

МЕТАБОЛИЧЕСКИЕ ПРЕДИКТОРЫ ДЕЗАДАПТАЦИИ ОРГАНИЗМА В УСЛОВИЯХ ЯКУТИИ

Е. З. Засимова, А. С. Гольдерова

ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова», Якутск, Россия

METABOLIC PREDICTORS OF ORGANISM DYSADAPTATION IN YAKUTIA

E. Z. Zasimova, A. S. Golderova

M. K. Ammosov North-Eastern Federal University, Yakutsk, Russia

Для цитирования: Засимова Е.З., Гольдерова А.С. Метаболические предикторы дезадаптации организма в условиях Якутии. Саратовский научно-медицинский журнал. Саратовский научно-медицинский журнал. 2024; 20 (4): 511–517. EDN: ZJLWMM. <https://doi.org/10.15275/ssmj511>.

Аннотация. Цель: определить метаболические предикторы дезадаптации организма работников водного транспорта в условиях Якутии. **Материал и методы.** Проведено обследование 224 мужчин — работников водного транспорта Якутии. На основе антропометрических и функциональных показателей организма рассчитан адаптационный потенциал. Определены биохимические показатели сыворотки крови: лактатдегидрогеназа (ЛДГ), щелочная фосфатаза, креатинфосфокиназа, креатинкиназа-MB, γ -глутамилтрансфераза, аспартат- и аланинаминотрансферазы, глюкоза, общий белок, альбумин, триглицериды, мочевины, креатинин, мочевины, общий холестерин, холестерин липопротеид высокой плотности и гормональные (свободные фракции трийодтиронина, тироксина, тиреотропный гормон, кортизол, тестостерон). Рассчитаны по формуле липопротеиды низкой и очень низкой плотности. **Результаты.** Методом множественного линейного регрессионного анализа установлены показатели в качестве значимых предикторов дезадаптивных процессов: 4 биохимических — холестерин ($\beta=0,234$; $p=0,001$), глюкоза ($\beta=0,192$; $p=0,003$), ЛДГ ($\beta=0,170$; $p=0,009$), триглицериды ($\beta=0,150$; $p=0,023$) и 1 гормональный — тестостерон ($\beta=-0,308$; $p=0,002$). **Заключение.** Повышенное содержание холестерина, глюкозы, ЛДГ и триглицерида, снижение уровня тестостерона определены в качестве значимых предикторов развития дезадаптации у работников водного транспорта.

Ключевые слова: адаптационный потенциал, дезадаптация, метаболические предикторы, плавсостав, Якутия

For citation: Zasimova EZ, Golderova AS. Metabolic predictors of organism dysadaptation in Yakutia. *Saratov Journal of Medical Scientific Research*. 2024; 20 (4): 511–517. (In Russ.) EDN: ZJLWMM. <https://doi.org/10.15275/ssmj511>.

Abstract. Objective: to determine the metabolic predictors of maladaptation of the body of water transport workers in Yakutia. **Material and methods.** A survey of 224 male workers of water transport in Yakutia was conducted. The adaptive potential (AP) is calculated on the basis of anthropometric and functional indicators of the body. Biochemical (lactate dehydrogenase (LDH), alkaline phosphatase, creatine phosphokinase, creatine kinase-MV, gamma-glutamyl-transferase, aspartate and alanine aminotransferases, glucose, total protein, albumin, triglycerides, urea, creatinine, uric acid, total cholesterol, high-density lipoprotein cholesterol) and hormonal (free fractions of triiodothyronine, thyroxine, thyroid stimulating hormone, cortisol, testosterone) serum parameters. Low and very low density lipoproteins were calculated using the formula. **Results.** By the method of multiple linear regression analysis indicators as significant predictors of maladaptive processes: 4 biochemical — cholesterol ($\beta=0.234$; $p=0.001$), glucose ($\beta=0.192$; $p=0.003$), LDH ($\beta=0.170$; $p=0.009$), triglycerides ($\beta=0.150$; $p=0.023$), and 1 hormonal — testosterone ($\beta=-0.308$; $p=0.002$). **Conclusion.** Elevated cholesterol, glucose, LDH and triglyceride levels, and decreased testosterone levels have been identified as significant predictors of maladjustment in water transport workers.

