

Журнал медико-биологических исследований. 2024. Т. 12, № 1. С. 40–48.

Journal of Medical and Biological Research, 2024, vol. 12, no. 1, pp. 40–48.

Научная статья

УДК 612

DOI: 10.37482/2687-1491-Z173

Динамика физиологических показателей студентов г. Луганска при прохождении практики в высокогорье

Диана Адамовна Хашхожева* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8393-0945>

Анна Васильевна Иваненко** ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8831-5386>

Юлия Сергеевна Фоминова** ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9656-6348>

Имирлан Хазретович Эристов* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2974-5634>

*Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова
(Нальчик, Россия)

**Луганский государственный педагогический университет
(Луганск, Россия)

Аннотация. Молодежь, проживающая в экологически неблагоприятной местности, испытывает потребность в поддержке функциональных резервов организма. Гипоксические тренировки в горах являются золотым стандартом адаптационной физиологии. **Цель** данной работы – изучить физиологические показатели молодых жителей г. Луганска при перемещении с равнинной территории в высокогорье. **Материалы и методы.** Обследованы студенты Луганского государственного педагогического университета ($n = 19$) до, в период и после пребывания в Приэльбрусье. Для наблюдения за физиологическими показателями проводили пульсоксиметрию на приборе MD300M, измеряли артериальное давление аускультативным методом, определяли вегетативный индекс Кердо (ВИК) и концентрацию CO_2 в крови методом капнометрии. **Результаты.** Выявлен низкий фоновый уровень здоровья студентов. После 5-дневного пребывания в горах отмечался некоторый рост физиологического благополучия, наблюдавшийся и по возвращении в Луганск (период последствий). Так, частота сердечных сокращений (ЧСС) снизилась с $86,14 \pm 3,63$ до $81,16 \pm 2,19$ уд/мин, на 10-й день последствий эффект сохранился – ЧСС составила $80,87 \pm 4,77$ уд/мин. Сатурация повысилась с $94,86 \pm 0,31$ до $96,16 \pm 0,32$ %, а на 10-й день последствий составила $95,29 \pm 0,33$ %. Вегетативное равновесие сместилось с симпатикотонии (ВИК = $22,92 \pm 5,48$ у. е.) в сторону нормотонии (ВИК = $15,56 \pm 3,55$ у. е.). Концентрация CO_2 в артериальной крови составила: фоновая – $4,73 \pm 0,08$ %, на 3-й день пребывания в горах – $5,03 \pm 0,15$ %, на 2-й день последствий – $5,16 \pm 0,20$ %, а на 10-й – $4,86 \pm 0,09$ %. Одновременно увеличилось время задержки дыхания, что свидетельствует о состоявшейся адаптации к гипоксии. В период пребывания в горах студенты ежедневно перемещались на высоте 1500–3450 м над уровнем моря, колебательный режим гипоксических тренировок сопровождался субъективно плохим самочувствием, слабостью и голово-

Ответственный за переписку: Диана Адамовна Хашхожева, адрес: 360003, г. Нальчик, ул. Чернышевского, д. 173; e-mail: dianaadamovna@mail.ru

кружением, что объяснимо с позиций механизмов физиологической адаптации к гипоксии. Результаты исследования подтверждают необходимость принятия мер по повышению уровня функциональных резервов молодежи Луганска.

Ключевые слова: адаптация к гипоксии, горная местность, студенты, физиологические резервы, частота сердечных сокращений, сатурация крови кислородом, концентрация углекислого газа в крови.

Для цитирования: Динамика физиологических показателей студентов г. Луганска при прохождении практики в высокогорье / Д. А. Хашхожева, А. В. Иваненко, Ю. С. Фомина, И. Х. Эристов // Журнал медико-биологических исследований. – 2024. – Т. 12, № 1. – С. 40-48. – DOI: 10.37482/2687-1491-Z173.

