

Есть основания считать, что именно такой подход позволит уменьшить и без того значительное количество случаев СБНС с невыясненной причиной болевого синдрома.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Deyo, R. A. Low Back Pain / R. A. Deyo, J. N. Weinstein // N. Engl. J. Med. — 2001. — Vol. 344. — P. 363–370.
2. Bogduk, N. Clinical anatomy of the lumbar spine and sacrum / N. Bogduk. // Edinburgh: Churchill Livingstone, 2005. — P. 44–46, 194–196.
3. Бурмакова, Г. М. Пояснично-крестцовый болевой синдром у спортсменов и артистов балета: дифференциальная диагностика / Г. М. Бурмакова // Вестник травматол. ортопед. — 2004. — № 1. — С. 84–92.
4. Bogduk, N. Medical Management of Acute and Chronic Low Back pain. An Evidence-Based Approach: Pain Research and Clinical Management / Edited by N. Bogduk, B. McGuirk // Amsterdam: Elsevier Science BV, 2002. — Vol. 13. — P. 127–138.
5. Юрковский, А. М. Подвздошно-поясничная связка: анатомический базис для лучевого диагноста / А. М. Юрковский // Проблемы здоровья и экологии. — 2010. — № 4. — С. 84–89.
6. Миронов, С. П. Поясничные боли у спортсменов и артистов балета: патология пояснично-подвздошной связки / С. П. Миронов, Г. М. Бурмакова, А. И. Крупаткин // Вестник травматол. ортопед. — 2001. — № 4. — С. 14–21.
7. Sims, J. A. The role of the iliolumbar ligament in low back pain / J. A. Sims, S. J. Moorman // Medical Hypotheses. — 1996. — Vol. 46, Issue 6. — P. 511–515.
8. Жарков, П. Л. «Поясничные» боли / П. Л. Жарков, А. П. Жарков, С. М. Бубновский. — М.: Юниартпринт, 2001. — 143 с.
9. Brukner, P. Clinical Sports Medicine / P. Brukner, K. Khan. Sydney: The McGraw-Hill Companies Inc, 2001. — P. 362–374
10. Palpation of the iliolumbar ligament / E. Kennedy [et al.] // N. Z. J. Physiother. — 2004. — Vol. 32, № 2. — P. 76–79.
11. Iliolumbar syndrome as a common cause of low-back pain: diagnosis and prognosis / G. G. Hirschberg, L. Froetscher, F. Naeim // Arch. Phys. Med. Rehab. — 1979. — Vol. 60, № 9. — P. 415–419.
12. Hackett, G. S. Referred Pain from Low Back Ligament Disability / G. S. Hackett // A.M.A. Arch. Surg. — 1956. — Vol. 73, № 5. — P. 878–883.
13. Naeim, F. Treatment of the Chronic Iliolumbar Syndrome by Infiltration of the Iliolumbar Ligament (Information) / F. Naeim, L. Froetscher, G. G. Hirschberg // West J. Med. — 1982. — Vol. 136. — P. 372–374.
14. Boyajian, S. S. Using Image-Guided Techniques for Chronic Low Back Pain / S. S. Boyajian // J. Am. Osteopath. Assoc. — 2007. — Vol. 107, № 11. — P. 53–59.
15. Diagnostic Imaging for Low Back Pain: Advice for High-Value Health Care from the American College of Physicians / R. Chou [et al.] // Ann. Intern. Med. — 2011. — Vol. 154. — P. 181–189.
16. ACR Appropriateness Criteria on Low Back Pain / P. C. Davis [et al.] // J.A.C.R. — 2009. — Vol. 6, Issue 6. — P. 401–407.
17. Iliolumbar ligament ossification in undifferentiated seronegative spondyloarthropathy / I. Olivieri, [et al.] // Clin. Rheumat. — 1997. — Vol. 16, № 2. — P. 212–214.
18. Jacobson, J. A. X-linked Hypophosphatemic Osteomalacia with Insufficiency Fracture / J. A. Jacobson, M. Kalume-Brigido // Radiology. — 2006. — Vol. 202, № 2. — P. 607–610.
19. CT axial imaging of the iliolumbar ligament and its significance on locating lumbosacral vertebral segments / K. C. Liu [et al.] // Chin. J. Orthop. Traumatol. — 2010. — Vol. 11. — P. 854–858.
20. Basadonna, P. T. Iliolumbar ligament insertions. In vivo anatomic study / P. T. Basadonna, D. Gasparini, V. Rucco // Spine. — 1996. — Vol. 15, Issue 21. — P. 2313–2316.
21. Rucco, V. Anatomy of the iliolumbar ligament: a review of its anatomy and a magnetic resonance study / V. Rucco, P. T. Basadonna, D. Gasparini // Am. J. Phys. Med. Rehabil. — 1996. — Vol. 75, № 6. — P. 451–455.
22. The Iliolumbar Ligament: Three-Dimensional Volume Imaging and Computer Reformatting by Magnetic Resonance: A Technical Note / J. Hartford [et al.] // Spine. — 2000. — Vol. 25, Issue 9. — P. 1098–1103.
23. Ligamentäre Ausheilungsergebnisse nach Beckenringfrakturen Typ C / J. Böhme [et al.] // Unfallchirurg. — 2010. — Vol. 113, № 9. — P. 734–740.
24. Миронов, С. П. Диагностические возможности сонографии при пояснично-крестцовых болях / С. П. Миронов // Вестник травматологии и ортопедии. — 2003. — № 1. — С. 24–30.
25. Миронов, С. П. применение компьютерной термографии в диагностике заболеваний пояснично-крестцового отдела позвоночника у спортсменов и артистов балета / С. П. Миронов, А. И. Крупаткин, Г. М. Бурмакова // Вестник травматологии и ортопедии. — 2002. — № 3. — С. 31–35.
26. So, Y. T. The role of thermography in the evaluation of lumbosacral radiculopathy / Y. T. So, M. J. Aminoff, R. K. Olney // Neurology. — 1989. — Vol. 39, № 9. — P. 1154–1158.
27. Diagnostic Accuracy of Technologies Used in Low Back Pain Assessment: Thermography, Triaxial Dynamometry, Spinoscopy, and Clinical Examination / R. Leclaire [et al.] // Spine. — 1996. — Vol. 21, Issue 11. — P. 1325–1330.
28. Clinical Efficacy of SPECT Bone Imaging for Low Back Pain / B. Littenberg [et al.] // J. Nucl. Med. — 1995. — Vol. 36. — P. 1707–1713.
29. Ryan, P. J. Chronic lower back pain: comparison of bone SPECT with Radiography and CT / P. J. Ryan // Radiography. — 1992. — Vol. 182. — P. 849–854.
30. Single photon emission computed tomography (SPECT) for low back pain induced by extension with no root sign / C. T. Chung [et al.] // J. Chin. Med. Assoc. — 2004. — Vol. 67, № 7. — P. 349–354.

