < 0,01$). РОВыд/ООЛ показывает зеркальную динамику с максимумом зимой при амплитуде 22,6% ($p < 0,01$).

К изменяемым показателям относятся также дыхательный объем (ДО), резервный объем выдоха (РОВыд), функциональная остаточная емкость (ФОЕ), объем форсированного выдоха за 1 секунду (ОФВ₁), и индекс Тиффно (ОФВ₁/ЖЕЛ). Однако динамика изменений у них иная. Минимальные значения у них отмечаются весной, а максимальные – осенью или летом и осенью. Амплитуда изменений у этих показателей, как правило, меньше (7,5-14,5%), но сезонные различия достоверны ($p < 0,01 - 0,02$).

Представленные данные показывают, что с сезонными изменениями температуры совпадает динамика только четырех показателей: МОД, КИО₂, ООЛ, РОВыд/ООЛ. Они, несомненно, отражают влияние основного экологического фактора, действующего на систему внешнего дыхания у жителей Сибири – низкой температуры воздуха в зимнее время года. Изменения ДО, РОВыд, ФОЕ, ОФВ₁, и ОФВ₁/ЖЕЛ обусловлены либо другими факторами, либо комплексом факторов, включая и температуру окружающей среды. Однако, сезонные изменения обеих групп выше перечисленных показателей подтверждаются дисперсионным анализом для повторяющихся наблюдений и непараметрическим анализом по Фридману.

В течение года изменяются не только значения показателей, но и характер связей между ними. Значения коэффициентов корреляции между показателями, относящимися к функциональным процессам и к аппарату внешнего дыхания, представлены в таблице 2.

В летнее время обнаруживается достоверная тесная связь между ПО₂ и МОД. Осенью она ослабевает, зимой становится недостоверной, а весной совсем не выявляется. Аналогичная, но более слабая связь имеется между ПО₂ и ДО, которая также исчезает зимой. Эта связь, очевидно, является вторичной, т.к. летом между МОД и ДО также выявляется достоверная корреляция ($r = 0,50$; $p < 0,01$). Вместо исчезнувших, зимой появляются достоверные связи ПО₂ с КИО₂ и РОВыд/ООЛ, которых не было летом. Таким образом, летние связи ПО₂ с легочной вентиляцией зимой заменяются зависимостью от соотношения статических легочных объемов.

Таблица 2

Коэффициенты корреляции между показателями внешнего дыхания у здоровых мужчин в разные сезоны года

Показатели	Лето	Осень	Зима	Весна
ПО ₂ -МОД	0,79	0,50	(0,21)	0
ПО ₂ -КИО ₂	0	0	0,42	0,54
ПО ₂ -ДО	0,48	0,40	0	(0,31)
ПО ₂ -РОВыд/ООЛ	(0,28)	0	0,50	(0,27)
ДО-ФОЕ	(0,34)	0,43	0,42	(0,34)
ДО-ОФВ ₁	(0,40)	(0,20)	0,61	0

Примечание: значения в скобках не достоверны ($p > 0,05$). Значения меньше $[\pm 0,14]$ (по модулю) приравнены к 0.

Осенью и зимой появляется также достоверная связь между ДО и ФОЕ. Она показывает соответствие между объемом вдыхаемого холодного воздуха и теплого альвеолярного газа, остающегося в легких на выдохе. Очевидно, что нарушение этого соотношения приведет к переохлаждению респираторной ткани и развитию воспалительного процесса. Механизм ограничения ДО, по-видимому, связан с бронхиальной проходимостью, поскольку зимой появляется выраженная зависимость ДО от ОФВ₁.

Обсуждение результатов

Уменьшение ООЛ у здоровых мужчин при стабильных параметрах грудной клетки и мышечной силе можно объяснить только тем, что часть легочных ацинусов выключается из вентиляции и газообмена и переходит в функциональный резерв респираторной ткани. В резервную ткань гелий не проникает и поэтому ее объем не регистрируется при измерении ФОЕ [1]. Отсюда следует, что зимой, когда ООЛ значительно уменьшается, число морфофункциональных единиц, охлаждающихся в процессе вентиляции, становится минимальным. Аналогичная реакция наблюдалась ранее при непосредственном вдыхании низкотемпературного воздуха [10].

Ограничение МОД зимой также уменьшает охлаждение легких. Аналогичной точки зрения придерживаются М.Т.Луценко и др. [4], G.G.Giesbrecht [12, 13]. Однако стабильное поддержание ПО₂ при уменьшении легочной вентиляции возможно только при каких-то изменениях в респираторных отделах легких, которые позволяют повысить ее эффективность. Последняя действительно достоверно возрастает, о чем можно судить по увеличению КИО₂. Одновременно появляется достоверная связь КИО₂ с ПО₂.