Original article

Dynamics of Physiological Parameters in Lugansk Students During Internship in the Highlands

Diana A. Khaskhozheva* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8393-0945>

Anna V. Ivanenko** ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8831-5386>

Yuliya S. Fominova** ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9656-6348>

Imirlan Kh. Eristov* ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2974-5634>

*Kabardino-Balkarian State University named after H.M. Berbekov
(Nalchik, Russian Federation)

**Lugansk State Pedagogical University
(Lugansk, Russian Federation)

Abstract. Adverse ecological conditions put a strain on the functional reserves of young people. Hypoxic training in the mountains is the gold standard of adaptive physiology. The **purpose** of this paper was to study the physiological parameters of young Lugansk residents moving from the lowlands to the highlands. **Materials and methods.** Students of Lugansk State Pedagogical University ($n = 19$) were examined before, during and after their stay in the Elbrus region. To monitor the physiological parameters, pulse oximetry was performed using the MD300M device, blood pressure was measured using the auscultation method, Kérdö index and CO₂ concentration in the blood using capnometry were determined. **Results.** The baseline level of health in students was found to be low. After a 5-day stay in the mountains, a certain increase in physiological well-being was noted, which persisted upon returning to Lugansk (aftereffect period). Namely, heart rate (HR) decreased from 86.14 ± 3.63 to 81.16 ± 2.19 bpm; 10 days later the effect remained: HR was 80.87 ± 4.77 bpm. Oxygen saturation increased from 94.86 ± 0.31 to 96.16 ± 0.32 %; on the 10th day upon returning to the city, it was 95.29 ± 0.33 %. Autonomic balance shifted from sympathicotonia (Kérdö index = 22.92 ± 5.48 conventional units) towards normotonia (Kérdö index = 15.56 ± 3.55 conventional units). CO₂ concentration in the arterial blood was 4.73 ± 0.08 % at baseline, 5.03 ± 0.15 % on the 3rd day in the mountains, 5.16 ± 0.20 % on the 2nd day of aftereffect, and 4.86 ± 0.09 % on the 10th day. Breath-holding time increased, which indicates that

Corresponding author: Diana Khaskhozheva, address: ul. Chernyshevskogo 173, Nalchik, 360003, Russian Federation; e-mail: dianaadamovna@mail.ru

adaptation to hypoxia occurred. During their stay in the mountains, students went on daily hikes at 1500–3450 m above sea level. The fluctuating mode of hypoxic training was accompanied by a subjective feeling of unwellness, weakness and vertigo, which is understandable considering the mechanisms of physiological adaptation to hypoxia. The results of the study confirm that measures need to be taken in order to increase the level of functional reserves of young people living in Lugansk.

Keywords: *adaptation to hypoxia, mountainous area, students, physiological reserves, heart rate, oxygen saturation, carbon dioxide level in the blood.*

For citation: Khashkhozheva D.A., Ivanenko A.V., Fominova Yu.S., Eristov I.Kh. Dynamics of Physiological Parameters in Lugansk Students During Internship in the Highlands. *Journal of Medical and Biological Research*, 2024, vol. 12, no. 1, pp. 40–48. DOI: 10.37482/2687-1491-Z173

Вопрос о механизмах адаптации человека к изменяющимся условиям среды и способах поддержки организма, несмотря на повышенный к нему интерес и большое количество исследований, по-прежнему актуален. Среди населения отмечается бесконтрольный прием биологически активных добавок с целью повышения функциональных резервов и восполнения дефицитов, хотя показано, что такая тенденция может иметь последствия в виде отклонения физиологических показателей в сторону патологии [1, 2]. Требуется поиск средств повышения уровня здоровья без высокой степени инвазивности.

В поддержке функциональных резервов организма, несомненно, нуждается и молодежь. В последние десятилетия отечественные ученые отмечают снижение общего уровня функциональных резервов молодых людей РФ [3, 4]. Общемировая тенденция, за исключением стран Африки к югу от Сахары, противоположная: наблюдается постепенный рост физиологического благополучия молодых людей [5]. Однако даже эта незначительная тенденция к повышению уровня функциональных резервов детей и молодежи была поставлена под угрозу пандемией COVID-19 [6]. Очевидно, что необходимо интенсифицировать исследования в части изучения причин фонового снижения здоровья молодежи, а также поиска инструментов нормализации их адаптационного потенциала. Здоровое, тру-

доспособное молодое население является залогом развития любого общества. Тенденция к снижению физического благополучия молодежи не может не вызывать беспокойство. Предотвращение патологии путем повышения уровня функциональных резервов организма – классический и безопасный способ оздоровления в адаптационной физиологии.

