

АТФ-АЗНЫЕ ФЕРМЕНТНЫЕ СИСТЕМЫ КРОВИ И МОЛОКА ОВЕЦ
ПОРОД «ТЕКСЕЛЬ» И «КУЙБЫШЕВСКАЯ»Е.Ю. ФЕДОРОВА¹, В.И. МАКСИМОВ², О.В. СМОЛЕНКОВА³, А.В. ОВЧИННИКОВ⁴¹ Московский городской педагогический университет;² Московская государственная академия ветеринарной медицины
и биотехнологии – МВА имени К.И. Скрябина;³ Курская государственная сельскохозяйственная академия имени И.И. Иванова;⁴ Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева)

Активность ферментных систем мембран (ионных насосов), интегральными белками которых являются АТФазы, является одним из чутких критериев метаболических процессов в организме животных. В частности, не являются исключением физиолого-биохимические процессы, происходящие в эритроцитах и секреторных клетках молочных желез при образовании молока. Исследования, проведенные авторами на ягнятах и овцематках пород тексель и куйбышевская с целью выявления возрастных и породных особенностей функционирования АТФаз мембраны эритроцитов крови и мембраны жировых шариков молока, показали, что активность Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Mg^{2+} - и Na^+ , K^+ - АТФазы мембраны эритроцитов ягнят детерминирована возрастом с высокой степенью достоверности ($P < 0,001$) на 99,45; 99,41 и 98,46%, соответственно; активность Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Mg^{2+} - и Na^+ , K^+ -АТФазы мембраны жировых шариков молока овцематок- на 87,15%; 89,36 и 88,09%, соответственно. Достоверного влияния породной принадлежности животных, а также совместного влияния факторов (возраста и породы) на активность всех исследованных АТФаз мембраны эритроцитов и мембранных компонентов молока не выявлено.

Результатами корреляционного и дисперсионного анализов доказано достоверное влияние на АТФазную активность крови и молока возраста и видовой принадлежности животных; установлено, что активность общей, Mg^{2+} - и Na^+ , K^+ -АТФаз мембраны эритроцитов достоверно ($P < 0,001$) детерминирована видовой принадлежностью животных на 98,83%, 99,45%, 96,14%, соответственно; активность АТФаз мембраны жировых шариков молока- на 95,57%; 92,09% и 82,27%, соответственно.

Ключевые слова. Mg^{2+} , Na^+ , K^+ -АТФаза, Mg^{2+} -АТФаза, Na^+ , K^+ -АТФаза, овцы, кровь, эритроциты, молоко, жировые шарики.

Введение

За последние годы накоплено большое количество сведений по изучению транспорта ионов и функционированию Mg^{2+} -, Ca^{2+} -, Na^+ , K^+ -, H^+ -АТФаз. Работами ряда авторов установлено, что АТФазная активность изменяется с учетом возраста, периодов репродуктивной деятельности животных, гипертонических болезней, неврозов, белкового голодания, ревматизма, болезней щитовидной железы, депрессивных состояниях и т.д. [2, 3, 5]. Как показали наши более ранние исследования,

АТФазная активность мембраны эритроцитов крови крупного рогатого скота, свиней и птицы зависит от возраста, генотипа [13].

Имеющиеся в литературе [12,13,16–19] данные о влиянии на активность Na , K^+ -АТФазы таких факторов, как соотношение ионов натрия и калия, количество доступного АТФ, возраст животных, условия содержания и кормления, специфический ингибитор – оуабаин (строфантин- G), нашли подтверждение и развитие в наших более ранних работах, в которых установлено влияние возраста, породы животных, концентрации в среде ионов натрия и калия, присутствия ингибитора-строфантина- G на активность АТФаз мембраны эритроцитов [13]. Выявленное в наших более поздних исследованиях [7–9] присутствие АТФаз в мембране жировых шариков молока коров и свиноматок, а также зависимость их активности от возраста, породы, вида, стадии лактации животных подтверждает схожесть строения мембраны жирового шарика с клеточной мембраной, представляющей собой водонерастворимый липопротеидный комплекс, имеющий трехслойную структуру.

