

УДК 612.017(571.122):622.3

ОЦЕНКА ВЕГЕТАТИВНОГО СТАТУСА РАБОТНИКОВ НЕФТЕГАЗОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ С ПОЗИЦИИ ТЕОРИИ ХАОСА И САМООРГАНИЗАЦИИ

© 2014 г. О. Е. Филатова, О. В. Проворова, М. А. Волохова

Сургутский государственный университет, г. Сургут

Для оценки адекватности вегетативного статуса организма работников нефтегазодобывающей промышленности к действию производственных факторов выполнен сравнительный поперечный скрининг функциональных систем человека. Полученные данные были проанализированы как методами математической статистики, так и методом теории хаоса и самоорганизации. Установлено, что объем квазиаттрактора и увеличение его коэффициента асимметрии вектора состояния организма работников нефтегазодобывающего предприятия в условиях действия производственных факторов существенно выше таковых у инженерно-технических и научных работников. Установлен наиболее значимый параметр порядка (признак) вектора состояния организма работников нефтегазодобывающего предприятия в условиях северной территории страны – Ханты-Мансийского автономного округа – Югры.

Ключевые слова: производственные факторы, вектор состояния организма человека, квазиаттрактор, функциональные системы

Территория Ханты-Мансийского автономного округа – Югра (ХМАО – Югра) по совокупности климатических факторов отнесена к зоне дискомфортных природно-климатических условий с элементами выраженной экстремальности по ряду параметров, которые предъявляют повышенные требования к функциональным системам организма и к организму человека в целом [1, 4, 5, 11].

Нефтегазодобывающая отрасль промышленности является основополагающей в развитии экономики ХМАО – Югры, так как в округе добывается более половины российских углеводородов. Расширение масштабов добычи энергоресурсов, прокладка нефте- и газопроводов, наращивание капитального строительства предполагают вовлечение все большего количества людей в сферу этой отрасли. В процессе трудовой деятельности организм работников нефтегазодобывающей промышленности подвергается действию не только природно-климатических факторов [3, 6, 12], но и ряда неблагоприятных производственных факторов, среди которых ведущее место занимают физические: интенсивный шум, вибрация, электромагнитные поля [8, 9], причем большинство работ выполняется на открытом воздухе, температура которого около 9 месяцев имеет отрицательные значения [5, 11].

Состояние здоровья человека и его работоспособность тесно взаимосвязаны. Возможность человека адаптироваться к экстремальным климатоэкологическим условиям Севера, успешно выполнять профессиональные задачи зависит от физиологических возможностей человека, и в первую очередь от функционального резерва организма [1]. Источение резервных возможностей является одной из причин возникновения и развития патологических состояний, причем снижение адаптационных возможностей можно выявить задолго до того, как проявляются его первые симптомы.

Одним из методов распознавания и оценки донологических состояний организма является предложенный Р. М. Баевским анализ variability сердечного ритма (ВСР), который стал важным маркером адекватности вегетативного статуса организма человека действию различных сочетанных природно-климатических и производственных факторов [2].

В этой связи оценка вегетативного статуса работников нефтегазодобывающего предприятия, подвергающихся действию вредных производственных факторов в условиях северной территории Российской Федерации представляется весьма актуальной.

Методы

Объектом исследования явились работники нефтегазодобывающего предприятия в условиях действия вредных производственных факторов, таких как шум, вибрация, электромагнитные поля. Одномоментное

скрининговое исследование проводилось на территории г. Сургута и Сургутского района.

В обследовании приняли участие лица мужского пола в возрасте от 36 до 59 лет, давшие информированное согласие на использование полученных данных в целях научных обобщений. По результатам опроса из выборки были отсеяны 11 человек. Критерии исключения: стаж проживания на севере менее 5 лет, заболевания сердечно-сосудистой системы. Критерии включения: возраст от 36 до 59 лет, северный стаж более 5 лет, отсутствие жалоб на состояние здоровья во время обследования.

Были сформированы две группы мужчин, сопоставимые по возрасту и длительности проживания в условиях севера.

Группа наблюдения ($n = 28$) – работники нефтяного предприятия в возрастном диапазоне 36–59 лет, средний возраст ($46,5 \pm 6,3$) года, средний стаж проживания на севере ($26,2 \pm 9,1$) года, по роду своей профессиональной деятельности подвергающиеся действию вредных производственных факторов.