Цель работы состояла в исследовании физиологических показателей молодых людей при перемещении с равнинной территории в высокогорье.

Материалы и методы. Настоящее исследование проведено в июле 2022 года, в период летней практики студентов Луганского государственного педагогического университета (ЛГПУ), которая проходила в Эльбрусском учебно-научном комплексе Кабардино-Балкарского государственного университета (с. Эльбрус). В нем приняли участие 19 студентов 1-го курса факультета естественных наук, которые были ознакомлены с целями работы и дали информированное согласие. Средний возраст участников исследования составил $19,00 \pm 0,12$ года. Выборка была равномерно разделена по полу, исключены лица с хроническими заболеваниями сердечно-сосудистой системы, т. к. именно на органы данной системы приходится основная нагрузка адаптационного ответа организма.

Участники исследования – студенты ЛГПУ – проживают в экологически небла-

гоприятной среде [7–9]. В последние годы в Луганской области регистрируется рост загрязненности воздуха и воды, а также повышение антропогенной нагрузки. Равнинная территория региона располагается преимущественно в степной зоне, на высоте до 300 м над уровнем моря, климат – умеренно-континентальный [10]. Однако ученые отмечают, что температура воздуха зимой имеет тенденцию к снижению, а летом – к повышению [11].

Исследуемая группа переместилась с территории Луганской области в район Приэльбрусья. Учебно-научный комплекс, в котором проводилось исследование, находится на высоте 1850 м над уровнем моря. В период пребывания в горах молодые люди ежедневно перемещались по территории национального парка «Приэльбрусье» в пределах 1500–3450 м над уровнем моря. Данный регион характеризуется разнообразным ландшафтом, сложным радиационным и тепловым балансом [12], что в сочетании с физическими нагрузками стимулирует симпатoadреналовую систему человека.

Для наблюдения за физиологическими показателями студентов выполняли пульсоксиметрию на приборе MD300M, измеряли арте-

риальное давление аускультативным методом, концентрацию CO₂ в крови методом капнометрии, а также определяли вегетативный индекс Кердо (ВИК). Измерения проводили в три этапа: до поездки в горную местность (фоновые значения), в период пребывания в горах и по возвращении в г. Луганск (2-й и 10-й дни последствия). Оценку статистической значимости различий между фоновыми и последующими показателями производили по *t*-критерию Стьюдента (при *p* < 0,05 в сравнении с фоном).

Результаты. Фоновое значение частоты сердечных сокращений (ЧСС) в среднем составило 86,14±3,63 уд/мин (рис. 1). В 1-й день пребывания в высокогорье показатель повысился до 88,68±2,66 уд/мин, однако в последующие дни отмечено его снижение. К 5-му дню пребывания в горах средняя ЧСС студентов составила 81,16±2,19 уд/мин. Через 10 дней после возвращения в Луганск значение показателя стало 80,87±4,77 уд/мин.

Сатурация кислорода статистически значимо повышалась с 94,86±0,31 % (фон) до 96,16±0,32 % (период пребывания в горах). По возвращении на равнину отмечалось сни-