Keywords: adaptive potential, maladaptation, metabolic predictors, seafarers, Yakutia

Введение. Адаптационные изменения, возникающие у человека в высоких широтах, не только ускоряют процессы старения, но и вызывают негативные изменения в развитии и течении сердечно-сосудистых заболеваний у населения северных регионов. Состояния, предшествующие срыву адаптации, авторы относят к донозологическим. Показано, что истощение резервных возможностей организма развивается вследствие хронического стресса, приводит к развитию дезадаптивных процессов и,

как следствие, — возникновению патологических состояний [1–3].

Предикторы нарушения процессов адаптации организма человека в условиях высоких широт к настоящему моменту до конца не выяснены. Исследователями осуществляются поиски механизмов прогрессирования дезадаптации и их влияния на состояние здоровья. Прогнозирование дезадаптации и функционального исхода имеет важное значение для определения методов профилактики и отбора в профессиональную деятельность [4].

Цель — определить метаболические предикторы дезадаптации организма работников водного транспорта в условиях Якутии.

Материал и методы. Исследование состояло из двух этапов. I этап — исследование биохимических показателей сыворотки крови 224 мужчинам в возрасте от 19 до 68 лет (средний возраст $44,8 \pm 13,1$ года), из них береговые работники — 126, плавсостав — 98 человек, занятые в разных организациях водного транспорта Республики Саха (Якутии). II этап — исследование гормональных показателей сыворотки крови членам плавсостава в количестве 98 человек (средний возраст $46,1 \pm 13,4$ года). Работа одобрена локальным комитетом по биомедицинской этике Медицинского института ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова» (протокол №21 от 11.12.2019). Всеми участниками исследования подписано добровольное информированное согласие.

Проведено антропометрическое исследование с измерением роста (Р, см) и массы тела (МТ, кг). Измерение частоты сердечных сокращений проводили пальпаторным методом на лучевой артерии (ЧСС, уд/мин), величину систолического и диастолического артериального давления (САД, ДАД, мм рт. ст.) измеряли по методу Н.С. Короткова. Адаптационный потенциал (АП) рассчитывали по формуле Р.М. Бавевского и А.П. Берсеновой [2]:

$$\text{АП} = 0,011 \cdot \text{ЧСС} + 0,014 \cdot \text{САД} + 0,008 \cdot \text{ДАД} + 0,009 \cdot \text{МТ} - 0,009 \cdot \text{Р} + 0,014 \cdot \text{В} - 0,27, \quad (1)$$

где В — возраст (лет).

Адаптационный потенциал был разделен на четыре уровня: ниже 2,60 — удовлетворительная адаптация, 2,60–3,09 — напряжение механизмов адаптации, 3,10–3,49 — неудовлетворительная адаптация, 3,50 и выше — срыв адаптации.

Лабораторные исследования. Забор венозной крови у береговых работников проводился однократно (весной), для членов плавсостава дважды (весна и осень). Кровь из локтевой вены брали в утреннее время с 8.00 до 10.00 ч натощак.

Биохимические исследования. Определение активности лактатдегидрогеназы (ЛДГ), щелочной фосфатазы (ЩФ), креатинфосфокиназы (КФК), креатинкиназы-МВ (КК-МВ), γ -глутамилтрансферазы (ГГТ), аспартат- и аланинаминотрансфераз (АСТ, АЛТ), уровня глюкозы, общего белка, альбумина, триглицеридов (ТГ), мочевины, креатинина, мочевой кислоты (МК), общего холестерина (ОХС), холестерина липопротеидов высокой плотности (ХС-ЛПВП), проводили энзиматическим методом на автоматическом биохимическом анализаторе Labio-200 (Shenzhen Mindray Bio-Medical Electronics Co., Ltd., Китай) с использованием реактивов Analiticon (Analyticon® Biotechnologies GmbH, Германия). Липопротеиды низкой и очень низкой плотности (ХС-ЛПНП, ХС-ЛПОНП) рассчитывали по формуле W. T. Friedewald и соавт. [5].

Имуноферментный метод исследования. Концентрацию в сыворотке крови свободных фракций трийодтиронина ($T3_{св}$) и тироксина ($T4_{св}$), тиреотропного гормона (ТТГ), кортизола и тестостерона определяли методом иммуноферментного анализа с помощью наборов реагентов АО «Вектор-Бест» (Новосибирск, Россия) согласно инструкции фирмы — производителя. Учет результатов иммуноферментного определения гормонов проводили на фотометре «Униплан» (фирма «Пикон», Россия).

