

Н.А. Исаева, А.Ф. Бобров

**АЛЛОСТАТИЧЕСКАЯ НАГРУЗКА РАБОТНИКОВ АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ**

ФГБУ ГНЦ «Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна» ФМБА России, Живописная ул., 46, Москва, Россия, 123182

Дана оценка аллостатической нагрузки у работников атомных электростанций. Аллостаз рассматривается как системная реакция организма, которая проводится на трех иерархических уровнях: психическом, психофизиологическом и физиологическом. Описывается новая методика оценки индекса аллостатической нагрузки. В качестве маркеров аллостаза используются интегральные оценки психического, психофизиологического и физиологического состояния. Установлена достоверная взаимосвязь индекса аллостатической нагрузки с возрастом, стажем обследованных, наличием психосоматических заболеваний, нарушениями функционального состояния центральной нервной системы.

**Ключевые слова:** аллостаз, индекс аллостатической нагрузки, медицина труда, работники атомных электростанций, медицинские осмотры, психофизиологическое обследование, психофизиологическое состояние.

N.A. Isaeva, A.F. Bobrov. **Allostatic load in nuclear power stations workers**

State Research Center — Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, 46, Zhivopisnaya Str., Moscow, Russia, 123182

The authors evaluated allostatic load in nuclear power stations workers. Allostasis is considered as a systemic body response on three hierarchic levels: psychic, psychophysiological and physiologic. The article contains new method of allostatic load index evaluation. Integral assessments of psychic, psychophysiological and physiologic state are used as markers of allostasis. Reliable correlation is seen between allostatic load index and examinees' age, length of service, presence of psychosomatic diseases, functional disorders of central nervous system.

**Key words:** allostasis, allostatic load index, occupational medicine, nuclear power stations workers, medical examinations, psychophysiological examination, psychophysiological state.

Сохранение и поддержание профессионального здоровья персонала является основной задачей медицинских организаций, обслуживающих атомные электростанции.

В соответствии с Федеральным законом от 8 марта 2011 г. №35-ФЗ составной частью медицинских осмотров работников предприятий атомной отрасли являются обязательные психофизиологические обследования (ПФО), проведение которых возложено на медицинские организации ФМБА России, обслуживающие эти предприятия.

Основной целью психофизиологических обследований (ПФО) работников атомной отрасли является выявление психофизиологических отклонений, которые могут свидетельствовать о наличии противопоказаний для продолжения работы, связанной с воздействием вредных и (или) опасных производственных факторов.

Результаты медицинских осмотров и ПФО работников атомных электростанций могут быть оценены с различных позиций [2]. Научный и практический интерес представляет их рассмотрение с позиций концепции аллостаза.

Термин «аллостаз» относится к процессу, посредством которого организм поддерживает физиологиче-

скую стабильность путем изменения параметров его внутренней среды, подгоняя их так, чтобы они соответствовали требованиям окружающей среды [4,10]. Традиционные гомеостатические модели определяют здоровье как состояние, в котором все физиологические параметры лежат в пределах нормальных значений, а те, которые не лежат в них, требуют регулирующего, как правило, медикаментозного воздействия. В отличие от них аллостаз определяет здоровье как состояние отзывчивости и оптимальной предиктивной флюктуации для адаптации к требованиям окружающей среды [4,11].

Эффективное поддержание постоянства внутренней среды при аллостазе достигается напряжением регуляторных механизмов, которые должны обеспечить соответствие состояния организма изменениям производственной и внешней среды. При часто повторяющихся стрессорных воздействиях может происходить накопление аллостатической нагрузки, в дальнейшем сопровождающееся патофизиологическими последствиями и развитием патологии.

Для оценки аллостаза в настоящее время используется индекс аллостатической нагрузки (ИАН). Основой его расчета является оценка для каждого выбран-

ного биомаркера (БМ) квартильных отклонений — вхождение БМ в 1-й или 4-й квартили (ниже 25-го или выше 75-го центилей): да — 1 балл, нет — 0 баллов с подсчетом сумм баллов и сравнением их с критериальными значениями: 0, 1–2, 3–4,  $\geq 5$  — аллостатическая перегрузка отсутствует, умеренная, высокая и очень высокая соответственно [4].