Группа сравнения ($n = 28$) – инженерно-технические и научные работники, не подверженные в процессе работы воздействию вредных производственных факторов, в возрасте от 36 до 59 лет, средний возраст ($46,7 \pm 6,4$) года, средний стаж проживания на севере ($25,6 \pm 9,8$) года.

Для исследования использован аппаратно-программный комплекс пульсоксиметр «Элокс 01С2», который позволяет регистрировать и статистически обрабатывать ВСР за счет кардиоинтервалографической обработки сигнала пульсоксиметрического датчика. Для анализа вегетативного статуса были выбраны следующие показатели: активности симпатического звена вегетативной нервной системы (ВНС) – SIM, у. е.; активности парасимпатического звена ВНС – PAR, у. е.; частота сердечных сокращений – SSS, уд./мин; степень насыщения гемоглобина крови кислородом – SpO₂, %; стандартное отклонение кардиоинтервалов – SDNN, мс; стресс-индекс – INB, у. е., или индекс напряжения регуляторных систем по Р. М. Баевскому.

Статистический анализ полученных результатов выполнялся с использованием программы Statistica версия 6.0. Тип распределения определяли с помощью критерия Шапиро – Уилка. Выявлено, что показатели вегетативного статуса в исследовании не подчиняются закону нормального распределения, поэтому данные представлены медианой (Me) с обозначением 25 и 75 квартиля (Q₁ и Q₃). Статистически значимые различия между двумя независимыми группами определяли на основе непараметрического критерия Манна – Уитни. Пороговое значение статистической значимости принималось при значениях $p < 0,05$ [13].

Полученные данные были также проанализированы методом теории хаоса и самоорганизации (ТХС), основанном на идентификации параметров вектора состояния организма человека (ВСОЧ) в m -мерном фазовом пространстве состояний. Анализ параметров ВСОЧ проводился с использованием программы

Identity [7], которая позволяет рассчитать показатели общих объемов m -мерных параллелепипедов (Vx), ограничивающих квазиаттрактор движения ВСОЧ, показатель асимметрии (Rx) этих параллелепипедов, а также выявить наиболее значимые компоненты (координаты) ВСОЧ.

Результаты

Из данных табл. 1, где представлены результаты статистической обработки показателей вегетативного статуса обследованных, видно, что мужчины группы наблюдения отличаются от мужчин группы сравнения по таким показателям, как SIM и SSS. Так, средний показатель SIM в группе наблюдения вдвое больше, чем в группе сравнения (10 у. е. против 5). Показатель SSS составил 80,5 и 70,5 уд./мин соответственно.

По показателям PAR, SDNN, INB, SpO₂ статистически значимых различий между группами не выявлено. Можно отметить, что в группе наблюдения значение SDNN значительно снижено и составляет 28 мс (общепринятая физиологическая норма находится в пределах 40–80 мс), в группе сравнения этот показатель приближается к нижней границе нормы – 35 мс. Показатель степени насыщения гемоглобина крови кислородом в обеих группах имеет одинаково высокое значение – 97 %.

Таблица 1
Показатели вегетативного статуса обследованных работников нефтегазодобывающего предприятия

Показатель	Группа наблюдения		Группа сравнения		Уровень статистической значимости
	Me	(Q ₁ –Q ₃)	Me	(Q ₁ –Q ₃)	
SIM, у. е.	10	5–20	5	3–10	0,023
PAR, у. е.	5	2–11	9	4,5–14,5	0,167
SDNN, мс	28	20,5–38,0	35	25,5–54,0	0,103
INB, у. е.	124	43,0–217,5	52	25,0– 123,5	0,053
SpO ₂ , %	97	96,5–98,0	97	96–98	0,172
SSS, уд./мин	80,5	68,5–96,0	70,5	65,5–83,5	0,029

Результаты сравнительного анализа полученных данных с использованием метода ТХС представлены в табл. 2. Проанализированы шесть координат ВСОЧ (то есть $m = 6$), где: X₀ = SIM, X₁ = PAR, X₂ = SDNN, X₃ = INB, X₄ = SpO₂, X₅ = SSS, что составляет реальное шестимерное пространство, в котором интервалы измерений параметров образуют шестимерный параллелепипед состояний. Рассчитаны

Таблица 2
Параметры квазиаттракторов вегетативного статуса обследованных работников нефтегазодобывающего предприятия

Параметр квазиаттрактора	Группа наблюдения	Группа сравнения
Коэффициент асимметрии, у. е.	Rx = 885,05	Ry = 74,13
Объем квазиаттрактора, у. е.	Vx = 120000*10 ⁶	Vy = 3700*10 ⁶

вали общий объем квазиаттрактора (V_x) и показатель асимметрии (R_x). Также выявлен наиболее значимый показатель (параметр порядка) вектора состояния организма человека.