Для статистической обработки использована лицензионная программа SPSS. 22.0 фирмы StatSoft Inc (США). Количественные данные представлены в виде среднего значения и его стандартного отклонения ($M \pm SD$), среднего значения и его стандартной ошибки ($M \pm m$). Проверку на нормальность распределения проводили с помощью критерия Колмогорова — Смирнова. Для оценки наличия статистически значимых отличий между двумя независимыми группами применяли непараметрический критерий Манна — Уитни. Влияние установленного фактора оценивали при $\geq 95\%$ доверительного интервала (ДИ). ДИ не включал 1, при условии, если и нижняя и верхняя границы находились по одну сторону от 1, то делался вывод о статистической значимости установленной связи между фактором и исходом с вероятностью ошибки $p < 0,05$.

Для выявления прогностических маркеров (независимые лабораторные показатели) дезадаптационных процессов (зависимый критерий — значение адаптационного потенциала) использовали метод множественной линейной регрессии с вычислением коэффициентов регрессии β [6, 7]. Во всех случаях $p < 0,05$ считали статистически значимым.

Результаты. Распределение исследуемых по уровням АП было следующим: удовлетворительная адаптация ($n=91$; 40,6%); напряжение механизмов адаптации ($n=57$; 25,4%); неудовлетворительная адаптация ($n=37$; 16,5%); срыв адаптации ($n=39$; 17,4%). Более $\frac{1}{3}$ (33,9%) работников находятся в состоянии неудовлетворительной адаптации и срыва адаптации. Полученные данные I этапа исследования явились основанием для применения множественного линейного регрессионного метода для выявления предикторов дезадаптационных процессов.

Связь между переменной y и K независимыми факторами можно охарактеризовать с помощью уравнения:

$$y = a + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \dots + b_n x_n + e, \quad (2)$$

где y — зависимая переменная, $x_{1...n}$ — независимые переменные, a — константа (свободный член), $b_{1,2...n}$ — коэффициенты экстраполяции.

Введение в уравнение случайного возмущения необходимо, так как любая, даже самая сложная модель, не может полностью описать все взаимосвязи, присущие сложным системам. Кроме того, причиной наличия больших случайных возмущений могут являться ошибки измерения и ошибки в собранных данных.

В ходе анализа проверено соответствие данных базовым предположениям. Независимые переменные (20 биохимических параметров), в том числе и уровень АП, измерены в количественной шкале.

В результате проведенного анализа из рассматриваемых биохимических параметров крови были отобраны 8 биохимических параметров: холестерин, АСТ, ЛДГ, КК-МВ, ЩФ, ТГ, ГГТ и глюкоза. Остальные 12 параметров по причине несоответствия перечисленным требованиям мультиколлинеарности были исключены. Отсутствие выбросов определяли по стандартизованному предсказанному значению, стандартизованному остатку и расстоянию Кука. Нормы стандартизованного предсказанного значения и стандартизованного остатка не должны превышать значений « ± 3 », а расстояние Кука — не более «1» (табл. 1).

Из таблицы видно, что максимум стандартно-предсказанного значения, стандартного остатка и расстояние Кука находятся в диапазонах нормы. График на гомоскедастичности дисперсии остатков модели показал, что по осям x и y значения выбросов не выходят за пределы «-3» и «+3». В дальнейшем для выявления из 8 отобранных биохимических параметров значимых предикторов, влияющих на АП, проведен линейный регрессионный анализ пошаговым методом. Он включает в модель те переменные, которые имеют уровень значимости $F \leq 0,05$ и исключает те переменные, у которых уровень значимости более $F \geq 0,1$. Таким образом, в модель предикторов вошли 4 биохимических параметра: холестерин, глюкоза, ЛДГ и триглицериды. Критерий Дарбина — Уотсона (автокорреляция) равна 1,736, что соответствует норме (1,5; 2,5) и является подтверждением использования регрессионного анализа. Связь АП

с совокупностью независимых переменных (холестерин, глюкоза, ЛДГ и триглицериды) равна $R=0,437$, а ее дисперсия, обусловленная 4 предикторами, составила $R^2=0,191$ (19%) (табл. 2).