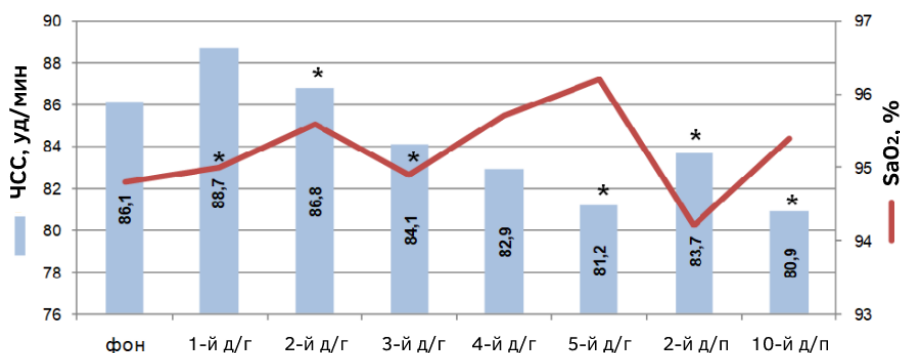


Рис. 1. Динамика частоты сердечных сокращений (ЧСС) и сатурации кислорода в крови (SaO₂) студентов Луганского государственного педагогического университета при адаптации к высокогорью (здесь и далее: д/г – дни в горах; д/п – дни последствия; * – установлены статистически значимые различия с фоновыми значениями, *p* < 0,05)

Fig. 1. Dynamics of heart rate and blood oxygen saturation in Lugansk State Pedagogical University students during adaptation to high altitudes (* – statistically significant differences from baseline were established, *p* < 0.05)

жение показателя до $94,14 \pm 0,37$ %, однако к 10-му дню последствия он статистически значимо повысился в сравнении с фоном (до $95,29 \pm 0,33$ %).

Вегетативное равновесие оценивалось по ВИК. Значение индекса в интервале от -10 до $+10$ у. е. соответствует нормотонии, больше $+10$ у. е. – симпатикотонии (преобладание тонуса симпатической нервной системы), меньше -10 у. е. – парасимпатикотонии (преобладание тонуса парасимпатического отдела вегетативной нервной системы). Фоновое значение ВИК у студентов было в среднем $22,92 \pm 5,48$ у. е., что говорит о превалировании тонуса симпатического отдела вегетативной нервной системы (рис. 2). С первых дней пребывания в горах отмечалось смещение веге-

низме саморегуляции дыхания, а также обеспечения спонтанной ритмической деятельности дыхательного центра. Дефицит CO_2 может провоцировать кислородное голодание: кислород поступает в ткани в обмен на CO_2 , низкое содержание последнего в ткани приводит к неполноценной отдаче кислорода гемоглобином. Кроме того, углекислый газ участвует в нормализации важных физиологических показателей – тонуса гладкой мускулатуры и возбудимости нервной системы [13]. Таким образом, углекислый газ способствует полноценному усвоению кислорода, а его процентное содержание в артериальной крови является важным физиологическим критерием оценки состояния кровоснабжения тканей.

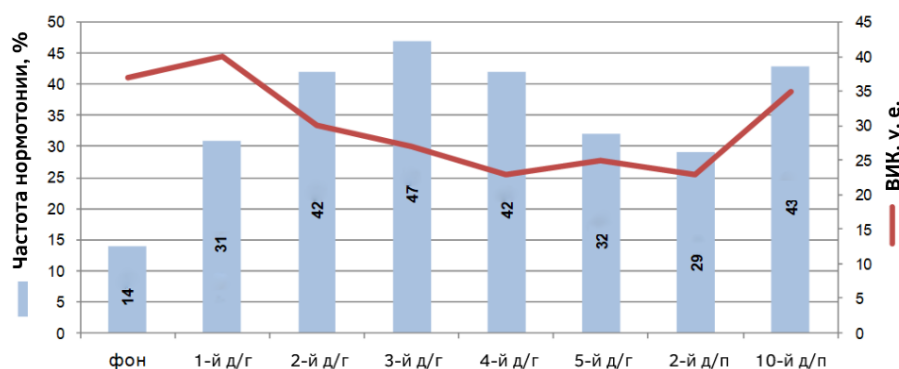


Рис. 2. Динамика вегетативного равновесия студентов Луганского государственного педагогического университета при адаптации к высокогорью (ВИК – вегетативный индекс Кердо)

Fig. 2. Dynamics of autonomic balance in Lugansk State Pedagogical University students during adaptation to high altitudes

тативного равновесия в сторону нормотонии. На 4-й день пребывания в высокогорье значение показателя стало $12,85 \pm 3,49$ у. е. Доля студентов с нормотонией в течение всего периода наблюдения увеличивалась. На 2-й и 10-й дни последствия ВИК составил $13,84 \pm 6,75$ и $21,23 \pm 2,31$ у. е. соответственно. Флуктуации показателя сглажены и свидетельствуют о реализации адаптационных механизмов.

