

УДК 619: 591.412:636.5.

ПОГРЕБНЯК Т.А., ГОРШКОВ Г.И.
*POGREBNIYAK T.A., CORSHKOV G.I.***ОСОБЕННОСТИ РЕГУЛЯЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ
АКТИВНОСТИ СЕРДЦА ПТИЦ В УСЛОВИЯХ МОДЕЛИ
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ДЕСИНХРОНОЗА****THE FEATURES OF ELECTRIC ACTIVITY REGULATION OF THE
HEART IN BIRDS IN THE CONDITIONS OF THE EXPERIMENTAL
DESYNCHRONOSIS MODEL****Аннотация**

Особенности регуляции электрической активности сердца птиц изучены по сопряженности электрофизиологических коррелятов активности миокарда и центральных глубинных структур мозга в условиях экспериментальной модели десинхроноза – скученности.

Установлено, что скученность вызывает у птиц устойчивое патологическое напряжение функций со стороны переднего отдела гипоталамуса и ретикулярной формации среднего мозга при подавлении тонуса заднего отдела гипоталамуса и высокой функциональной активности гиппокампа, определяющих переключение электрической проводимости желудочков сердца на более экономный режим функционирования. Одновременное проявление во второй половине скученности у птиц замедления ЧСС с возрастанием зубцов Р и уплотнением зубцов Т свидетельствует о высокой активности обоих отделов ВНС, при этом парасимпатическое её звено воздействует на электрическую проводимость атриоventрикулярного узла, а симпатическое – на энергетическое обеспечение данной функции миокарда.

Ключевые слова: регуляция электрической активности сердца; десинхроноз; электрофизиологические корреляты стресса.

Abstract

The authors study some features of regulation of electric activity of the heart in birds on the basis of association of electrophysiological correlates of myocardial activity and central deep structures of the brain in the condition of the experimental model of desynchronization – crowding. It was established that overcrowding causes in birds a sustainable pathological stress in functions of the anterior part of the hypothalamus and midbrain reticular formation in case of suppression of hypothalamic adjustable tone and high functional activity of the hippocampus which determine the switching of electrical conductivity of the heart ventricles to a more economical mode of operation. The simultaneous manifestation of slowing heart rate with increasing P wave and T wave flattening in the second half of crowding in birds indicates a high activity of both departments ANS, with the parasympathetic link acting on the electrical conductivity of the atrioventricular node, and the sympathetic link acting on the energy supply of the myocardial function.

Key words: the regulation of electricity activity of heart; desynchronization; electrophysiological correlates of stress.

Проблема повышения продуктивности в птицеводстве актуализирует экспериментальное исследование механизмов адаптации птиц к стрессорам. В этом аспекте создание экспериментальных моделей нейрогенного стресса, вызывающих направленный сдвиг суточных эндогенных и приобретенных ритмов поведенческих и физиологических процессов организма – десинхроноз, дает реальную возможность изучать центральные механизмы адаптации к изменениям условий среды [1, 2, 3]. Скученность, как зоосоциальный стрессор, нарушает ритмичность всех процессов жизнедеятельности организма [4]. Сдвиги электрической активности (ЭА) миокарда и глубинных структур головного мозга являются объективными физиологическими показателями реагирования организма на смоделированные условия десинхронозов и отражают направленность и успешность механизмов регуляции адаптации [5, 6, 7, 8].

Цель исследования: изучение регуляции ЭА сердца птиц к условиям экспериментальной модели десинхроноза – скученности, по сопряженности электрофизиологических коррелятов активности миокарда и центральных глубинных структур мозга – передней и задней гипоталамических областей (Hpt_n и Hpt_3), гиппокампа (Hip) и ретикулярной формации среднего мозга (RF).