Поступила 21.09.2011

УДК 572.543(476)

## ХАРАКТЕР МОРФОЛОГИЧЕСКОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ МОЗГОВОГО ОТДЕЛА ГОЛОВЫ У РАЗНЫХ АНТРОПОЛОГИЧЕСКИХ ТИПОВ СОВРЕМЕННОГО НАСЕЛЕНИЯ БЕЛАРУСИ

Н. Н. Помазанов

Институт истории Национальной академии наук Беларуси, г. Минск

Динамика популяционных значений головного указателя, отражающего соотношение продольного и поперечного диаметров мозгового отдела головы у разных поколений современного населения Беларуси, имеет волнообразный характер: после повышения значения головного указателя происходит его понижение, что приводит к чередованию более и менее брахикефальных поколений. Межпоколенная динамика популяционных значений головного указателя у населения разных антропологических типов отличается видом волнообразной кривой, которая является отражением внутривнутрипопуляционных связей в ряду поколений.

**Ключевые слова:** головной указатель, фаза брахикефализации, фаза дебрахикефализации.

## NATURE OF MORPHOLOGICAL VARIABILITY OF THE MEDULLAR PART OF HEAD IN DIFFERENT ANTHROPOLOGICAL TYPES OF THE MODERN POPULATION OF BELARUS

N. N. Pomazanov

Institute of History, National Academy of Sciences of Belarus, Minsk

The dynamics in the population values of head index, which reflects the correlation between the longitudinal and transversal diameters of the medullar part in different generations of the modern Byelorussian population, has

an undulating nature: after the increase in the head index there is its reduction, which leads to the alternation of more and less brachycephalic generations. The intergenerational dynamics of the population values of the head index in the population with different anthropological types differs in the form of the undulating curve, which reflects the intrapopulation's relationships in the line of the generations.