Известно, что физиологическое значение углекислого газа состоит в участии в меха-

В нашем исследовании фоновое значение концентрации углекислого газа в крови студентов в среднем составило $4,73 \pm 0,08$ % (рис. 3). В течение всего периода пребывания в горах отмечались незначительные флуктуации показателя, несмотря на которые можно говорить о росте концентрации углекислого газа в крови участников исследования. На 2-й день последствия наблюдалось статистически значимое повышение показателя по сравнению с фоном (до $5,16 \pm 0,20$ %).

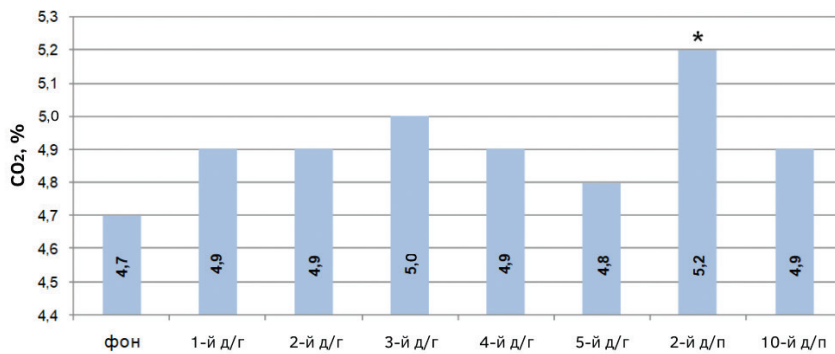


Рис. 3. Динамика концентрации углекислого газа в крови студентов Луганского государственного педагогического университета при адаптации к высокогорью

Fig. 3. Dynamics of carbon dioxide level in the blood of Lugansk State Pedagogical University students during adaptation to high altitudes

Обсуждение. Повышение функциональных резервов организма через высокогорную адаптацию субъективно нельзя назвать комфортным: студенты периодически отмечали головные боли, общую слабость и высокую утомляемость. Однако динамика физиологических показателей объективно демонстрирует их нормализацию: повышалось насыщение гемоглобина крови кислородом на фоне снижения ЧСС, росла доля участников исследования с нормотонией, концентрация углекислого газа в крови также увеличивалась. Наиболее резкие изменения произошли в 1-й день пребывания в горах и на 2-й день последействия. В 1-й день практики у студентов при средней ЧСС 88,68 уд/мин сатурация составила лишь 95,05 %. По возвращении в Луганск средняя ЧСС стала 83,71 уд/мин, а сатурация упала до 94,14 %, однако к 10-му дню последействия произошло увеличение сатурации до 95,29 %.

За весь период наблюдения доля студентов с нормотонией выросла с 14 до 43 %, содержание углекислоты в артериальной крови и сатурация незначительно повысились, а ЧСС уменьшилась и стабилизировалась. В физиологии известен эффект Вериго–Бора [14]: снижение содержания углекислоты в артери-

альной крови влечет за собой увеличение коэффициента сродства кислорода к гемоглобину. Это затрудняет высвобождение кислорода в ткань и способствует развитию гипоксии. Поэтому кажущееся противоречивым одновременное повышение концентрации углекислого газа в артериальной крови и насыщения гемоглобина крови кислородом является физиологически обусловленным и адаптивным для организма. Кроме того, известно, что рост концентрации углекислого газа в крови связан с увеличением времени задержки дыхания, что также указывает на состоявшуюся приспособительную реакцию организма. Исследования свидетельствуют, что при этом растут концентрация оксигемоглобина, минутный объем дыхания и емкость легких при неизменной частоте дыхательных движений [15, 16]. Однако есть работы, показывающие, что при адаптации к высокогорной гипоксии возможны суточная нестабильность сатурации и уменьшение содержания оксигемоглобина в ночное время [17].