Доля дисперсии зависимой переменной АП под влиянием независимых переменных составила 15,26, а доля дисперсии без влияния независимых переменных — 64,57. Воздействие (вклад) переменных F составил 12,05 с достоверностью построенной связи $<0,001$. Из коэффициентов регрессии (стандартизованного и нестандартизованного) видно (табл. 3), что все выявленные значимые предикторы имели положительный знак, то есть с повышением значений этих биохимических параметров повышается значение АП, а чем выше значение АП, тем выше риск развития дезадаптационных процессов. Сила влияния на АП, отражающаяся в значении коэффициента регрессии (β), оказалась максимальной у холестерина

Таблица 1

Статистика остатков

Показатели выбросов	Min	Max	Среднее	Среднеквадратичное отклонение	N
Стандартное предсказанное значение	-2,225	2,946	0,001	1,000	209
Стандартный остаток	-2,328	2,394	0,001	0,981	209
Расстояние Кука	0,000	0,438	0,007	0,033	209

Примечание. Здесь и далее в табл. 2–6: зависимая переменная АП.

Таблица 2

Сводка для модели

Модель	R	R ²	Скорректированный R ²	Стандартная ошибка оценки	Критерий Дарбина — Уотсона
1	0,319 ^a	0,102	0,098	0,58852	1,736
2	0,377 ^b	0,142	0,134	0,57666	
3	0,413 ^c	0,170	0,158	0,56843	
4	0,437 ^d	0,191	0,175	0,56259	

^aПредикторы: (константа), холестерин; ^bпредикторы: (константа), холестерин, глюкоза; ^cпредикторы: (константа), холестерин, глюкоза, лактатдегидрогеназа; ^dпредикторы: (константа), холестерин, глюкоза, лактатдегидрогеназа, триглицериды.

Таблица 3

Коэффициенты линейной регрессии биохимических предикторов

Модель		Коэффициент			t	Значимость	95,0% ДИ для В	
		нестандартизованный		стандартизованный			граница	
		В	стандартная ошибка				нижняя	верхняя
1	(Константа)	1,864	0,198	—	9,413	<0,001	1,474	2,255
	ХС	0,180	0,037	0,319	4,845	<0,001	0,107	0,254
2	(Константа)	1,250	0,277	—	4,509	<0,001	0,704	1,797
	ХС	0,171	0,037	0,303	4,678	<0,001	0,099	0,243
	Глюкоза	0,126	0,041	0,201	3,099	0,002	0,046	0,206
3	(Константа)	0,709	0,341	—	2,077	0,039	0,036	1,382
	ХС	0,153	0,037	0,271	4,169	<0,001	0,081	0,225
	Глюкоза	0,124	0,040	0,198	3,103	0,002	0,045	0,203
	ЛДГ	0,002	0,001	0,172	2,647	0,009	0,000	0,003

Модель	Коэффициент			t	Значимость	95,0% ДИ для B		
	нестандартизованный		стандартизованный			граница		
	B	стандартная ошибка	β			нижняя	верхняя	
4	(Константа)	0,685	0,338	—	2,027	0,044	0,019	1,352
	ХС	0,132	0,037	0,234	3,531	0,001	0,058	0,206
	Глюкоза	0,121	0,040	0,192	3,043	0,003	0,043	0,199
	ЛДГ	0,002	0,001	0,170	2,655	0,009	0,000	0,003
	ТГ	0,116	0,050	0,150	2,297	0,023	0,016	0,215

Таблица 4

Показатели диагностики коллинеарности

Модель	Измерение	Собственное значение	Показатель обусловленности	Доли дисперсии					
				константа	ТТГ	T3 _{св}	T4 _{св}	тестостерон	кортизол
1	1	5,344	1,000	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00
	2	0,338	3,977	0,00	0,98	0,00	0,00	0,02	0,01
	3	0,169	5,624	0,01	0,00	0,02	0,04	0,80	0,00
	4	0,095	7,505	0,00	0,00	0,01	0,06	0,18	0,84
	5	0,038	11,903	0,04	0,00	0,34	0,82	0,00	0,04
	6	0,017	17,964	0,95	0,01	0,62	0,07	0,00	0,10

(нестандартизованный — 0,132; стандартизованный — 0,234), у глюкозы (нестандартизованный — 0,121; стандартизованный — 0,192), ЛДГ (нестандартизованный — 0,002; стандартизованный — 0,170) и ТГ (нестандартизованный — 0,116; стандартизованный — 0,150).