По данным Т.М. Векие [7] указанный индекс отражает субклиническое состояние здоровья у работающих в возрасте от 20 до 60 лет. Установлена взаимосвязь ИАН с показателями общей смертности, сердечнососудистой заболеваемости [8]. С использованием ИАН выявлена структура аллостатической нагрузки у работников железнодорожного транспорта [3].

Однако практическое применение ИАН связано с определенными трудностями. Точное число и перечень биомаркеров остается до настоящего времени открытым вопросом. По данным Juster R-P. с соавторами [9], основанным на анализе 58 публикаций по аллостазу, метаболические БМ использованы в 34%, нейроэндокринные — 25%, кардиоваскулярные и респираторные — 20%, антропометрические — 11%, иммунные — в 10% случаев. Однако перечисленные показатели не отражают в полной мере системную реакцию организма, лежащую в самом феномене аллостаза. В качестве БМ до настоящего времени не используют характеристики психического и психофизиологического состояния, без которых оценка состояния здоровья, как конечного результата достаточности или недостаточности механизмов регуляции аллостаза, не может считаться полной.

Поэтому в качестве БМ целесообразно использовать интегральные показатели, методы построения которых рассмотрены в работе [1]. В качестве интегральных показателей могут быть использованы также классы состояний организма, оцениваемые на различных иерархических уровнях его организации: психическом, психофизиологическом и физиологическом [2].

Следует отметить, что рекомендуемые для расчета ИАН квартильные границы представляются весьма широкими. Их практическое использование приводит к тому, что 50% лиц изучаемой профессиональной группы будут по конкретному БМ оцениваться, как имеющие неблагоприятные изменения.

Поэтому методика оценки ИАН для решения задач медицины труда нуждается в совершенствовании.

**Цель исследования:** оценка аллостатической нагрузки работников атомных электростанций по данным периодических медицинских осмотров и психофизиологических обследований.

**Материал и методики.** В исследование включено 720 работников 10 атомных электростанций (АС) России. Исследования проводились на базе медико-санитарных частей, обслуживающих предприятия отрасли, и включали: общесоматический осмотр, клинико-неврологическое обследование, анализ медицинских амбулаторных карт с результатами периодических медицинских осмотров, проведение пси-

хофизиологического обследования и регистрацию электроэнцефалограммы.

Психофизиологическое обследование проводилось с использованием АПК (аппаратно-программного комплекса) ПФС-КОНТРОЛЬ, разработанного в ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России. Методики обследования включали в себя оценку психического состояния по данным тестов ММИЛ, Кеттелла, Равена, УСК; оценку психофизиологического состояния по данным методик простой (ПЗМР) и сложной (СЗМР) зрительно-моторной реакции, реакции на движущийся объект (РДО); оценку физиологического состояния по данным методики вариабельности сердечного ритма (ВСР), артериальному давлению и антропометрическим характеристикам. Указанные методы ПФО регламентированы Методическими рекомендациями [5]. По результатам ПФО оценивался уровень психофизиологической адаптации работника, компонентами которого являлись классы психического, психофизиологического и физиологического состояния, различающиеся по степени выраженности выявленных нарушений. Их кодировка при выдаче интегральных заключений соответствует методологии представления результатов оценки в виде «Светофора» состояний: зеленый цвет — норма, желтый — возможны проблемы, красный — высокая вероятность серьезных нарушений [2]. Регистрацию биоэлектрической активности осуществляли на электроэнцефалографе-анализаторе ЭЭГА-21/26 «Энцефалан-131-03» («МЕДИКОМ МТД», Таганрог) по международной системе 10–20.

В качестве БМ при расчете ИАН использовались классы психического, психофизиологического и физиологического состояния. Ранговая шкала их оценки переводилась в количественную с использованием функции желательности Харрингтона [6]. К неблагоприятным значениям БМ относилось их попадание в классы состояний, свидетельствующих о напряжении психических, психофизиологических и физиологических функций организма. За величину ИАН принималась сумма значений по всем БМ. По величине ИАН выделено 3 уровня аллостатической нагрузки (АН): низкий, средний и высокий. Низкий уровень ИАН идентифицируется при ИАН  $< 0,5$  усл. ед., средний при  $0,5 < \text{ИАН} < 1,5$ , высокий при ИАН  $> 1,5$  усл. ед.