Фоновые значения физиологических показателей демонстрируют выраженно сниженный уровень здоровья среди студентов Луганска. Стоит подчеркнуть, что пребывание студентов в горах длилось лишь неделю и со-

проводилось физическими нагрузками, с чем связаны флуктуации физиологических показателей. Предполагаем, что более длительное пребывание в горах с умеренной физической нагрузкой будет иметь более сильный адаптационный эффект с меньшими флуктуациями.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Список литературы

1. *Stickel F., Shouval D.* Hepatotoxicity of Herbal and Dietary Supplements: An Update // *Arch. Toxicol.* 2015. Vol. 89. P. 851–865. <https://doi.org/10.1007/s00204-015-1471-3>
2. *White C.M.* Dietary Supplements Pose Real Dangers to Patients // *Ann. Pharmacother.* 2020. Vol. 54, № 8. P. 815–819. <https://doi.org/10.1177/1060028019900504>
3. *Журавлева И.В., Лакомова Н.В.* Здоровье молодежи как объект социальной политики // *Соц. аспекты здоровья населения.* 2018. № 4(62). Ст. № 8. <https://doi.org/10.21045/2071-5021-2018-62-4-8>
4. *Коданева Л.Н., Кетлерова Е.С.* Образ жизни и отношение к здоровью студенческой молодежи // *Уч. зап. ун-та им. П.Ф. Лесгафта.* 2019. № 3(169). С. 152–156.
5. *Masquelier B., Hug L., Sharrow D., You D., Mathers C., Gerland P., Alkema L.* Global, Regional, and National Mortality Trends in Youth Aged 15–24 Years Between 1990 and 2019: A Systematic Analysis // *Lancet Glob. Health.* 2021. Vol. 9, № 4. P. e409–e417. [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(21\)00023-1](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(21)00023-1)
6. *Kyeremateng R., Oguda L., Asemota O.* COVID-19 Pandemic: Health Inequities in Children and Youth // *Arch. Dis. Child.* 2022. Vol. 107, № 3. P. 297–299. <https://doi.org/10.1136/archdischild-2020-320170>
7. *Лобачева К.Е.* Сравнительная оценка экологического состояния атмосферного воздуха города Луганска // *Достижения молодых ученых в развитии сельскохозяйственной науки и АПК: сб. материалов VII Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых (с. Соленое Займище, 18–19 июля 2018 г.).* Соленое Займище, 2018. С. 222–226.
8. *Тресницкий С.Н., Авдеенко В.С., Тресницкая В.А., Енин М.В.* Анализ экологической ситуации в регионе Донбасса // *Науч. вестн. ГОУ ЛНР «Луган. нац. аграр. ун-т».* 2019. № 6-2. С. 442–450.
9. *Козьякова С.С., Шабанова Ю.Н., Негода А.А.* Мониторинг состояния окружающей среды в Луганской Народной Республике // *Материалы пула научно-практических конференций (Донецк–Керчь–Луганск, 24–28 янв. 2022 г.).* Керчь, 2022. С. 290–293.
10. *Слонова Т.И.* Географическое положение Луганщины и его влияние на социально-экономическое развитие региона // *Туристическая индустрия: современное состояние и приоритеты: материалы X Междунар. науч.-практ. конф. (Луганск, 27–28 апр. 2017 г.).* Вып. 10. Луганск, 2017. С. 345–349.
11. *Долгих Е.Д.* Климат Луганщины и его современные изменения // *Науковий вісник Луганського національного аграрного університету. Серія: Біологічні науки.* 2013. № 50. С. 94–97.
12. *Шальнев В.А., Лысенко А.В.* Климатические условия развития туристско-рекреационной деятельности в Западном Приэльбрусье // *Наука. Инновации. Технологии.* 2020. № 4. С. 53–74.
13. *Шаов М.Т., Пишкова О.В., Шаова З.А.* Дистанционное управление здоровьем человека с помощью квантово-волновых физиологических технологий (квантово-волновая физиология) // *Успехи соврем. естествознания.* 2010. № 5. С. 21–28.
14. *Буянтян Н.Д., Дрогвозов С.М., Кононенко А.В., Зеленкова Г., Прокофьев А.Б.* Карбокситерапия – одно из инновационных направлений в курортологии // *Вопр. курортологии, физиотерапии и лечеб. физ. культуры.* 2018. Т. 95, № 5. С. 72–76. <https://doi.org/10.17116/kurort20189505172>
15. *Анзоров В.А., Морякина С.В.* Адаптация респираторной системы студентов к горной гипоксии // *Перспективы науки.* 2016. № 1(76). С. 19–23.