Поскольку дальнейшее изучение АТФазной активности у различных видов сельскохозяйственных животных в указанном направлении позволит более глубоко раскрыть интимные биохимические процессы в организме не только в норме, но и при развитии патологических процессов, проведенные нами исследования активности АТФаз крови и молока овец в зависимости от возраста и породы являются актуальными.

Цель настоящей работы заключалась в установлении особенностей функционирования АТФазных ферментных систем крови и молока овец разных пород, на примере пород тексель и куйбышевской у животных различных возрастов.

Методика исследования

Для достижения поставленной цели работу с экспериментальными животными выполняли в соответствии с «Правилами проведения работ с использованием экспериментальных животных» (приложение к приказу министерства здравоохранения СССР от 12.08.1977 г. № 7550) и Хельсинской Декларацией 2000 г.

Были отобраны ягнята и овцематки пород тексель и куйбышевской ($n = 40$), условия содержания и кормления животных соответствовали действующим нормативам. Кровь для исследований отбирали из яремной вены, стабилизировали гепарином из расчета 4–6 единиц на 1мл крови. Выделение мембран эритроцитов проводили гемолизом эритроцитарной массы в 0,4 М трис HCl с осаждением мембран центрифугированием при 15 000 об/мин [12].

Выделение мембраны жировых шариков из молока, предназначенного для определения АТФазной активности, проводили по методике, описанной в работе В.Н. Кириленко[4].

АТФазную активность определяли по Keeton K.S.[15], при этом активность общей АТФазы определяли в среде, содержащей 150 мМ NaCl ; 5,0 мМ KCl ; 25 мМтрис- HCl (pH 8,0), 3 мМ Na_2ATP , 3 мМ MgCl_2 , пробы инкубировали в течение 45 мин при температуре 37°C. Реакцию прекращали путем добавления 1,8 мл 6%-ного раствора трихлоруксусной кислоты. Пробы центрифугировали при 0°C и в надосадочной жидкости определяли содержание неорганического фосфора. При определении Mg^{2+} -АТФазы, т.е. оуабаиннечувствительной АТФазы, в субстратную среду вводили 10^{-4} М оуабаина (строфантина G), который подавлял активность Na^+ , K^+ -АТФазы.

Статистическую обработку выполняли программным обеспечением MS Excel 2003 и Statistica10 («StatSoftInc.», США). Приведены средние арифметические значения параметров (M) и их доверительные интервалы ($\pm \text{SEM}$) при 95% уровне вероятности по t -критерию Стьюдента [6].

Результаты и их обсуждение

Исследованиями установлено достоверное ($P < 0,001$) возрастное снижение активности Mg^{2+} , Na^+ , K^+ -АТФазы, Mg^{2+} -АТФазы и Na^+ , K^+ -АТФазы мембраны эритроцитов ягнят породы тексель, так и куйбышевской, что обусловлено ферментативной возрастной перестройкой эритроцитов (таблица 1).

Таблица 1

Возрастная динамика активности АТФазы мембраны эритроцитов ягнят

Возраст животных	Активность АТФазы, нмольФн/мг белка в мин		
	Mg^{2+} , Na^+ , K^+ -АТФаза	Mg^{2+} -АТФаза	Na^+ , K^+ -АТФаза
	Порода тексель		
Ягнята новорожденные	15,565±0,143*	8,835±0,002	6,730±0,124
Ягнята в возрасте 20 дней	9,808±0,032*	6,046±0,017	3,762±0,0541
Ягнята в возрасте 105–110 дней	2,507±0,082	1,430±0,013	1,078±0,036
Куйбышевская порода			
Ягнята новорожденные	14,909±0,0315	8,729±0,003	6,181±0,047
Ягнята в возрасте 20 дней	8,921±0,029	5,342±0,044	3,579±0,075
Ягнята в возрасте 105–110 дней	2,184±0,007	1,281±0,006	0,903±0,019

Примечание. *- $P < 0,05$ – по сравнению с куйбышевской породой.