**Результаты и их обсуждение.** Результаты исследования показали, что 22,1% работников АС имеют низкий, 28,9% средний и 49% высокий уровень аллостатической нагрузки. Наибольший процент лиц с высоким уровнем аллостатической нагрузки зарегистрирован на Нововоронежской (37,8%), Кольской (32,9%), Билибинской (25,8%) АС. С низким уровнем — на Калининской (4,4%), Ростовской (2,4%) АС.

Оценка встречаемости низкого, среднего и высокого уровня аллостатической нагрузки в группах работников с разным стажем работы на АС показала достоверную взаимосвязь стажированности с ИАН (величина критерия Хи-квадрат равна 7,026, уровень

Таблица 1  
**Взаимосвязь аллостатической нагрузки с различными характеристиками состояния здоровья работников АС и их психофизиологической адаптацией**

Оцениваемая характеристика	Использованные при расчете кодировки	Описание взаимосвязи	Величина критерия $\chi^2$ -кварафат	p
Группа здоровья	1 – Здоров 2 – Хронические заболевания, регрессирующее течение 3 – Хронические заболевания, прогрессирующее течение	У лиц с нарушением здоровья уровень аллостатической нагрузки выше: Коа 1 – 18% обследованных с высоким уровнем АН Коа 2 – 30% обследованных с высоким уровнем АН Коа 3 – 52% обследованных с высоким уровнем АН	35,06	0,0003
Наличие или отсутствие психосоматических заболеваний	0 – Нет 1 – Есть	У лиц с психосоматическими заболеваниями уровнем аллостатической нагрузки выше: Коа 0 – 17% обследованных с высоким уровнем АН Коа 1 – 83% обследованных с высоким уровнем АН	23,92	0,00001
Единичность или множественность психосоматических заболеваний	0 – Нет 1 – Единичные 2 – Более одного	У лиц с множественными психосоматическими заболеваниями уровнем аллостатической нагрузки выше: Коа 0 – 17% обследованных с высоким уровнем АН Коа 1 – 36% обследованных с высоким уровнем АН Коа 2 – с ИАН=3,47% обследованных с высоким уровнем АН	32,49	0,00000
Виды заболеваний	1 – Сердечно-сосудистая система 2 – Желудочно-кишечный тракт 3 – Дорсопатии 4 – Прочие	У лиц с заболеваниями сердечно-сосудистой системы и желудочно-кишечного тракта уровень аллостатической нагрузки выше Коа 1 – 25,9% обследованных с высоким уровнем АН Коа 2 – 27,1% обследованных с высоким уровнем АН Коа 3 – 10,1% обследованных с высоким уровнем АН Коа 4 – 18,5% обследованных с высоким уровнем АН	14,33	0,026
Психофизиологическая адаптация	1 – Высокий уровень 2 – Средний уровень 3 – Низкий уровень	У лиц с нарушениями психофизиологической адаптации уровень аллостатической нагрузки выше: Коа 1 – 1,2% обследованных с высоким уровнем АН Коа 2 – 3,6% обследованных с высоким уровнем АН Коа 3 – 95,2% обследованных с высоким уровнем АН	537,3	0,00000

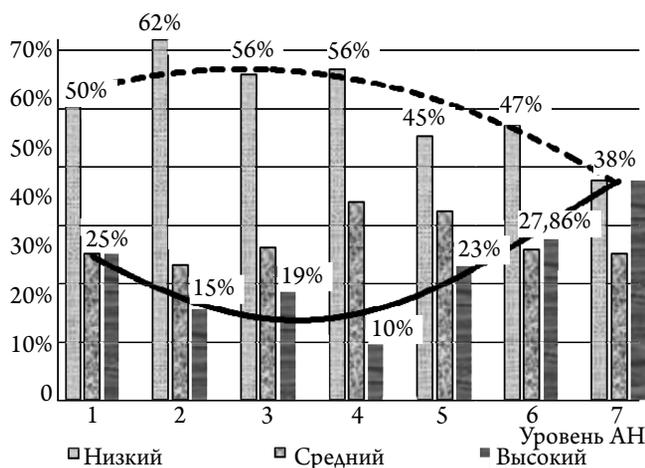
доверительной вероятности равен 0,03). Интересен выявленный характер взаимосвязи, имеющий U-образную зависимость (рис. 1)

Увеличение аллостатической нагрузки наблюдается как у работников с низким, так и высоким стажем работы на АС. В первом случае это может быть связано с процессом профессиональной адаптации к трудовому процессу, во втором — со снижением функциональных резервов организма под воздействием систематических стрессорных нагрузок, обусловленных характером труда. Воздействие радиационного фактора мы исключаем, поскольку уровень ионизирующего излучения на рабочих местах соответствует гигиеническим нормам.