Из данных табл. 2 следует, что в группе наблюдения показатель асимметрии на порядок выше, чем в группе сравнения (885,05 у. е. против 74,13), а объем квазиаттрактора — на два порядка больше, чем в группе сравнения ($120\ 000 \cdot 10^6$ у. е. против $3\ 700 \cdot 10^6$).

Результаты системного анализа и синтеза на основе исключения отдельных признаков параметров квазиаттрактора ВСОЧ показали, что наиболее значимым параметром вегетативного статуса является индекс напряжения регуляторных систем по Р. М. Баевскому (INB) (табл. 3).

Таблица 3

Результаты исключения отдельных признаков вектора состояния вегетативного статуса обследованных работников нефтегазодобывающего предприятия

Анализируемый показатель	Группа наблюдения $V_x \cdot 10^6$	Группа сравнения $V_y \cdot 10^6$	Расстояние между центрами двух квазиаттракторов
V_0	120000	3700	131,5
SIM, у. е.	1100	200	131,3
PAR, у. е.	4800	200	131,5
SDNN, мс	1000	60	131,4
INB, у. е.	50	10	13,7
SpO ₂ , %	39000	3000	131,5
SSS, уд./мин	1800	1000	131,2

Примечание. V_0 — объем квазиаттрактора без исключения из расчетов показателей вегетативного статуса

Так, при исключении из расчетов показателя INB существенно меняются объемы квазиаттракторов (в группе наблюдения $50 \cdot 10^6$ у. е., а в группе сравнения — $10 \cdot 10^6$) и расстояние между центрами этих квазиаттракторов в обеих группах (со 131,5 до 13,7 у. е.).

Обсуждение результатов

Известно, что для жителей высокоширотных территорий с северным стажем более 10 лет характерно особое состояние вегетативного статуса организма, проявляющееся в смещении вегетативной регуляции в сторону преобладания тонуса парасимпатического отдела ВНС, а повышение тонуса симпатического отдела представляется как напряжение адаптационных механизмов в ответ на комплекс климатоэкологических факторов [5, 6].

Показатели активности симпатического звена ВНС и частоты сердечных сокращений в группе наблюдения имеют большие значения, чем в группе сравнения, и свидетельствуют об умеренном напряжении регуляторных систем работников, вызванном действием производственных факторов нефтегазодобывающей промышленности.

Специфические климатоэкологические условия Севера приводят к недостаточному снабжению тканей и органов кислородом, развитию гипоксии и, как

результат, повышенной проницаемости кровеносных сосудов. Однако эта компенсаторная возможность не помогает усвоению кислорода организмом, так как для атмосферы ХМАО — Югры характерно повышенное содержание оксида углерода, что приводит к блокированию молекул гемоглобина крови. В норме параметр насыщения гемоглобина крови кислородом составляет ($93,0 \pm 2,3$) % (среднеевропейский показатель). Физическая нагрузка или стресс вызывает повышение уровня оксигемоглобина крови до 98–99 %, что является компенсаторной реакцией организма человека [5, 6, 10].

Степень насыщения гемоглобина крови кислородом в группе наблюдения и группе сравнения выше среднеевропейского показателя и составляет 97 % в обеих группах, что свидетельствует о снижении компенсаторных возможностей организма испытуемых.

Использование метода ТХС [4] в оценке состояния вегетативного баланса работников нефтегазодобывающего предприятия по показателям вегетативного статуса, в отличие от методов математической статистики, позволило установить качественную и количественную характеристики различий между двумя исследуемыми группам.

Динамика ВСОЧ в группе наблюдения имеет выраженную хаотичность, что проявляется в увеличении объема квазиаттрактора и коэффициента асимметрии. Расширение объема квазиаттрактора и увеличение коэффициента асимметрии, несмотря на отсутствие статистических различий по ряду показателей (см. табл. 1), свидетельствует о высокой степени асинергизма и дестабилизации функциональных систем организма мужчин в группе наблюдения. Выявленный наиболее значимый признак — индекс напряжения регуляторных систем по Р. М. Баевскому — может быть использован в качестве маркера адекватности вегетативного статуса организма работников нефтегазодобывающей промышленности действию производственных факторов.