При рассмотрении нестандартизованных коэффициентов регрессии уравнение множественной линейной регрессии имеет следующий вид:

$$Y=0,685+0,132*(XC)+0,121*(Глюкоза)+0,116*(ТГ)+0,002*(ЛДГ)+e. \quad (3)$$

Нужно отметить, что минимальное значение коэффициента регрессии имеется у ЛДГ, так как были использованы необработанные данные для соответствия этой регрессии. Однако рассматриваемые нами предикторы имеют совершенно разные масштабы, поэтому существует необходимость стандартизации, то есть когда необработанные данные преобразуются в Z-оценку. При использовании стандартизованных коэффициентов регрессии уравнение множественной линейной регрессии приобретает следующий вид, из которого видно, что коэффициент регрессии ЛДГ имеет большую величину и занимает 3-е место по силе влияния на АП:

$$Y=0,685+0,234*(XC)+0,192*(Глюкоза)+0,170*(ЛДГ)+0,116*(ТГ)+e. \quad (4)$$

Таким образом, множественный линейный регрессионный анализ выявил 4 значимых биохимических предиктора: холестерин ($\beta=0,234$; $p=0,001$),

глюкозу ($\beta=0,192$; $p=0,003$), ЛДГ ($\beta=0,170$; $p=0,009$) и триглицерид ($\beta=0,150$; $p=0,023$), повышение которых приводит к повышению значения АП, то есть к развитию дезадаптивных процессов (рис. 2).

Второй этап исследования заключался в выявлении значимых связей между гормонами (независимые переменные — значения ТТГ, T3, T4, кортизола и тестостерона) и значением адаптационного потенциала (зависимая переменная). Чтобы соответствовать базовым предположениям множественной линейной регрессии, минимальное число случаев на каждую независимую переменную должно быть равно 20 случаям, то есть при 5 независимых переменных общее число случаев должно быть равно 100. Гормоны были сделаны для 98 членов плавсостава.

В дальнейшем для определения отсутствия выбросов определены стандартизованное предсказанное значение, стандартизованный остаток и расстояние Кука. При этом значение стандартизованного предсказанного значения оказалась выше «+3», чтобы устранить этот выброс, из базы удален 1 случай из 98. После исключения этого случая статистика остатков соответствовала диапазонам требований: нормы стандартизованного предсказанного значения и стандартизованного остатка не должны превышать значений « ± 3 », а расстояние Кука — не более «1», то есть исключили выбросы. Далее была выполнена диагностика на мультиколлинеарность, результаты которой представлены в табл. 4.

Из таблицы видно, что показатель обусловленности у кортизола составил 17,9, что больше 15 (норма). Исходя из долей дисперсии методом подбора по показателю обусловленности нами выбрана

Таблица 5

Сводка для модели

Модель	R	R ²	Скорректированный R ²	Стандартная ошибка оценки	Критерий Дарбина — Уотсона
1	0,308 ^a	0,095	0,086	0,64096	1,899

^aПредикторы: (константа), тестостерон.

Таблица 6

Коэффициенты линейной регрессии предиктора-тестостерона

Модель	Коэффициенты			t	Значимость	95,0% ДИ для B	
	нестандартные		стандартные			граница	
	B	стандартная ошибка				нижняя	верхняя
Константа	3,291	0,141	—	23,344	<0,001	3,011	3,571
Тестостерон	-0,031	0,010	-0,308	-3,159	0,002	-0,051	-0,012

модель, включающая 4 гормона (ТТГ, Т4, тестостерон и кортизол), за исключением Т3. Показатель обусловленности только этой модели из 4 гормонов составила 13,09, то есть менее 15. Гомоскедастичность дисперсии остатков модели показал, что по осям x и y значения выбросов не выходят за пределы «-3» и «+3».

В дальнейшем для отбора из 4 гормонов (ТТГ, Т4, кортизол и тестостерон) значимых предикторов, связанных с дезадаптационными процессами, проведен пошаговый метод множественной регрессии. Он включает в модель только те переменные, которые имеют уровень значимости $F \leq 0,05$ и исключает те переменные, у которых уровень значимости более $F \geq 0,1$. Проведенный анализ в модель предикторов включил только тестостерон. Критерий Дарбина — Уотсона (автокорреляция) при этом составила 1,899, что соответствует норме (1,5; 2,5) и является подтверждением использования регрессионного анализа. Связь АП с независимой переменной тестостероном равна $R=0,308$, а ее дисперсия составила $R^2=0,095$ (табл. 5).

Из коэффициентов регрессии (стандартизованного и нестандартизованного) видно (табл. 6), что выявленный значимый предиктор имел отрицательный знак, то есть со снижением уровня тестостерона повышается значение АП, риск развития дезадаптационных процессов становится выше.