Проведенный авторами корреляционный анализ показал достоверную ($P < 0,001$) отрицательную корреляцию АТФазной активности мембраны эритроцитов ягнят и возраста животных, причем коэффициенты корреляции незначительно различались для отдельных АТФаз. Так, наиболее сильно выраженная корреляционная связь отмечена в случае активности Mg^{2+} -АТФазы мембраны эритроцитов ягнят обеих пород (коэффициент корреляции в группе ягнят породы тексель составил $-0,979$, в группе ягнят куйбышевской породы $-0,957$); наименее – в случае активности Na^+ , K^+ -АТФазы (коэффициент корреляции в группе ягнят породы тексель составил $-0,958$, в группе ягнят куйбышевской породы $-0,940$).

Двухфакторный дисперсионный анализ влияния возраста и породы овец показал, что активность Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Mg^{2+} - и Na^+ , K^+ -АТФазы мембраны эритроцитов ягнят достоверно ($P < 0,001$) детерминирована возрастом на 99,45%; 99,41 и 98,46% соответственно. Достоверного влияния породной принадлежности ягнят, совместного влияния факторов (возраста и породы) на активность всех исследованных АТФаз мембраны эритроцитов не выявлено.

Полученные авторами данные, характеризующие особенности функционирования АТФаз мембраны эритроцитов овец, согласуются с предыдущими нашими исследованиями [7–9,14]. Очевидно, что в процессе постнатального развития ягнят происходит постепенная замена эритроцитов с высокой активностью АТФаз на клетки с более низкой активностью данного фермента, вследствие чего к трехмесячному возрасту показатель АТФазной активности мембраны эритроцитов ягнят приближается к уровню взрослых животных. В связи с этим можно предположить, что

исследованная нами в более ранних работах возрастная динамика АТФазной активности мембраны эритроцитов крови у ягнят, так же, как и у крупного рогатого скота и свиней, обуславливается конформационными особенностями мембранных белков эритроцитов. Сравнительный анализ вновь и ранее полученных данных показал, что активность всех исследованных АТФаз мембраны эритроцитов у овец и коров с ЛК-генотипом в разы ниже, чем у свиней НК-генотипа (рисунок 1).

Отмечено, что активность общей АТФазы мембраны эритроцитов овец на 16,07% выше, чем этот показатель в группе крупного рогатого скота и в 3,67 раза ниже, чем в группе свиней. Аналогичная закономерность наблюдается по активности Mg^{2+} - и Na^+ , K^+ -АТФазы мембраны эритроцитов сельскохозяйственных животных; так, межвидовые различия в случае Mg^{2+} - АТФазы составили 23,9% и 3,52 раза, соответственно, в случае Na^+ , K^+ -АТФазы- 23,8% и 3,86 раза, соответственно.

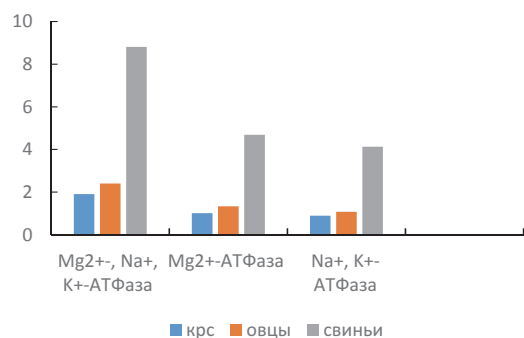


Рис. 1. Сравнительный анализ активностей АТФаз мембраны эритроцитов крови различных видов животных

Однофакторный дисперсионный анализ влияния видовой принадлежности животных на АТФазную активность мембраны эритроцитов показал, что активность Mg^{2+} , Na^+ , K^+ -АТФазы детерминирована видом животного на 98,83%, активность Mg^{2+} - АТФазы – на 99,45%, активность Na^+ , K^+ -АТФазы – на 96,14% с высокой степенью достоверности ($P < 0,001$).