Связь аллостатической нагрузки с возрастными группами имеет характер выраженной тенденции ( $\chi^2$ -кварафат=9,38,  $p=0,09$ ): с увеличением возраста работников аллостатическая нагрузка возрастает. Взаимосвязь при этом соответствует линейной модели аппроксимации.

В табл. 1 приведены обобщенные данные о взаимосвязи аллостатической нагрузки с различными характеристиками состояния здоровья работников АС и их психофизиологической адаптацией.

Особый интерес представляют результаты исследований функционального состояния ЦНС работников АС по данным ЭЭГ. Это позволяет выявить изменения биоэлектрической активности головного мозга по типу



**Рис. 1.** Зависимость аллостатической нагрузки от стажа работы персонала. По оси абсцисс даны индексы стажевых групп: 1 - до 5 лет, 2 - 5-10 лет, 3 - 10-15 лет, 4 - 15-20 лет, 5 - 20-25 лет, 6 - 25-30 лет, 7 - более 30 лет.

ЭЭГ. Тип ЭЭГ характеризует функциональную активность мозга в целом и свидетельствует о его нормальной работе (тип I), незначительном отклонении от нормы (типы II — III), либо наличии признаков аномальных проявлений (тип IV).

В табл. 2 представлены данные по встречаемости различных типов ЭЭГ (I типа, II типа, III типа, IV типа) в классах различного уровня АН. Их взаимосвязь является статистически значимой (ХИ-квадрат=30,6,  $p=0,0007$ ).

Таблица 2

### Взаимосвязь аллостатической нагрузки с типом ЭЭГ, %

Уровень АН	I тип	II тип	III тип	IV тип
Низкий	26	11	22	41
Средний	30	6	27	38
Высокий	17	3	22	58

Как следует из приведенных данных, с увеличением АН нарастают признаки аномальных проявлений функциональной активности головного мозга. Так 58% лиц из группы с высоким уровнем АН имеют IV тип ЭЭГ. Одновременно уменьшается количество лиц с нормальной функциональной активностью (17% лиц имеют ЭЭГ I типа).

### Выводы:

1. Концепция аллостаза является эффективным средством оценки результатов медицинских и психофизиологических обследований в задачах управления профессиональным здоровьем работников АС.

2. Разработанный индекс аллостатической нагрузки является эффективным средством выявления психосоматических заболеваний работников АС на их донологической стадии, прогнозирования нарушения их психофизиологической адаптации.

3. Критерием корректности ИАН для решения задач медицины труда является его способность рас-

познавать возрастные и стажевые группы, поскольку увеличение возраста и стажа работы априорно должно увеличивать аллостатическую нагрузку у работающих в неблагоприятных условиях.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ (СМ. REFERENCES ПП. 7-11)

1. Бобров А.Ф. Информационные технологии в медицине труда // Мед. труда и пром. экология. — 2013. — №9. — С. 44-48.
2. Бобров А.Ф., Бушманов А.Ю., Седин В.И., Щепланов В.Ю. Системная оценка результатов психофизиологических обследований // Медицина экстремальных ситуаций. — 2015. — №3. — С. 13-19.
3. Горохова С.Г., Пфаф В.Ф., Мурашеева Е.В., Ахсанова Э.Р., Пригоровская Т.С., Атьков О.Ю. Структура аллостатической нагрузки у работников железнодорожного транспорта // Мед. труда и пром. экология. — 2016. — №4. — С. 5-10.
4. Денисов Э.И., Пфаф В.Ф., Степанян И.В., Горохова С.Г. Сдвиг медико-биологической парадигмы: от гомеостаза к аллостазу // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. — 2016. — № 2. — С. 16-21.
5. Организация и проведение психофизиологических обследований работников организаций, эксплуатирующих особо радиационно опасные и ядерно опасные производства и объекты в области использования атомной энергии, при прохождении работниками медицинских осмотров в медицинских организациях ФМБА России. Методические рекомендации. Р ФМБА России 2.2.8.84-2015. Утверждены зам. руководителя ФМБА Е.Ю. Хавкиной. — М., 2015.
6. Практические аспекты использования функции желательности в медико-биологическом эксперименте [Электронный ресурс] Современные проблемы науки и образования // URL [Доступ свободный: <http://www.science-education.ru/100-5270>]