Сила влияния тестостерона на АП, отражающаяся в значении нестандартизованного коэффициента регрессии (β), составила 0,031, что существенно ниже стандартизованного коэффициента, равного -0,308:

$$Y = 3,291 - 0,308 * (\text{тестостерон}) + e. \quad (5)$$

Из 5 рассмотренных гормонов (ТТГ, Т3, Т4, тестостерон и кортизол) в качестве значимого предиктора дезадаптивных процессов установлен тестостерон с отрицательным коэффициентом регрессии ($\beta = -0,308$; $p = 0,002$), при снижении уровня тестостерона повышается значение АП, то есть повышается риск дезадаптации.

Обсуждение. Изменения в организме, происходящие на границах здоровья и коридора адаптационных возможностей, клинически чаще всего

не обнаруживаются, но определяются в ходе биохимических и гормональных исследований [8]. Многие заболевания в условиях Крайнего Севера возникают в более раннем возрасте и являются результатом дезадаптации [3]. Вместе с тем для работников водного транспорта имеются дополнительные риски здоровью, связанные с профессиональными особенностями. Частота возникновения факторов риска неинфекционных заболеваний среди работников морского, речного флота и смешанного (река — море) плавания увеличивается с возрастом и стажем [9, 10].

Среди биохимических показателей сыворотки крови наиболее гомеостатируемым метаболитом обмена веществ у человека является глюкоза. При усилении адаптивных механизмов глюкоза появляется в крови за счет глюконеогенеза [11]. По данным авторов, у жителей Приарктического региона изменения в содержании глюкозы и ее метаболитов в сторону повышения связаны с перестройкой обмена веществ в сторону дезадаптации [12]. ЛДГ играет ключевую роль в клинической диагностике различных распространенных и редких заболеваний, поскольку этот фермент играет важную роль в активном метаболизме. Необычный уровень изоформы ЛДГ в сыворотке крови служит важным биомаркером различных заболеваний [13, 14].

Адаптация организма человека к условиям Севера сопровождается изменениями показателей липидного обмена [15]. Новые условия проживания у жителей Крайнего Севера, изменение традиционного уклада жизни, характера питания формируют ранее несвойственные для них факторы риска развития дислипидемических процессов [16]. Величина АП нарастает при продвижении на север за полярный круг и при продвижении в азиатскую часть Севера РФ, проявляясь в большей степени у мужчин старше 45 лет на фоне низкого уровня тестостерона [17]. В условиях высоких широт, наряду с другими гормонами, наиболее подвержены изменениям уровни тестостерона в крови с определяющим влиянием на их содержание таких факторов, как долгота дня, температура и относительная влажность воздуха [18]. При обследовании работников плавсостава в условиях 5-месячного рейса в северных морях показатели тестостерона снизились к концу рейса,

что свидетельствует о негативном влиянии длительных рейсов на организм плавсостава [1].

По результатам множественного регрессионного анализа составлены уравнения множественной регрессии, которые могут быть использованы в предсказании значений показателей, и подсчитаны коэффициенты детерминации (R^2), определяющие точность линейных регрессионных моделей [19].

Заключение. По полученным данным повышенное содержание холестерина, глюкозы, ЛДГ и триглицерида, снижение уровня тестостерона определены в качестве значимых предикторов развития дезадаптации у работников водного транспорта. Необходимо дальнейшее изучение метаболических параметров для разработки профилактических и реабилитационных мероприятий. Определение выявленных предикторов и реализация профилактических мер позволит сохранить трудовой потенциал работников и будет способствовать эффективной деятельности предприятий водного транспорта.

Вклад авторов. Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

References (Список источников)