Проведенные нами исследования АТФазной активности мембраны жировых шариков молока овец свидетельствуют о ее достоверном ($P < 0,001$) возрастном повышении как у овцематок породы тексель, так и куйбышевской породы (таблица 2).

Таблица 2

Возрастная динамика активности АТФазы мембраны жировых шариков молока овцематок

Возраст овцематок, лактация	Активность АТФазы, нмольФн/мг белка в мин		
	Mg^{2+} , Na^+ , K^+ -АТФаза	Mg^{2+} -АТФаза	Na^+ , K^+ -АТФаза
Порода тексель			
1-я лактация	29,321 ± 1,991	18,892 ± 1,232*	10,429 ± 0,998*
2-лактация	32,510 ± 1,251	19,013 ± 1,092	13,500 ± 1,012
3-лактация	36,982 ± 1,360	21,105 ± 1,563	15,877 ± 1,096
Куйбышевская порода			
1-я лактация	28,985 ± 1,864	17,354 ± 1,320	11,631 ± 1,015
2-лактация	31,211 ± 1,112	18,599 ± 1,109	12,612 ± 0,894
3-лактация	36,025 ± 1,251	20,478 ± 1,205	15,547 ± 1,036

Примечание. * – $P < 0,05$ – по сравнению с куйбышевской породой

Отмечено, что наиболее сильно выражена корреляционная зависимость в случае Mg^{2+} -АТФазы мембраны жировых шариков молока овцематок обеих пород (коэффициент корреляции в группе овцематок породы тексель составил 0,843, в группе овцематок куйбышевской породы 0,712). Менее выражена корреляционная связь в случае активности Na^+ , K^+ -АТФазы (коэффициент корреляции в группе овцематок породы тексель составил 0,548, в группе овцематок куйбышевской породы 0,411).

В ходе проведения двухфакторного дисперсионного анализа, независимыми факторами при котором служили возраст (фактор А) и породная принадлежность животных (фактор Б), нами установлено, что активность Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Mg^{2+} - и Na^+ , K^+ -АТФазы мембран жировых шариков молока овцематок достоверно ($P < 0,001$) зависит от возраста животных на 87,15; 89,36 и 88,09%, соответственно. Породная принадлежность животных не оказывала достоверного влияния на активность всех исследованных АТФаз мембраны жировых шариков, то же самое можно сказать и о совместном влиянии возраста и породы.

Таким образом, полученные нами результаты свидетельствуют о возрастной положительной динамике транспорта ионов и сопряженного с ним активного транспорта предшественников компонентов молока через мембрану эпителиальных клеток молочной железы овцематки и, как следствие, повышении удоев овцематок от лактации к лактации.

В связи с имеющимися результатами исследований, проведенных нами ранее [7–9, 14], представляет интерес сравнительный анализ активности АТФаз мембранных компонентов молока различных видов сельскохозяйственных животных в возрасте 2-й лактации: овцематок породы тексель, коров симментальской породы, свиноматок белой крупной породы (рисунок 2).

Проведенный двухфакторный дисперсионный анализ выявил силу влияния видовой принадлежности животного и возраста (в лактациях) на активность общей, Mg^{2+} - и Na^+ , K^+ -АТФаз мембранных компонентов молока. В качестве независимых переменных были определены: А – возраст животных (в лактациях) и Б – вид животных. В результате анализа установлено, что активность общей, Mg^{2+} - и Na^+ , K^+ -АТФаз мембраны жировых шариков молока достоверно ($P < 0,001$) детерминирована видовой принадлежностью животных на 95,57%; 92,09% и 82,27%, соответственно. Возраст животных (в лактациях) оказывал достоверное ($P < 0,001$) незначительное влияние на активность исследованных АТФаз, коэффициенты детерминации составили 0,91%, 0,88% и 0,59%, соответственно. Также установлено, что степень влияния видовой принадлежности животных на активность общей АТФазы мембранных компонентов молока незначительно возрастает с каждой последующей лактацией.