16. Lee P., Chandel N.S., Simon M.C. Cellular Adaptation to Hypoxia Through Hypoxia Inducible Factors and Beyond // *Nat. Rev. Mol. Cell Biol.* 2020. Vol. 21, № 5. C. 268–283. <https://doi.org/10.1038/s41580-020-0227-y>

17. Hill C.M., Baya A., Gavlak J., Carroll A., Heathcote K., Dimitriou D., L'Esperance V., Webster R., Holloway J., Virues-Ortega J., Kirkham F.J., Bucks R.S., Hogan A.M. Adaptation to Life in the High Andes: Nocturnal Oxyhemoglobin Saturation in Early Development // *Sleep.* 2016. Vol. 39, № 5. P. 1001–1008. <https://doi.org/10.5665/sleep.5740>

References

1. Stickel F., Shouval D. Hepatotoxicity of Herbal and Dietary Supplements: An Update. *Arch. Toxicol.*, 2015, vol. 89, pp. 851–865. <https://doi.org/10.1007/s00204-015-1471-3>

2. White C.M. Dietary Supplements Pose Real Dangers to Patients. *Ann. Pharmacother.*, 2020, vol. 54, no. 8, pp. 815–819. <https://doi.org/10.1177/1060028019900504>

3. Zhuravleva I.V., Lakomova N.V. Zdorov'e molodezhi kak ob'ekt sotsial'noy politiki [Health of Youth as a Object of Social Policy]. *Sotsial'nye aspekty zdorov'ya naseleniya*, 2018, no. 4. Art. no. 8. <https://doi.org/10.21045/2071-5021-2018-62-4-8>

4. Kodaneva L.N., Ketlerova E.S. Obraz zhizni i otnoshenie k zdorov'yu studencheskoy molodezhi [Life Style and Attitude to Health of Students]. *Uchenye zapiski universiteta im. P.F. Lesgafta*, 2019, no. 3, pp. 152–156.

5. Masquelier B., Hug L., Sharrow D., You D., Mathers C., Gerland P., Alkema L. Global, Regional, and National Mortality Trends in Youth Aged 15–24 Years Between 1990 and 2019: A Systematic Analysis. *Lancet Glob. Health*, 2021, vol. 9, no. 4, pp. e409–e417. [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(21\)00023-1](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(21)00023-1)

6. Kyeremateng R., Oguda L., Asemota O. COVID-19 Pandemic: Health Inequities in Children and Youth. *Arch. Dis. Child.*, 2022, vol. 107, no. 3, pp. 297–299. <https://doi.org/10.1136/archdischild-2020-320170>

7. Lobacheva K.E. Sravnitel'naya otsenka ekologicheskogo sostoyaniya atmosfornogo vozdukh goroda Luganska [Comparative Assessment of the Ecological State of the Atmospheric Air in the City of Lugansk]. *Dostizheniya molodykh uchennykh v razvitiy sel'skokhozyaystvennoy nauki i APK* [Achievements of Young Scientists in the Development of Agricultural Science and Industrial Agriculture]. *Solyonoye Zaymishche*, 2018, pp. 222–226.