Оценивая параметры квазиаттрактора вектора состояния организма испытуемых группы наблюдения, можно заключить, что производственные условия нефтегазодобывающей промышленности оказывают влияние на организм мужчин, что проявляется в несогласованности регуляции функциональных систем и очень высоком напряжении регуляторных систем, приводит к истощению адаптивных резервов и, как следствие, может способствовать развитию патологических состояний.

Список литературы

1. Агаджанян Н. А., Петрова П. Г. Человек в условиях Севера. М. : КРУК, 1996. С. 46–95.
2. Баевский Р. М., Берсенева А. П. Введение в донозологическую диагностику. М. : Слово, 2008. 174 с.
3. Гудков А. Б., Теддер Ю. Р. Характер метаболических изменений у рабочих при экспедиционно-вахтовом режиме труда в Заполярье // Физиология человека. 1999. № 3. С. 138–142.
4. Гудков А. Б., Попова О. Н. Внешнее дыхание человека на Европейском Севере : монография. Архангельск : Изд-во СГМУ, 2009. 241 с.

5. Еськов В. М., Хадарцев А. А., Филатова О. Е. Особенности саногенеза и патогенеза в условиях Ханты-Мансийского автономного округа – Югры // Синергетика в клинической кибернетике / под. ред. А. И. Григорьева. Самара : ООО «Офорт», 2007. Ч. 2. 292 с.
6. Еськов В. М., Русак С. Н., Филатова О. Е. Системный анализ и синтез влияния динамики климатоэкологических факторов на заболеваемость населения севера РФ // Вестник новых медицинских технологий. 2008. № 1. С. 26–29.
7. Еськов В. М., Брагинский М. Я., Русак С. Н., Устименко А. А., Добрынин Ю. В. Программа идентификации параметров аттракторов поведения вектора состояния биосистем в m-мерном фазовом пространстве : свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2006613212. РОСПАТЕНТ, 2006.
8. Измеров Н. Ф., Монаенкова А. М., Тарасова Л. А. Профессиональные заболевания. М. : Медицина, 1996. Т. 1. 336 с.
9. Измеров Н. Ф., Суворов Г. А. Физические факторы производственной и природной среды. Гигиеническая оценка и контроль. М. : Медицина, 2003. 560 с.
10. Карпин В. А., Филатова О. Е., Сольтыс Т. В., Соколова А. А., Башкатова Ю. В., Гудков А. Б. Сравнительный анализ и синтез показателей сердечно-сосудистой системы у представителей арктического и высокогорного адаптивных типов // Экология человека. 2013. № 7. С. 3–9.
11. Русак С. Н., Еськов В. В., Филатова О. Е., Молягов Д. И. Годовая динамика погодно-климатических факторов и здоровье населения Ханты-Мансийского автономного округа // Экология человека. 2013. № 11. С. 19–24.
12. Сарычев А. С., Гудков А. Б., Попова О. Н., Ивченко Е. В., Беляев В. Р. Характеристика компенсаторно-приспособительных реакций внешнего дыхания у нефтяников в динамике экспедиционно-вахтового режима труда в Заполярье // Вестник Российской Военно-медицинской академии. 2011. № 3 (25). С. 163–166.
13. Унгуряну Т. Н., Гржибовский А. М. Краткие рекомендации по описанию, статистическому анализу и представлению данных в научных публикациях // Экология человека. 2011. № 5. С. 55–60.