**Key words:** head index, brachycephalization phase, debrachycephalization phase.

### **Введение**

На протяжении II тысячелетия н.э. на территории Беларуси, согласно исследованиям И. И. Саливон, наблюдался процесс брахикефализации, имеющий направленный характер и продолжающийся до 80-х гг. XX в. [1]. На основании исследования школьников в северном (г. Полоцк) и южном (г. Пинск) регионах Беларуси в 1980-х и в начале 2000-х гг. белорусский антрополог И. И. Саливон впервые указала на проявление процесса дебрахикефализации у детей и подростков обоего пола в двух упомянутых регионах Беларуси [2].

Возникает вопрос: зафиксированная дебрахикефализация является началом направленного продолжительного во времени процесса или суть проявления периодически повторяющихся межпоколенных уменьшений популяционных значений головного указателя на фоне продолжающегося или стабилизирующегося процесса брахикефализации у населения Беларуси.

### **Цель исследования**

Выявление особенностей межпоколенной изменчивости кефалометрических особенностей мозгового отдела головы у населения Беларуси. Для этого необходимо решить следующие задачи: 1. Выявить характер межпоколенной изменчивости мозгового отдела головы у современного населения Беларуси с учетом его антропологического состава. 2. Определить особенности межполовых различий в динамике пропорций мозгового отдела головы у современного населения Беларуси.

### **Материалы и методы исследования**

При решении задачи, связанной с территориальными особенностями морфологической изменчивости мозгового отдела головы, использовались данные И. И. Саливон по кефалометрии мозгового отдела белорусов разных поколений северного и южного регионов 1970–1980 гг. исследования [1], а также семнадцатилетних школьников из г. Полоцка и г. Пинска, собранные в 1980-х и в 2000-е гг. [2].

Для межпоколенного сравнения среднегрупповых значений головного указателя были взяты четыре условных поколения населения северного и южного регионов Беларуси. Они были представлены следующими возрастными когортами. Население северного региона (обоих полов) — I поколение: 60–64 и 65 лет и

старше [1], II поколение: 40–44 и 45–49 лет [1], III и IV поколения представлены семнадцатилетними школьниками г. Полоцка 1980-х и 2000-х гг. исследования [2]. Среднегрупповые значения головного указателя для I и II поколений были рассчитаны как суммарные средние близких возрастных когорт, составивших одно поколение [4]. Население южного региона (обоих полов) — I поколение: средний возраст 35 лет [3], II поколение: 40–44 и 45–49 лет [1], III и IV поколения, как и у населения северного региона Беларуси, представлены семнадцатилетними школьниками г. Пинска 1980-х и 2000-х гг. исследования [2]. Среднегрупповое значение головного указателя для II поколения было рассчитано как суммарная средняя близких возрастных когорт, составивших одно поколение [4].

Кефалометрические измерения проводились по общепринятой методике Р. Мартина [5]. Для выявления достоверных различий применялся критерий  $t$  (Стьюдента) [4].

### **Результаты и обсуждение**

На территории Беларуси распространены два антропологических типа населения, выделяемых на основе канонического анализа комплекса морфологических признаков, связанных с особенностями лицевого и мозгового отделов головы, а также пигментации тела [6]. Северобелорусский, или двинско-верхне-днепровский вариант (по В. В. Бунаку, 1956) относится к числу подтипов балтийского типа и имеет основные расовые признаки балтийского антропологического комплекса [3]. На территории Полесья распространен местный южнобелорусский, или северный антропологический вариант карпатско-днепровского типа (по В. В. Бунаку, 1956) [3]. Северобелорусский антропологический тип, к которому относится и население центральной Беларуси, менее брахикефальный, чем южнобелорусский тип [6]. Данный факт является расовым фундаментом, на котором основаны особенности изменчивости мозгового отдела головы современного населения Беларуси.

Как в северобелорусских, так и в южнобелорусских популяциях наблюдается волнообразный характер колебаний среднегрупповых значений головного указателя. Причем хорошо видны региональные особенности динамики значений головного указателя, связанные с различиями антропологического состава населения этих регионов (рисунок 1).