1. Boyko ER, ed. Human adaptation to the environmental and social conditions of the North. Syktyvkar: Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 2012; 443 p. (In Russ.) Бойко Е. Р., ред. Адаптация человека в экологическом и социальном условиях Севера. Сыктывкар: Уральское отделение РАН, 2012; 443 с.
2. Baevsky RM, Berseneva AP. Adaptive potential of the circulatory system and issues of prenatal diagnosis. Problems of adaptation of children and the adult body in norm and pathology. Moscow: IGMI, 1990; 172 p. (In Russ.) Баяевский Р. М., Берсенева А. П. Адаптационный потенциал системы кровообращения и вопросы доназальной диагностики. Проблемы адаптации детей и взрослого организма в норме и патологии. М.: ИГМИ, 1990; 172 с.
3. Khasnulin VI, Gafarov VV, Voevoda MI, Artamonova MV. Mortality rates from diseases of the circulatory system depending on the average annual air temperature and geographical latitude of residence in the Russian Federation. International Journal of Applied and Fundamental Research. 2015; 6 (2): 255–9. (In Russ.) Хаснулин В. И., Гафаров В. В., Воевода М. И., Артамонова М. В. Показатели смертности от болезней органов кровообращения в зависимости от среднегодовой температуры воздуха и географической широты проживания в РФ. Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015; 6 (2): 255–9.
4. Kolosova ON, Zasimova EZ, Sleptsov IV, et al. On the issue of developing a test for the selection of shift workers for work in the North based on the determination of the metabolic profile of blood plasma, using the example of water transport workers. Natural resources of the Arctic and Subarctic. 2021; 26 (4): 91–102. (In Russ.) Колосова О. Н., Засимова Е. З., Слепцов И. В. и др. К вопросу разработки теста отбора вахтовиков для работы на Севере на основе определения метаболического профиля плазмы крови, на примере работников водного транспорта. Природные ресурсы Арктики и Субарктики. 2021; 26 (4): 91–102. DOI: 10.31242/2618-9712-2021-26-4-91-102
5. Friedewald WT, Levy RI, Fredrickson DS. Estimation of the concentration of low-density lipoprotein cholesterol in plasma, without use the preparative ultracentrifuge. Clin Chem. 1972; (18): 499–502. PMID: 4337382
6. Auvazyan SA, Mkhitarjan VS. Applied statistics and fundamentals of econometrics. Moscow: UNITY, 1998; 672 p. (In Russ.) Айвазян С. А., Мхитарян В. С. Прикладная статистика и основы эконометрики. М.: ЮНИТИ, 1998; 672 с.
7. Грин У. Эконометрический анализ. Книга 1. По ред. С. С. Синелькова, М. Ю. Турунцева. М.: Дело, 2016; 760 с. (In Russ.) Green W. Econometric analysis. Book 1. S. S. Sinelnikov, M. Yu. Turuntseva, eds. Moscow: Delo, 2016; 760 p.
8. Fokina EG. Biochemical passport is a laboratory tool for assessing human health in clinical trials. Pharmacy. 2015; (5): 36–40. (In Russ.) Фокина Е. Г. Биохимический паспорт — лабораторный инструмент оценки здоровья человека в клинических исследованиях. Фармация. 2015; (5): 36–40.
9. Matsevich LM. On the issue of the morbidity of the personnel of the transport fleet of the Far Eastern region. Marine Medicine. 2017; 3 (2): 34–46. (In Russ.) Мацевич Л. М. К вопросу о заболеваемости плавсостава транспортного флота Дальневосточного региона. Морская медицина. 2017; 3 (2): 34–46. DOI: 10.22328/2413-5747-2017-3-2-34-46
10. Miryutova NF, Vorobyov VA, Barabash LV, et al. Features of vertebroneurological and neurohumoral statuses in employees of inland waterway transport. Russian Journal of Occupational Health and Industrial Ecology. 2018; (3): 10–4. (In Russ.) Мирютова Н. Ф., Воробьев В. А., Барабаш Л. В. и др. Особенности вертебронеурологического и нейрогуморального статусов у работников внутреннего водного транспорта. Медицина труда и промышленная экология. 2018; (3): 10–4.
11. Rosly IM, Vodolazhskaya MG. Rules for reading biochemical analysis: A guide for a doctor. 3rd ed., corr. and add. Moscow: Medical Information Agency, 2020; 112 p. (In Russ.) Рослый И. М., Водолажская М. Г. Правила чтения биохимического анализа: Руководство для врача. 3-е изд., испр. и доп. М.: Медицинское информационное агентство, 2020; 112 с.