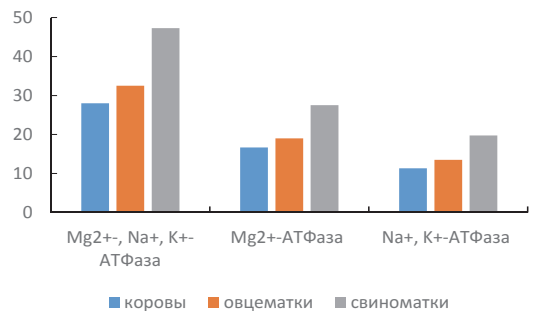


Рис. 2. Сравнительный анализ активностей АТФаз мембранных компонентов молока различных видов животных

Заключение

Таким образом, в результате проведенных биохимических исследований установлено, что возрастная динамика активности АТФаз мембраны эритроцитов и мембраны жировых шариков молока овец имеет своеобразие, заключающееся во влиянии возраста и породы животных. Возрастное снижение АТФазной активности мембраны эритроцитов ягнят обеих пород, по-видимому, обусловлено конформационными особенностями белков мембранного компонента эритроцитов. Отмеченное повышение

АТФазной активности мембранных компонентов молока с возрастом (в лактациях) овцематок обеих пород является критерием уровня продуктивности и синтеза основных компонентов молока и согласуется с имеющимися в литературе данными, свидетельствующими об изменчивости состава молока овцематок от лактации к лактации [1]. Результатами корреляционного и дисперсионного анализов доказано достоверное влияние на АТФазную активность крови и молока возраста и видовой принадлежности животных, что говорит об определенных различиях в функционировании АТФазных транспортных ионных насосов, локализованных в мембране эритроцитов и мембране жировых шариков молока. Достоверного влияния породной принадлежности овец на активность АТФаз крови и молока не выявлено.

Библиографический список

1. Акаев М.–Р.Н., Дабузова Г.С. Молочная продуктивность, химический состав и свойства молока овец дагестанской горной породы во второй половине лактации при отгонно-пастбищном содержании // Сборник научных трудов Всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства, 2007, т. 2–2. С. 4–7.
2. Болдырев А.А. Na^+ , K^+ -АТФаза солевых желез утки // Биохимия, 1981. № 46 (8). С. 24–29.
3. Дубровский В.Н., Кыров Д.Н., Силиванова Е.А. Активность Na , K -АТФазы и ацетилхолинэстеразы в надпочечниках и различных регионах головного мозга // Приложение к журналу «Вестник молодых ученых» (Серия «Науки о жизни»), 2005. С. 36.
4. Кириленко В.Н. Липиды мембран жировых глобул молозива и молока коров и их использование для получения липосом: дис. канд. биол. наук:03.00.04/Кириленко Владимир Николаевич – Киев, 1989. – 156 с.
5. Кривой И.И. Экстракт почек свиньи содержит специфический ингибитор оуабин-чувствительной изоформы Na^+ , K^+ -АТФазы мышечных волокон диафрагмы крысы // Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова, 2003. № 89 (11). С. 1340–1351.
6. Макарова Н.В. Статистика в Excel / Н.В. Макарова., В.Я. Трофимец // учебное пособие. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 368 с.
7. Мосягин В.В., Максимов В.И., Федорова Е.Ю. Возрастная динамика АТФазной активности эритроцитов крупного рогатого скота симментальской и черно-пестрой породы // Вестник Орловского государственного аграрного университета, 2011. № 1 (28). С. 59–60
8. Мосягин В.В., Федорова Е.Ю. Возрастная динамика АТФазной активности эритроцитов у свиней и крупного рогатого скота // Проблемы биологии продуктивных животных, 2011. № 1. С. 85–88.
9. Мосягин В.В., Максимов В.И., Федорова Е.Ю. Возрастная динамика АТФазной активности цитоплазматических мембран эритроцитов цыплят-бройлеров кроссов «Бройлер-6» и «ISA» при скормливании пептидной кормовой добавки и сукцина-та // Вестник ОрелГАУ, 2011. № 2 (29). С. 25–30.
10. Мохаммед М.Т., Кличханов Н.К. Влияние даларгина на активность Na , K -АТФазы мембран синапсом из коры головного мозга крыс при ишемии и реперфузии // Известия Самарского науч. центра РАН, 2011, № . 13 (1). С. 260–263.
11. Рубцов А.М. Ca^{2+} -АТФаза саркоплазматического ретикулума: молекулярная организация, механизм функционирования и особенности регуляции активности // Успехи биологической химии, 2005. № 45. С. 235–268.
12. Рыжкова Г.Ф. Активность транспортных АТФаз и межклеточный обмен электролитов у сельскохозяйственных животных в норме и при включении в рацион биологически активных веществ // Вестник Курской ГСХА, 2015. № 9. С. 88–94.