### REFERENCES

1. Bobrov A.F. Information technologies in occupational medicine // Industr. med. — 2013. — 9. — P. 44-48 (in Russian).
2. Bobrov A.F., Bushmanov A.Yu., Sedin V.I., Shcheblanov V.Yu. Systemic evaluation of psychophysiological studies results // Meditsina ekstremal'nykh situatsiy. — 2015. — 3. — P. 13-19 (in Russian).
3. Gorokhova S.G., Pfaf V.F., Muraseeva E.V., Akhsanova E.R., Prigorovskaya T.S., At'kov O.Yu. Structure of allostatic load on railway workers // Industr. med. — 2016. — 4. — P. 5-10 (in Russian).
4. Denisov E.I., Pfaf V.F., Stepanyan I.V., Gorokhova S.G. Shift of medical and biologic paradigm: from homeostasis to allostasis // Neyrokomp'yutery: razrabotka, primenenie. — 2016. — 2. — P. 16-21 (in Russian).
5. Organization and accomplishment of psychophysiological examinations of workers engaged into exploitation of objects and productions with extreme radiation and nuclear danger, with medical examinations in medical institutions of RF FMBA. Methodic recommendations. R FMBA Rossii 2.2.8.84-2015. Approved by Deputy Chief of FMBA Havkina E.Yu. — Moscow, 2015 (in Russian).

6. Practical aspects of using desirability function in medical and biological experiment. Contemporary problems of science and education. <http://www.science-education.ru/100-5270> (in Russian).

7. Beckie T.M. A Systematic Review of Allostatic Load, Health, and Health Disparities. // Biological Research for Nursing. — 2012. — 14(4). — P. 311–346.

8. Borrell L.N., Dallo F.J., Nguyen N. Racial/ethnic disparities in all-cause mortality in U.S. adults: The effect of allostatic load. // Public Health Reports. — 2010. — 125. — P. 810–816.

9. Juster R-P., McEwen B.S., Lupien S.J. Allostatic load biomarkers of chronic stress and impact on health and cognition. // Neuroscience and Biobehavioral Reviews. — 2010. — № 35. — P. 2–16.

10. Sterling P., Eyer J. *Allostasis: A new paradigm to explain arousal pathology*, 1988.

11. Sterling P. Principles of Allostasis: Optimal Design, Predictive Regulation, Pathophysiology, and Rational // Allostasis, homeostasis, and the costs of physiological adaptation, 2004. P. 17.

Поступила 20.03.2016

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Исаева Надежда Анатольевна (Isaeva N. A.),  
вр.-невролог, ст. науч. сотр. лаб. психофизиологических исследований Центра профпатологии, канд. мед. наук. E-mail: nady\_i@mail.ru.

Бобров Александр Федорович (Bobrov A.F.),  
гл. науч. сотр. ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, д-р биол. наук, проф. E-mail: baf-vcmk@mail.ru.

## Практическому здравоохранению

УДК 614.8.086.54

В.И. Краснюк, А.А. Устюгова

### ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ АНТИДОТОТЕРАПИИ ПРИ ИНКОРПОРАЦИИ РАДИОНУКЛИДОВ

ФГБУ ГНЦ «Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна» ФМБА России, Живописная ул., 46, Москва, Россия, 123182

Проанализированы клинико-фармакологические свойства препаратов из группы антидотов, направленных против радионуклидов, поступивших в организм человека.

Дана клинико-фармакологическая характеристика современных медикаментозных препаратов данной группы, разрешенных для клинического применения. Приведены клинические примеры использования методов антидототерапии при инкорпорации радионуклидов.

Сформулированы общие принципы применения современных медикаментозных препаратов, соблюдение которых при аварийной инкорпорации радионуклидов позволяет снизить дозы внутреннего облучения человека.

**Ключевые слова:** радионуклиды, инкорпорация, внутреннее облучение, антидоты.

V.I. Krasnyuk, A.A. Ustyugova. **General principles of antidote therapy for radionuclides incorporation**  
FSBI «State Research Centre — Burnazyun Federal Medical Biophysical Centre», 46, Zhyvopisnaya St., Moscow, Russia, 123182