8. Tresnitskiy S.N., Avdeenko V.S., Tresnitskaya V.A., Enin M.V. Analiz ekologicheskoy situatsii v regione Donbassa [The Analysis of the Environmental Situation in the Region of Donbass]. *Nauchnyy vestnik GOU LNR "Luganskiy natsional'nyy agrarnyy universitet"*, 2019, no. 6-2, pp. 442–450.

9. Koz'yakova S.S., Shabanova Yu.N., Negoda A.A. Monitoring sostoyaniya okruzhayushchey sredy v Luganskoy Narodnoy Respublike [Monitoring of the State of the Environment in the Lugansk People's Republic]. *Materialy pula nauchno-prakticheskikh konferentsiy* [Materials of the Pool of Research-to-Practice Conferences]. Kerch, 2022, pp. 290–293.

10. Sloneva T.I. Geograficheskoe polozhenie Luganshchiny i ego vliyanie na sotsial'no-ekonomicheskoe razvitiye regiona [Geographical Location of Lugansk Region and Its Impact on the Region's Socio-Economic Development]. *Turisticheskaya industriya: sovremennoe sostoyanie i priority* [Tourism Industry: Current State and Priorities]. Iss. 10. Lugansk, 2017, pp. 345–349.

11. Dolgikh E.D. Luhansk Climate and Its Modern Changes. *Sci. Bull. Lugansk Natl. Agrar. Univ. Biol. Sci.*, 2013, no. 50, pp. 94–97 (in Ukrainian).

12. Shal'nev V.A., Lysenko A.V. Klimaticheskie usloviya razvitiya turistsko-rekreatsionnoy deyatel'nosti v Zapadnom Priel'brus'e [Climatic Conditions of the Development of Tourist and Recreational Activities in the Western Elbrus Region]. *Nauka. Innovatsii. Tekhnologii*, 2020, no. 4, pp. 53–74.

13. Shaov M.T., Pshikova O.V., Shaova Z.A. Dstantsionnoe upravlenie zdorov'em cheloveka s pomoshch'yu kvantovo-volnovykh fiziologicheskikh tekhnologiy (kvantovo-volnovaya fiziologiya) [Remote Control by Health of the Man with the Help of Quant-Wave Physiological Technologies (Quant-Wave Physiology)]. *Uspekhi sovremennoy estestvoznaniya*, 2010, no. 5, pp. 21–28.

14. Bunyatyan N.D., Drogovoz S.M., Kononenko A.V., Zelenkova G., Prokofiev A.B. Carboxytherapy – an Innovative Trend in Resort Medicine. *Probl. Balneol. Physiother. Exerc. Ther.*, 2018, vol. 95, no. 5, pp. 72–76 (in Russ.). <https://doi.org/10.17116/kurort20189505172>

15. Anzorov V.A., Moryakina S.V. Adaptatsiya respiratornoy sistemy studentov k gornoy gipoksii [Adaptation of Respiratory System of Students to Mountain Hypoxia]. *Perspektivy nauki*, 2016, no. 1, pp. 19–23.

16. Lee P., Chandel N.S., Simon M.C. Cellular Adaptation to Hypoxia Through Hypoxia Inducible Factors and Beyond. *Nat. Rev. Mol. Cell Biol.*, 2020, vol. 21, no. 5, pp. 268–283. <https://doi.org/10.1038/s41580-020-0227-y>

17. Hill C.M., Baya A., Gavlak J., Carroll A., Heathcote K., Dimitriou D., L'Esperance V., Webster R., Holloway J., Virues-Ortega J., Kirkham F.J., Bucks R.S., Hogan A.M. Adaptation to Life in the High Andes: Nocturnal Oxyhemoglobin Saturation in Early Development. *Sleep*, 2016, vol. 39, no. 5, pp. 1001–1008. <https://doi.org/10.5665/sleep.5740>

*Поступила в редакцию 28.02.2023 / Одобрена после рецензирования 19.10.2023 / Принята к публикации 23.10.2023.
Submitted 28 February 2023 / Approved after reviewing 19 October 2023 / Accepted for publication 23 October 2023.*