Материалы и методы исследования. Скученность, или уплотнение посадки птиц, является одним из распространенных в птицеводстве стресс-факторов. Модель хронического нейрогенного стресса создавалась за счет перевода взрослых петухов русской белой породы из индивидуальных клеток на групповое содержание с уплотнением ($270 \text{ см}^2/\text{гол}$). При такой высокой плотности посадки птицы не

могли свободно передвигаться – они или стояли, или сидели [4]. В указанные выше структуры мозга петухов стереотаксически биполярно вживляли электроды. Запись ЭЭГ и ЭКГ осуществляли до моделирования десинхроноза (фон) и на 1-е, 3-е, 7-е, 15-е, 23-е и 30-е сут скученности. Эти точки контроля установлены с учетом ритмичности висцеральных функций у животных [9]. Оценивали корреляционную связь между показателями ЭКГ (частоты сердечных сокращений – ЧСС, длительности электрической систолы предсердий – P - Q -интервал, и электрической систолы желудочков – Q - T -интервал, длительности диастолической паузы – T - P -интервал, амплитуды зубца P и зубца T) и ЭЭГ (общей частоты потенциалов – ЧП, α - и θ -индексов) при значении коэффициентов парных корреляций не менее 0,66 ($p < 0,05$; $n = 10$).

Результаты исследования и их обсуждение. В табл. 1 представлена выявленная 30-суточная динамика временных показателей ЭКГ-активности миокарда стрессируемых птиц.

Визуальный анализ зарегистрированных ЭКГ птиц в условиях фона и в 30-суточном периоде скученности выявил основную тенденцию в динамике ЭА сердца – усиление отрицательного хронотропного эффекта. Нарастающее с 1-х сут скученности урежение сердечного ритма у петухов с 3-х сут по 30-е сут было достоверно значимым ($p < 0,05$) (табл. 1). ЧСС, снизившись в первые 3-е сут стрессирования на 13,5% ($p < 0,01$), проявлялась на установившемся уровне на 7-е и 15-е сут, но затем она ещё более уменьшилась и на 30-е сут была ниже фоновой на 24,3% ($p < 0,001$). Удлинение кардиоциклов rS – rS с 1-х по 30-е сут стрессирования было достоверным и в целом составило от 11,2 ($p < 0,05$) до 33,0% ($p < 0,001$) соответствен-

но. Интервалы P–Q, несколько удлинились на 1-е и 3-и сут стрессирования, на 7-е сут соответствовали по значению исходной величине, но с 15-х сут они посте-

пенно удлинялись и были максимально выражены на 30-е сут – на 25,0% ($p > 0,1$) выше фоновых.

Таблица 1

Динамика временных ЭКГ-характеристик ЭА сердца птиц в условиях скученности ($M \pm m$; $n=10$)

Условия опыта	Показатели, ед. изм.				
	ЧСС, мин ⁻¹	rS–rS, с	P–Q, с	Q–T, с	T–P, с
Фон	337,5±7,4	0,178±0,004	0,028±0,002	0,133±0,003	0,017±0,001
<i>Скученность n=10</i>					
1-е сут	305,0±10,3	0,197±0,008*	0,031±0,001	0,147±0,007	0,018±0,002
3-и сут	285,1±10,5**	0,210±0,009**	0,031±0,002	0,164±0,006***	0,015±0,001
7-е сут	277,6±13,2**	0,216±0,012**	0,028±0,012	0,171±0,013**	0,017±0,002
15-е сут	285,7±13,6**	0,215±0,011**	0,030±0,002	0,162±0,010**	0,018±0,002
23-и сут	264,1±8,45***	0,227±0,007***	0,034±0,003	0,175±0,008***	0,018±0,002
30-е сут	255,4±29,1***	0,235±0,010***	0,035±0,003	0,179±0,01***	0,020±0,002

Здесь и далее: * – $p < 0,05$, ** – $p < 0,01$, *** – $p < 0,001$

С 1-х сут скученности интервалы Q–T удлинились и с 3-х по 30-е сут их длительность возросла от 20,0 ($p < 0,01$) до 37,8% ($p < 0,001$) соответственно. Длительность интервалов T–P в течение первых 7-х сут стрессирования колебалась в пределах фона, но в последующий период она постепенно увеличивалась и на 23-и и 30-е сут в среднем на 17,6% ($p > 0,1$) превышала его (см. табл. 1).