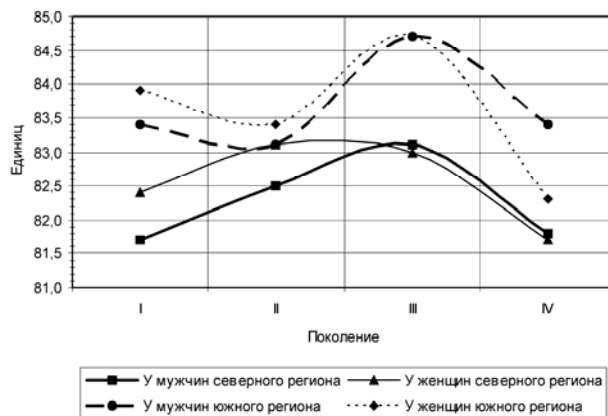


Рисунок 1 — Динамика среднегрупповых значений головного указателя у разных поколений северного и южного населения Беларуси

Диапазон среднегрупповых значений головного указателя у северобелорусской выборки находится в границах 81,7–83,1 единицы. Такие колебания характерны как для мужской, так и для женской частей популяций северного антропологического типа. Максимальная амплитуда колебаний среднегрупповых значений головного указателя между поколениями и у мужчин, и у женщин не превышает 1,3 единицы, минимальная у мужчин — 0,6 единицы, у женщин — 0,1 единицы; средняя амплитуда у мужчин равна 0,9 единицы, у женщин — 0,7 единицы.

Южнобелорусский антропологический тип имеет следующие статистические характеристики динамики значений используемого указателя. У мужчин диапазон колебаний среднегруппового значения головного указателя находится в границах 83,1–84,7 единицы. Максимальная амплитуда межпоколенных значений головного указателя равна 1,6 единицы, минимальная — 0,3 единицы, средняя — 1,1 единицы. У женской части южнобелорусской популяции диапазон межпоколенных колебаний находится в границах 82,3–84,7 единицы. Максимальная амплитуда колебаний межпоколенных значений головного указателя равна 2,4 единицы, минимальная — 0,5 единицы, средняя величина межпоколенных различий у женщин равна 1,4 единицы.

В таблицах 1 и 2 для определения особенностей фазных колебаний формы мозгового отдела головы у населения Беларуси северного и южного антропологических типов приводятся статистические параметры уровня достоверности межпоколенных различий значений головного указателя.

Таблица 1 — Различия среднегрупповых значений головного указателя в ряду поколений белорусов северного антропологического типа

Поколения	У мужчин		У женщин		I	II	III	IV
	n	$\bar{X} \pm s_x$	n	$\bar{X} \pm s_x$				
I	82	81,7 ± 0,36	132	82,4 ± 0,32		P < 0,1	P < 0,05	P > 0,05
II	164	82,5 ± 0,28	189	83,1 ± 0,25	P < 0,1		P > 0,05	P > 0,05
III	102	83,1 ± 0,58	102	83,0 ± 0,34	P > 0,05	P > 0,05		P > 0,05
IV	65	81,8 ± 0,49	71	81,7 ± 0,51	P > 0,05	P < 0,05	P < 0,05	

Примечание. Над диагональю (правая часть таблицы) отмечены межпоколенные различия у мужчин, под диагональю — у женщин. Полужирным шрифтом обозначены статистически достоверные различия.

Таблица 2 — Различия среднегрупповых значений головного указателя в ряду поколений белорусов южного антропологического типа

Поколения	У мужчин		У женщин		I	II	III	IV
	n	$\bar{X} \pm s_x$	n	$\bar{X} \pm s_x$				
I	783	83,4 ± 0,10	504	83,9 ± 0,20		P > 0,05	P < 0,000	P > 0,05
II	108	83,1 ± 0,33	110	83,4 ± 0,31	P > 0,05		P < 0,000	P > 0,05
III	102	84,7 ± 0,34	101	84,7 ± 0,31	P < 0,1	P < 0,005		P < 0,05
IV	51	83,4 ± 0,54	78	82,3 ± 0,46	P < 0,005	P < 0,05	P < 0,000	

Примечание. Среднегрупповое значение головного указателя поколения II представляет собой суммарную среднюю близких возрастных когорт; остальное примечание аналогично представленному в таблице 1.