References

1. Agadzhanian N. A., Petrova P. G. *Chelovek v usloviyah Severa* [People in conditions of the North]. Moscow, Kruk Publ., 1996, pp. 46-95.
2. Baevskii R. M., Berseneva A. P. *Vvedenie v donozologicheskuyu diagnostiku* [Introduction to Prenosological Diagnosis]. Moscow, Slovo Publ., 2008. 174 p.
3. Gudkov A. B., Tedder Ju. R. Metabolic changes in workers under conditions of expedition shift work schedule beyond the Polar circle. *Fiziologiya cheloveka*. [Human Physiology]. 1999, 3. pp. 138-142. [in Russian].
4. Gudkov A. B., Popova O. N. *Vneshnee dyhanie cheloveka na Evropeyskom Severe* [External human breath in the European North]. Arkhangelsk, 2009, 242 p.
5. Es'kov V. M., Hadarcev A. A., Filatova O. E. Osobennosti sanogeneza i patogeneza v usloviyakh Khanty-Mansiiskogo avtonomnogo okruga - Yugry [Features of sanogenesis and pathogenesis in Khanty-Mansi Autonomous Area - Ugra]. *Sinergetika v klinicheskoi kibernetike* [Synergetics in clinical cybernetics]. Samara, Ofort Publ., 2007, pt. 2, 292 p.
6. Es'kov V. M., Rusak S. N., Filatova O. E. The system analysis and synthesis of influence of dynamics of climatic and ecological factors on population diseases in the North. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologii* [Bulletin of New Medical Technologies]. 2008, 1, pp. 26-29. [in Russian]
7. Es'kov V. M., Braginskii M. Ja., Rusak S. N., Ustimenko A. A., Dobrynin Ju. V. *Programma identifikacii*

parametrov attraktorov povedeniya vektora sostojaniya biosistem v m-mernom fazovom prostranstve. Svidetel'stvo ob oficial'noj registracii programmy dlja JeVMN 2006613212. [Program of identification of parameters of quasi-attractor of state vector behavior of dynamical systems in m-dimensional phase space. Certificate of computer program registration no. 2006613212]. Moscow, ROSSPATENT Publ., 2006.

8. Izmerov N. F., Monaenkova A. M., Tarasova L. A. *Professional'nye zabolevaniya* [Occupational Diseases]. Moscow, Meditsina Publ., 1996, vol. 1, 336 p.
9. Izmerov N. F., Suvorov G. A. *Fizicheskie faktory proizvodstvennoi i prirodnoi sredy. Gigenicheskaya otsenka i kontrol'* [Physical factors of working and natural environment. Hygienic assessment and control]. Moscow, Meditsina Publ., 2003, 560 p.
10. Karpin V. A., Filatova O. E., Soltys T. V., Sokolova A. A., Bashkatova Yu. V., Gudkov A. B. Comparative analysis and synthesis of the cardiovascular system indicators of representatives of arctic and alpine adaptive types. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology], 2013, 7, pp. 3-9. [in Russian]
11. Rusak S. N., Es'kov V. V., Filatova O. E., Molyagov D. I. Annual dynamics of climatic factors and population health in Khanty-Mansi Autonomous Area. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology], 2013, 11, pp. 19-24. [in Russian]
12. Sarychev A. S., Gudkov A. B., Popova O. N., Ivchenko E. V., Belyaev V. R. Characteristics of compensatory-adaptive reactions of external respiration in oil industry workers in dynamics of expedition rotational team work in the Polar region. *Vestnik Rossiyskoy voenno-meditsinskoy akademii* [Bulletin of Russian Military Medical Academy]. 2011, 3(25), pp. 163-166. [in Russian]
13. Unguryanu T. N., Grzhibovski A. M. Brief recommendations on description, analysis and presentation of data in scientific papers. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2011, 5, pp. 55-60. [in Russian]

ASSESSMENT OF VEGETATIVE STATUS OF OIL-AND-GAS INDUSTRY WORKERS FROM PERSPECTIVE OF CHAOS AND SELF-ORGANIZATION THEORY

O. E. Filatova, O. V. Provorova, M. A. Volokhova

Surgut State University, Surgut, Russia

To assess the vegetative status of oil-and-gas industry workers under impact of production factors, we have conducted a comparative transverse screening of human functional systems. The data obtained have been processed both with use of the mathematical statistics methods and the chaos and self-organization theory method. It has been established that the oil-and-gas industry workers had a bigger quasi-attractors' volume and its increased skewness ratio of the body state vector in production conditions than engineers and research workers. Moreover, we have determined the most significant order parameter of the body state vector of the oil-and-gas industry workers in the North of the country - the Khanty-Mansi Autonomous Area - Ugra.

Keywords: production factors, human body state vector, quasi-attractor, functional systems

Контактная информация:

Проворова Олеся Владимировна – преподаватель кафедры экологии ГБОУ ВПО «Сургутский государственный университет Ханты-Мансийского автономного округа – Югра»

Адрес: 628412, Тюменская область, г. Сургут, пр. Ленина, д. 1

E-mail: 841974@mail.ru