Амплитуда зубцов P возросла против фона на 1-е сут на 50,0% ($p < 0,05$), на 3-и сут. она снизилась к исходному уровню, но на 7-30-е сут. достоверно ($p < 0,01$) его

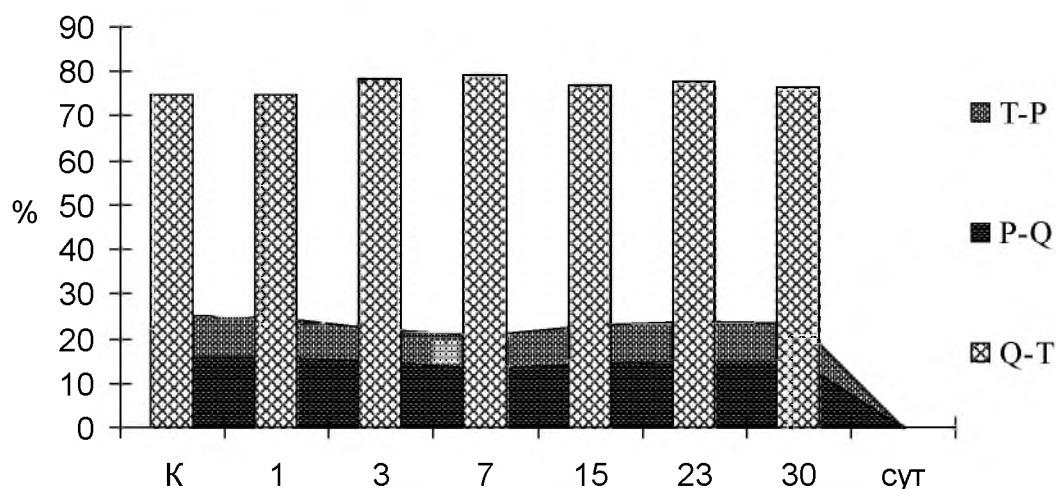
превышала (табл. 2). На 23-и сут величина зубцов P была максимально выраженной против фоновой – на 66,2% ($p < 0,01$). Сдвиги амплитуды зубцов rS имели статистически недостоверный характер, но в течение всего периода скученности их величина была выше фоновой и на 7-30-е сут превышала её в среднем на 14,5–15,9% ($p > 0,1$). Аналогично изменялся вольтаж зубцов T: на 1-е и 7-е сут он проявлялся в пределах фона, а на 3-и и 15-30-е сут был ниже его в среднем на 17,1% ($p > 0,1$) (табл. 2).

Таблица 2

**Динамика количественных ЭКГ-характеристик ЭА сердца петухов
в состоянии скученности ($M \pm m$; $n=10$)**

Условия опыта, сут	Показатели, ед. изм.				
	Зубец P, мВ	Зубец rS, мВ	Зубец T, мВ	ИП, %	СП, %
Фон	0,06±0,006	0,67±0,08	0,28±0,028	23,6±2,9	75,5±1,1
Скученность n=10					
1-е сут	0,09±0,012*	0,77±0,06	0,27±0,04	28,5±6,8	72,6±1,2
3-и сут	0,07±0,008	0,70±0,05	0,23±0,008	30,4±9,2	75,7±1,6
7-е сут	0,11±0,005***	0,78±0,06	0,28±0,03	39,3±3,9**	76,1±2,1
15-е сут	0,10±0,008***	0,79±0,50	0,24±0,03	41,7±5,3**	74,7±1,1
23-и сут	0,113±0,015**	0,80±0,06	0,23±0,02	47,0±4,2***	75,6±1,9
30-е сут	0,102±0,011**	0,79±0,05	0,23±0,01	43,4±2,6**	75,4±1,2

Исходная временная структура кардиоинтервалов птиц в среднем составила: P-Q – 15,7%, Q-T – 74,7%, T-P – 9,6% (рис.).



**Рис. Динамика временной структуры кардиоциклов петухов
в состоянии скученности:**

P-Q – электрическая систола предсердий,

Q-T – электрическая систола желудочкой, T-P – общая диастола

Временная структура кардиоинтервалов значительно изменилась в течение первой недели стрессирования. Так, в первые трое суток скученности процентная выраженность интервалов P–Q сохранялась на исходном уровне; интервалов Q–T увеличилась и на 3-е сут составила 78,1%; интервалов T–P уменьшилась в среднем до 7,1%. Процентная доля интервалов P–Q и T–P на 7-е сут скученности снизилась в среднем до 13,0 и 7,9 соответственно, но доля интервалов Q–T возросла до 79,1%. На 15-е сут скученности временная структура кардиоциклов установилась в пределах исходной и в последующий период она практически не изменялась и на 30-е сут составила: P–Q – 14,9%, Q–T – 76,5%, T–P – 8,6% (см. рис.).