То, что головной указатель у II поколения мужчин по сравнению с I имеет статистическую тенденцию к увеличению своего значения, а при всех прочих сравнениях отсутствие достоверных различий, за исключением I и III поколений, когда обнаружено достоверное увеличение значения головного указателя, указывает на определенный характер и фазные особенности изменчивости мозгового отдела головы. От I поколения ко II наблюдается тенденция к брахикефализации. Данный процесс к III поколению является уже статистически достоверным. Таким образом, динамика значений головного указателя у мужчин северного антропологического типа от I поколения к III является отражением фазы брахикефализации, после которой, скорее всего, началась обратная фаза — дебрахикефализации, еще не зафиксированная на статистически достоверном уровне.

У женщин северного антропологического типа наблюдается схожий характер динамики значений головного указателя. От I поколения ко II наблюдается тенденция к брахикефализации, по всей видимости, это завершение процесса. При сравнении значения головного указателя у II поколения по сравнению с III отмечается их схожесть. У IV поколения относительно III зафиксировано статистически достоверное уменьшение значения головного указателя, то есть переход в фазу дебрахикефализации. В итоге фазовая картина у четырех поколений женщин северного антропологического типа следующая: завершение фазы брахикефализации (с периодом стабилизации) — фаза дебрахикефализации.

Статистические данные, представленные в таблице 2, показывают, что как у мужчин, так и у женщин южного антропологического типа можно констатировать одинаковое чередование фаз межпоколенной изменчивости формы мозгового отдела головы. Последовательность фаз следующая: завершение фазы дебрахикефализации (период стабилизации) — фаза брахикефализации — фаза дебрахикефализации.

Анализ фазных особенностей межпоколенной изменчивости мозгового отдела головы у современного населения Беларуси разных антропологических типов показывает, что гипотезу о двухфазном характере изменчивости формы головы для населения Беларуси возможно следует скорректировать с учетом наличия *периода стабилизации*. По всей видимости, этот период является лишь окончанием предшествующей фазы. Более точный ответ требует наличия статистических данных о форме мозгового отдела головы выборок не меньше, чем из десяти поколений населения всей Беларуси или отдельного региона.

### **Заключение**

Брахикефальность населения Беларуси является морфологической основой для проявле-

ния особенностей изменчивости мозгового отдела головы.

В популяциях поддерживается определенный баланс, оптимум гармонических сочетаний фенотипических особенностей морфологических структур черепа. Фазовые колебания «брахикефализация — дебрахикефализация» являются ответами, устраняющими резкие отклонения значений головного указателя и приводящими к установлению более нейтральной и гармоничной формы головы (черепа) в популяциях человека [7]. При этом фазовые колебания могут не иметь резко сменяющегося характера, а переход от фазы брахикефализации к фазе дебрахикефализации в этом случае проходит через промежуточный период стабилизации, который, по всей видимости, является плавным окончанием одной из двух основных фаз.

Женщины более брахикефальны, чем мужчины из той же популяции. Это определяет межполовые особенности фазовых колебаний «брахикефализация — дебрахикефализация».

Население Беларуси состоит из двух антропологических типов: северного и южного. Специфика антропологического состава населения объясняет региональные особенности морфологической изменчивости мозгового отдела головы.

Для южнобелорусской популяции вследствие большей брахикефальности населения характер изменчивости является более волнообразным, с более четким чередованием фаз брахикефализации и дебрахикефализации, тогда как у популяции северобелорусского антропологического типа фаза брахикефализации может продолжаться на протяжении нескольких поколений.

Таким образом, автор постарался уточнить для современного населения Беларуси выявленную В. В. Бунаком [7] гипотетическую закономерность о двухфазном характере изменчивости мозгового отдела головы в популяциях человека.

Исходя из вышеприведенного анализа, можно сформулировать некоторые принципы изменчивости мозгового отдела головы у населения на территории Беларуси.

#### *1. Основной (волнообразный) принцип*

Межпоколенная изменчивость мозгового отдела головы имеет волнообразный характер: после повышения среднегруппового значения головного указателя в следующем (или последующих) поколении происходит его понижение («возвратная» дебрахикефализация) и т. д. Таким образом, наблюдается чередование более и менее брахикефальных поколений.

#### *2. Принцип межполовых особенностей изменчивости*

У женщин раньше, чем у мужчин достигается верхняя граница среднегрупповых значений брахикефальности, поэтому у них раньше начинается «возвратная» дебрахикефализация.

### 3. Региональный (расово-экологический) принцип изменчивости

В южной части Беларуси дебрахицефализация у населения начинается раньше, чем у населения в северной ее части. Южный антропологический тип, будучи брахицефальнее северного, раньше достигает верхней границы среднегрупповых значений брахицефальности. В этой связи у южного населения раньше начинается «возвратная» дебрахицефализация, чем у северного.