12. Bichkaeva FA, Vlasova OS, Shengof BA, et al. Age-related changes in glucose concentration, its metabolites and aminotransferase activity in mature and elderly women and men. Human Ecology. 2022; (3): 45–55. (In Russ.) Бичкаева Ф. А., Власова О. С., Шенгоф Б. А. и др. Возрастные изменения концентрации глюкозы, ее метаболитов и активности аминотрансфераз у женщин и мужчин зрелого и пожилого возраста. Экология человека. 2022; (3): 45–55.
13. Marshall VJ, Bangert SK. Clinical biochemistry. 6th ed., reprint and additional. Moscow: BINOM Publishing House, 2023; 408 p. Маршалл В. Дж, Бангергт С. К. Клиническая биохимия. 6-е изд. перераб. и доп. М.: БИНОМ, 2023; 408 с.
14. Khan AA, Allemailem KS, Alhumaydi FA, et al. The biochemical and clinical perspectives of lactate dehydrogenase: An enzyme of active metabolism. Endocr Metab Immune Disord Drug Targets. 2020; 20 (6): 855–68. DOI: 10.2174/1871530320666191230141110
15. Krivoshapkina ZN, Mironova GE, Semenova EI, et al. Indicators of lipid metabolism in newcomers from Yakutia, depending on the length of residence in the North. Yakut Medical Journal. 2018; 2 (62): 28–30. (In Russ.) Кривошапкина З. Н., Миронова Г. Е., Семенова Е. И. и др. Показатели липидного обмена у пришлых жителей Якутии в зависимости от сроков проживания на Севере. Якутский медицинский журнал. 2018; 2 (62): 28–30. DOI: 10.25789/YMJ.2018.62.09
16. Sivtseva TM, Klimova TM, Ammosova EP, et al. Lipid metabolism and metabolic disorders in the Yakut population: A literature review. Human Ecology. 2021; (4): 4–14. (In Russ.) Сивцева Т. М., Климова Т. М., Аммосова Е. П. и др. Метаболизм липидов и метаболические нарушения в якутской популяции: обзор литературы. Экология человека. 2021; (4): 4–14. DOI: 10.33396/1728-0869-2021-4-4-14
17. Molodovskaya IN, Tipisova EV, Alikina VA, Efimova AE. Sex hormones and the adaptive potential of the circulatory system in men of the European and Asian North. Siberian Scientific Medical Journal. 2021; 41 (4): 86–94. (In Russ.) Молодковская И. Н., Типисова Е. В., Аликина В. А., Ефимова А. Э. Половые гормоны и адаптационный потенциал системы кровообращения у мужчин Европейского и Азиатского Севера. Сибирский научный медицинский журнал. 2021; 41 (4): 86–94. DOI: 10.18699/SSMJ20210412
18. Alenikova AE, Tipisova EV. Analysis of changes in the hormonal profile of Arkhangelsk men depending on weather factors. Vestnik of Northern (Arctic) Federal University. Series: Medical and Biological Sciences. 2014; (3): 5–15. (In Russ.) Аленикова А. Э., Типисова Е. В. Анализ изменений гормонального профиля мужчин г. Архангельска в зависимости от факторов погоды. Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Сер.: Медико-биологические науки. 2014; (3): 5–15.
19. Golubova TN, Ovsyannikova NM, Makhkamova ZR, Tkachenko IYu. Multiply regression analysis as an integrated approach in the TB indicators assessment in the Republic of Crimea. Medicine. 2021; 9 (2): 100–12. (In Russ.) Голубова Т. Н., Овсянникова Н. М., Махкамова З. Р., Ткаченко И. Ю. Множественный регрессионный анализ как подход в комплексной оценке показателей по туберкулезу в Республике Крым. Медицина. 2021; 9 (2): 100–12. DOI: 10.29234/2308-9113-2021-9-2-100-112

Статья поступила в редакцию 09.07.2024; одобрена после рецензирования 16.09.2024; принята к публикации 22.11.2024.
The article was submitted 09.07.2024; approved after reviewing 16.09.2024; accepted for publication 22.11.2024.

Информация об авторах:

Екатерина Захаровна Засимова — врач лечебной физкультуры и спортивной медицины, заместитель заведующего учебно-научного центра кинезиологических исследований и оздоровительных технологий института физической культуры и спорта, ekazas15@yandex.ru, ORCID 0009-0007-3012-4409; **Айталиа Семеновна Гольдерова** — профессор кафедры организации здравоохранения и профилактической медицины медицинского института, доктор медицинских наук, hoto68@mail.ru, ORCID 0000-0002-6739-9453.

Information about the authors:

Ekaterina Z. Zasimova — Doctor of Physical Therapy and Medicine, Deputy Head of the Educational and Scientific Center for Kinesiological Research and Wellness Technologies of the Institute of Physical Culture and Sports, ekazas15@yandex.ru, ORCID 0009-0007-3012-4409; **Aytalina S. Golderova** — Professor of the Department of Health organization and preventive medicine of the Medical Institute, DSc, hoto68@mail.ru, ORCID 0000-0002-6739-9453.