В фоновых условиях получен ряд корреляций ЭКГ-показателей с ЭА структур головного мозга: ЧСС с инактивацией Нip, длительности интервалов Q–T – с тоном Hpt_n, интервалов P–Q – с активностью Hpt_n и Нip; амплитуды зубцов P – с напряжением функций Hpt_n, и зубцов T – с активностью Hpt_n и инактивацией Нip.

Скученность изменила характер регуляторных связей. Удлинение интервалов T–P на 1-е сут стрессирования было сопряжено с инактивацией Нip. На 3-и сут удлинение интервалов Q–T коррелировало с активностью Hpt_n и напряжением функций Hpt₃; уменьшение интервалов T–P – с активацией РФсм, уплощение зубцов T – с напряжением функций Hpt₃. На 7-е сут скученности длительность интервалов P–Q коррелировала с активацией Нip и инактивацией Hpt₃; длительность интервалов T–P – с усилением активности Hpt₃, а вольтаж зубцов T – с её инактивацией. На 15-е сут характер корреляций был более выраженным: удлинение интервалов P–Q сопровождалось активацией Нip и РФсм, а T–P – с напряжением тонуса Hpt_n, повышение зубцов P – с инактивацией РФсм, уплощение зубцов T – с инактивацией Нip. На 23-и сут ску-

ченности урежение ЧСС коррелировало с активностью Hpt_n и РФсм, удлинение интервалов P–Q – с активацией РФсм, и Q–T – с повышением тонуса Hpt_n. В этот период рост зубцов P был сопряжен с активацией РФсм. На 30-е сут замедление ЧСС было связано с инактивацией Hpt_n, удлинение интервалов P–Q – с активацией Hpt₃, РФсм и напряжением тонуса Нip; удлинение интервалов Q–T – с активностью Hpt₃, рост зубцов P – с функциональным напряжением Hpt_n и активацией Hpt₃, Нip, РФсм; уплощение амплитуды зубцов T – с подавлением активности Нip.

Анализ данных корреляций позволяет отметить определяющее значение регулирующей активности Hpt, которая реализуется на основе активации его вегетативных отделов и их синергизма в организации адекватного приспособления ЭА миокарда сердца опытных петухов к условиям хронического стрессирования.

Характер изменений временной структуры кардиоциклов опытных петухов позволяет предположить, что отсутствие возможности результативно использовать в созданных экстракардиальных условиях врожденные формы адаптивного поведения вызвало сильное нервно-эмоциональное напряжение в ЦНС с первых часов скученности. Это определило высокую активацию Hpt_n – гиперсинхронизацию его ЭА и усиление его регуляторных тормозных влияний на висцеральные системы, в том числе и на активность сердца, устранив возможность их перенапряжения и тем самым, создав условия для развития реально возможных компенсаторно-адаптивных реакций в организме. Увеличение процентной доли электрической систолы желудочков во временной структуре кардиоциклов с 3-х по 30-е сут скученности можно оценивать как синдром гиподинамии миокарда – экономизации его функций под усиленным парасимпатическим контролем в состоянии хронического стресса [3, 10]. Эти результаты позво-

ляют предположить, что проявление в экстракардиальных условиях у птиц выраженной брадикардии является одним из компенсаторных механизмов приспособления сердца к гипоксии при жестком ограничении двигательной активности [11]. По-видимому, её механизм генетически обусловлен необходимостью быстрой адаптации сердца к поддержанию высоких энергозатрат организма, связанных с мышечными нагрузками [12] и их экономией в условиях относительного покоя птиц. Очевидно, это сопряжено с существенными сдвигами в степени централизации управления сердечным ритмом и переходом на автономную его регуляцию [13, 14]. Так, смещение пейсмекера синусно-предсердного узла в направлении менее чувствительной к действию ацетилхолина нижней части миокарда [15] ограничивает урежение сердечного ритма и определяет возможность его нормализации по устранению экстракардиальной ситуации [11].

Заключение. Скученность вызывает у птиц устойчивое патологическое напряжение функций со стороны переднего отдела гипоталамуса и ретикулярной формации среднего мозга при подавлении тонуса заднего отдела гипоталамуса и высокой функциональной активности гиппокампа, определяющих переключение электрической проводимости желудочков сердца на более экономный режим функционирования.