Если первые два принципа могут быть универсальными для любого брахицефального населения, то третий принцип является специфическим для Беларуси в силу особенностей антропологического состава.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Саливон, I. I. Фізичны тып беларусаў: Узростава, тыпалагічная і экалагічная зменлівасць / I. I. Салівон. — Минск: Навука і тэхніка, 1994. — 239 с.
2. Саливон, И. И. Процесс формирования пропорций мозгового отдела черепа у школьников Беларуси в начале 1980-х и 2000-х гг. / И. И. Саливон // Актуальные вопросы антропологии: сборник научных трудов — Минск: Право и экономика, 2008. — Вып. 3. — С. 19–30.
3. Бунак, В. В. Антропологические исследования в южной Белоруссии / В. В. Бунак // Тр. Ин-та этнографии им. Н. Н. Миклухо-Маклая. Новая серия, т. XXXIII. Антропологический сборник. — М., 1956. — Вып. 1. — С. 3–36.
4. Рокицкий, П. Ф. Введение в статистическую генетику / П. Ф. Рокицкий. — Минск: Выш. шк., 1978. — 448 с.
5. Martin, R. Lehrbuch der Anthropologie in systematischer Darstellung / R. Martin. — Jena, 1928. — Bd 1–3.
6. Восточные славяне. Антропология и этническая история. — М.: Научный Мир, 1999. — 336 с.
7. Бунак, В. В. Об эволюции формы черепа / В. В. Бунак // Вопр. антропологии. — 1968. — Вып. 30. — С. 3–16.

Поступила 01.09.2011

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МЕДИЦИНА И БИОЛОГИЯ

УДК547.112.824:541.69

### ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ НЕКОТОРЫХ НИЗКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ АГЕНТОВ РАЗЛИЧНОГО ХИМИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ С БЫЧЬИМ СЫВОРОТОЧНЫМ АЛЬБУМИНОМ

Ю. В. Корноушенко, В. А. Игнатенко, П. А. Авдеев, Л. А. Евтухова

Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины  
Гомельский государственный медицинский университет

В данной работе обобщены результаты проведенных модельных экспериментов в рамках работы, описанной в научной статье «Флуоресцентные исследования конформационных изменений альбумина под действием пероксинитрита в растворе». Данная статья является основой при изучении характера влияния пероксинитрита на конформационные изменения сывороточного альбумина.

Учитывая относительную стабильность пероксинитрита, необходимо допустить влияние на конформацию сывороточного альбумина продуктов распада пероксинитрита, чтобы отделить истинное действие пероксинитрита от продуктов его распада на сывороточный альбумин.

В данной работе изучали действие на бычий сывороточный альбумин таких низкомолекулярных соединений, как нитрит натрия, пероксид водорода, сульфат меди (II), гидроксильный радикал.

**Ключевые слова:** бычий сывороточный альбумин (BSA), зонд (N-фенил-1-амино-8-сульфонафталин) АНС, флуоресцентная спектроскопия, гидроксильный радикал, конформация, нитрит натрия, сульфат меди (II).

### INTERACTION BETWEEN SOME LOW-MOLECULAR AGENTS WITH DIFFERENT CHEMICAL STRUCTURE AND BOVINE SERUM ALBUMIN

Yu. V. Kornoushenko, V. A. Ignatenko, P. A. Avdeev, L. A. Evtukhova

Gomel State University named after F. Skorina  
Gomel State Medical University

The present article summarizes the results of the performed model experiments within the scope of another research, described in the paper: «Fluorescence studies of the conformational changes of albumin under the influence of peroxy nitrite in solution». Thus the article provides a framework to study the nature of the influence of peroxy nitrite on the conformational changes of serum albumin.

Taking into account the relative stability of peroxy nitrite, it is necessary to allow the effect of decay products of peroxy nitrite on the conformation of serum albumin to separate the true effect of peroxy nitrite from its decay products on the serum albumin.

In this paper we studied the effect of low molecular weight compounds such as sodium nitrite, hydrogen peroxide, copper sulfate (II), hydroxyl radical on bovine serum albumin.

**Key words:** bovine serum albumin (BSA), ANS probe, fluorescence spectroscopy, hydroxyl radical, conformation, sodium nitrite, copper sulfate (II).