К компенсаторным изменениям, влияющим на эффективность вентиляции следует отнести увеличение соотношения РОВыд/ООЛ, т.е. соотношения выдыхаемого воздуха и остающегося в легких после

максимального выдоха. Между PO_2 и этим показателем зимой выявляется тесная связь. Если учесть, что в зимнее время года число вентилируемых ацинусов достоверно уменьшается, то увеличение $PO_{вд}/OOL$ указывает на повышение воздушности тех структур, которые продолжают функционировать.

При повышении воздушности, в результате растяжения межальвеолярных перегородок, происходит увеличение площади респираторной поверхности и уменьшение толщины альвеолярно-капиллярной мембраны, т.е. увеличение диффузионной способности легких [11]. Последнее, согласно закону Фика, ускоряет масс-перенос кислорода из альвеолярного газа в кровь легочных капилляров. В результате такой функциональной перестройки респираторных отделов легких эффективность легочной вентиляции в зимний период года повышается, что позволяет уменьшить ее объем.

Обобщая основные результаты, относящиеся к сезонным изменениям в системе внешнего дыхания, связанным с годовой динамикой температуры воздуха, можно заключить, что у жителей средних широт Западной Сибири в зимнее время года происходит уменьшение числа функционирующих ацинусов и объема легочной вентиляции, направленные на ослабление охлаждения респираторной ткани вдыхаемым холодным воздухом. Для стабильного поддержания потребления кислорода, уменьшение вентиляции компенсируется повышением воздушности респираторных отделов, позволяющим увеличить интенсивность газообмена в легких.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гришин О.В., Никольская О.Э. Зависимость между функциональной остаточной емкостью легких и уровнем газообмена при физических нагрузках // Физиол. человека.- 1996.-Т.22, №1.-С.93-97.
2. Кеткин А.Т. Адаптация кардиореспираторной системы человека к труду на Севере // Адаптация человека и животных: Тез.докл.- Якутск, 1986.-С.23-24.
3. Куцов Г.М., Савельева Л.Г., Кустубаева А.М. и др. Исследование кардиореспираторной системы человека в условиях химико-металлургического производства // Эколого-физиологические проблемы адаптации: Материалы Всесоюзного симпозиума.- М., 1994.-С.147-148.
4. Луценко М.Т., Нахамчен Л.Н., Перельман Ю.М. Изменения функции внешнего дыхания у женщин в разные сезоны года // Физиол. человека.- 1987.- Т.13, №3.- С.446-449.
5. Прилипко Н.С., Перельман Ю.М. Сезонные изменения вентиляционной функции легких и реактивности дыхательных путей у здоровых людей // Физиол. человека.- 1990.- Т.16, №4.- С.97-102.
6. Сезонные изменения кардиореспираторной системы жителей Севера / М.П.Роцевский, В.Г.Евдокимов, А.С.Овсов, Н.Г.Варламова // Физиол. человека.-1993.- Т.19, №6.- С.44-50.
7. Региональные и сезонные особенности функционирования кардиореспираторной системы жителей Севера / М.П.Роцевский, В.Г.Евдокимов, Н.Г.Варламова, А.С.Овсов // Физиол. человека.- 1994.- Т.20, №6.-С.75-81.
8. Солонин Ю.Г. Сезонные изменения физиологических функций у жителей Севера // Физиол. человека.- 1995.- Т.21, №6.- С.70-75.
9. Функциональные особенности системы дыхания у молодежи на Северо-Востоке России/ Г.С.Шишкин, С.А.Петрунев, Н.Цзо, Д.В.Куличевский//Бюл. СО РАМН.-1992.-№1.-С.48-54.
10. Шишкин Г.С., Гришин О.В., Никольская О.Э. Изменение легочных объемов при дыхании холодным воздухом // Физиол. человека.-1992.- Т.18, №4.- С.12-17.
11. Bachofen H.R., Schurch S., Urbinelli M., Weibel E.R. Relations among alveolar surface tension, surface area, volume and recoil pressure // J.Appl.Physiol.- 1987.- Vol.62.- P.1878-1887.
12. Giesbrecht G.G. The respiratory system in a cold environment // Aviat.Space Environ.Med.-1995.- Vol.66, №9.- P.890-902.
13. Giesbrecht G.G. Breathing in the cold //Problems with cold work.-Sweden, 1998.-P.184-189.
14. Ingemann-Hansen T., Halkjær-Kristensen J. Seasonal variation of maximal oxygen consumption rate in humans // Eur.J.Appl.Physiol.- 1982.- Vol.49, №2.- P.151-157.
15. Islam M.S. Jahresrhythmus des Atemwegswiderstandes und des intrathorakalen Gasvolumens bei gesunden Frauen und Mannern // Respiration.- 1981.- Vol.42, №3.- P.193-199.