Одновременное проявление во второй половине скученности у птиц замедления ЧСС с возрастанием амплитуды зубцов Р и уплощением зубцов Т свидетельствует о высокой активности обоих отделов ВНС, при этом парасимпатическое её звено воздействует на электрическую проводимость атриовентрикулярного узла, а симпатическое – на энергетическое обеспечение данной функции миокарда.

Литература:

1. Амигарова М.Г. Нейроэндокринные механизмы эмоционального стресса // Успехи современ. Биологии. 1986. Т. 102. Вып. 1(4). С. 97-107.
2. Ашофф Ю. Обзор биологических ритмов / Биологические ритмы; под ред. Ю.А. Ашоффа. – М.: Мир, 1984. Т. 1. С. 12-21.
3. Пшенникова М.Г. Феномен стресса. Эмоциональный стресс и его роль в патологии // Актуальные проблемы в патофизиологии. М.: Медицина. 2001. С. 220-353.
4. Гигиена промышленного производства яиц / Данилова А.К., Найденский М.С., Шпиц И.С., Яворский В.С. М.: Россельхозиздат, 1987. 279 с.
5. Аринчин Н.И. Эволюция и клиническое толкование электрокардиограммы и фаз сердечного цикла. Минск: Беларусь, 1966. 221 с.
6. Баевский Р.М. Временная организация функций и адаптивно-приспособительная деятельность организма / Теоретические и прикладные аспекты временной организации биосистем. М.: Наука, 1976. С. 88-111.
7. Gantt W.H. Cardiovascular component of the conditioned reflex to pain, food and other stimuli // *Physiol. Rev.*, 1960. Vol. 40. Pt.1. № 2. P. 460-485.
8. Loffelholz, K. Release of acetylcholine in the isolated heart // *Am. J. Physiol.*, 1981. Vol. 240. P. 431- 440.
9. Погребняк Т.А. Корреляционный анализ биоэлектрической активности структур ствола мозга и вегетативных функций в процессе адаптации птиц к стрессору // Приспособления организмов к действию экстремальных экологических факторов : материалы 7-й междунар. науч.-практ. экол. конф. – Белгород: Изд-во БелГУ, 2002. С. 62-69.

10. Федоров Б.М. Стресс и система кровообращения. М.: Медицина, 1991. 320 с.

11. Галанцев В.П. Электрокардиографический анализ приспособительных изменений автоматизма сердца у ныряющих млекопитающих // Сравнительная электрокардиология. Л.: Наука, 1981. С. 209-211.

12. Сравнительный анализ функций распределения кардио-интервалов у различных представителей классов птиц и млекопитающих / Минеев И.Ф., Гершкович Э.И., Гопадзе И.И., Минеев М.И. // Сравнительная электрокардиология. М.: Наука, 1981. С. 207-209.

13. Галанцев В.П. Эволюция адаптаций ныряющих животных. Л., 1977. 191 с.

14. Роцевский М.П. Эволюционная электрокардиография. Л., 1972. 252.

15. Смещение пейсмекера в синусно-предсердном узле кролика, вызванное стимуляцией блуждающего нерва и введением ацетилхолина / Боуман Л.Н., Маккай А.Дж., Бликер В.К., Оп'т Т. Хоф. // Сравнительная электрокардиография. М.: Наука, 1981. С. 40-42.

References:

1. Amigarova M.G. *Neuroendokrinnye mekhanizmy emotsionalnogo stressa // Uspekhi sovremen. biologii* [Neuroendocrine Mechanisms of Emotional Stress // Advances of Modern Biology]. V. 102. no. 1(4) (1986): pp. 97-107.

2. Ashoff U. *Obzor biologicheskikh ritmov / Biologicheskie ritmy* [Overview of Biological Rhythms / Biological Rhythms]. Moscow. V. 1. (1984): pp. 12-21.

3. Pshennikova M.G. *Fenomen stressa. Emotsionalniy stress i yego rol v patologii // Aktualnye problemi patologii* [The Stress Phenomenon. Emotional Stress and its Role in Pathology // Important Problems of Pathophysiology]. Moscow, 2001. pp. 220-353.

4. Danilova A.K., Naidenskii M.S., Shpic I.S., Yavopckii V.S. *Gigiyena promyshlennogo proizvodstva yaits* [The Hygiene of Industrial Production of Eggs]. Moscow, 1987. 279 p.

5. Arinchin N.I. *Evolyucia i klinicheskoe tolkovanie elektrokardiogrammy i faz serdech-nogo tsikla* [The Evolution and Clinical Interpretation of Electrocardiogram and Phases of Cardiac Cycle]. Minsk, 1966. 221 p.

6. Baevskiy R.M. *Vremennaya organizatsiya funktsiy i adaptivno-prisposobitel'naya deyatel'nost organizma / Teoreticheskie i prikladnye aspekty vremennoy organizatsii biosistem* [Temporal Organisation of Functions and Adaptive Activity of the Body / Theoretical and Practical Aspects of Existential Organization of Biosystems]. Moscow, 1976. pp. 88-111.

7. Gantt W.H. - *Physiol. Rev.* V. 40. no. 2. (1960): pp. 460-485.

8. Loffelholz K. - *Am. J. Physiol.* V. 240. (1981): pp. 431- 440.

9. Pogrebnyak T.A. *Materialy 7 Mezhdunarodnoy nauchno-practich. ecol. conf. "Prisposobleniya organizmov k deystviyu ekstremalnykh ekologicheskikh faktorov"* [Correlational Analysis of Bioelectrical Activity of Brain Stem Structures and Vegetative Functions in the Process of Adaptation of Birds to Stress Factors // Adaptation of Organisms to the Influence of Extreme Ecological Factors: Materials of the 7th International Science Ecol. Conference]. Belgorod, 2002. pp. 62-69.

10. Fedorov B.M. *Stress i sistema krovoobrashcheniya* [Stress and the Circulatory System]. Moscow, 1991. 320 p.

11. Galantsev V.P. *Elektrokardiograficheskii analiz prisposobitel'nykh izmeneniy avtomatizma serdtsa u nyryayushchikh mlekopitayushchikh // Sravnitel'naya elektrokardiologiya* [The Electrocardiographic Analysis of Adaptive Changes of the Heart in Diving Mammals // Comparative Electrocardiography]. Leningrad, 1981. pp. 209-211.

12. Mineev I.F., Gershovich E.I. Gopadze I.I. Mineev M.I. *Sravnitelnyy analiz funktsiy raspredeleniya kardio-intervalov u razlichnykh predstaviteley klassov ptits i mlekopitayushchikh // Sravnitel'naya elektrokardiologiya* [The Comparative Analysis of Functions of Cardio-intervals Distribution in Different Classes of Birds and Mammals]. Moscow, 1981. pp. 207-209.

13. Galancev V.P. *Evolyuksiya adaptatsiy nyryayushchikh zhivotnykh* [Evolution of Adaptation of Diving Animals]. Leningrad, 1977. 191 p.

14. Roshevskii M.P. *Evolyuksionnaya elektrokardiografiya* [Evolutionary Electrocardiography]. Leningrad, 1972. 252 p.

15. Bouman L.N., Mackay A.J., Blicher B.K., Op't T. Hof *Smeshcheniye peysmekera v sinusno-predserdnom uzle krolika, vyzvanoye stimulyatsiyey bluzhdayushchego nerva i vvedeniyem atsetilkholina* [The Displacement of Pacemaker in the Sinuatrial Area of Rabbit Caused by the Stimulation of Nervus Vagus and Administration of Acetylcholinum // Comparative electrocardiography]. Moscow, 1981. pp. 40-42.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Погребняк

Татьяна Алексеевна

кандидат биологических наук, доцент

Белгородский государственный
национальный исследовательский
университет

ул. Победы, 85, г. Белгород, 308015,
Россия

E-mail: pogrebnyak@bsu.edu.ru

Горшков

Григорий Иванович

доктор биологических наук, профессор

Белгородская государственная
сельскохозяйственная академия
ул. Вавилова, 1, п. Майский,

Белгородский район,
Белгородской области, 308503, Россия

E-mail: pogrebnyak@bsu.edu.ru

DATA

ABOUT THE AUTHORS

Pogrebnyak

Tatyana Alekseyevna

PhD in Biology, Associate Professor

Belgorod State National
Research University

85, Pobedy St., Belgorod, 308015, Russia

E-mail: pogrebnyak@bsu.edu.ru

Gorshkov

Grigoriy Ivanovich

Doctor of Biology, Professor

Belgorod State Agricultural Academy
1 Vavilova Street, Mayski Township,
Belgorod Region, 308503, Russia

E-mail: pogrebnyak@bsu.edu.ru