13. Рыжкова Г.Ф., Лебедева Н.В. АТФазная активность, распределение натрия и калия в тканях свиноматок и поросят-сосунов // Вестник Курской ГСХА, 2012. № 6. С. 76–78.
14. Федорова Е.Ю., Максимов В.И. Породные особенности функционирования АТФазных ферментных систем эритроцитов и молока коров // Вестник РАСХН, 2012. № 4. С. 77–79.
15. Keeton K.S. Characterization of adenosinetriphosphatase in erythrocyte membrane of the cow // Proc. soc. exp. biol. and med., 1972. Vol. 1. P. 140.
16. Skou J.C. The Na, K-ATPase. // J. Bioenerg. and Biomembr., 1992. Vol. 24. P. 249–261.
17. Schiener-Bobis G. Action of palytoxin on apical H^+/K^+ -ATPase in rat colon // Eur. J. Biochem., 2002. Vol. 269. P. 3905–3911.
18. Jorgensen P.L. Structure and mechanism of Na, K-ATPase: Functional sites and their interactions // Annu. Rev. Physiol., 2003. Vol. 65. P. 17–49.
19. Schiener-Bobis G. Action of palytoxin on apical H^+/K^+ -ATPase in rat colon // Eur. J. Biochem., 2002. Vol. 269. P. 3905–3911.

ATPASE ENZYME SYSTEMS OF BLOOD AND MILK OF THE TEKSEL AND KUIBYSHEVSKAYA SHEEP BREED

YE.YU. FEDOROVA¹, V.I. MAKSIMOV², O.V. SMOLENKOVA³, A.V. OVCHINNIKOV⁴

(¹ Moscow City University; ² Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology named after K.I. Skriabin; ³ Kursk State Agricultural Academy named after I.I. Ivanov;

⁴ Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy)

The activity of membrane enzyme systems (ionic pumps), ATPases being their integral proteins, is one of the sensitive criteria for metabolic processes in animals. In particular, physiological and biochemical processes occurring in erythrocytes and secretory cells of the mammary glands during milk formation are not an exception here. The authors have conducted studies on lambs and ewes of Teksel and Kuibyshevskaya breed to identify the age and breed characteristics of the functioning of ATPases of the red blood cell membrane and the membrane of milk fat globules. The results have shown that the activity of Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Mg^{2+} - and Na^+ , K^+ -ATPase membrane erythrocytes of lambs are determined by age with a high degree of confidence ($P < 0.001$) at 99.45; 99.41 and 98.46%, respectively; the activity of Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Mg^{2+} - and Na^+ , K^+ -ATPases of the membrane of ewe's milk fat globules – by 87.15%; 89.36 and 88.09%, respectively. No significant influence of the species of animals, as well as no joint influence of age and breed factors on the activity of all the studied ATPases of the erythrocyte and milk membrane components has been observed.

The results of correlation and dispersion analyzes proved a significant effect on the ATPase activity of blood and milk on the age and species of animals; it has been proved that the activity of total, Mg^{2+} - and Na^+ , K^+ -ATPases of the erythrocyte membrane is reliably ($P < 0.001$) determined by the species of animals by 98.83%, 99.45%, and 96.14%, respectively; the activity of the ATPase membrane of milk fat globules – by 95.57%; 92.09% and 82.27%, respectively.

Key words: Mg^{2+} , Na^+ , K^+ -ATPase, Mg^{2+} -ATPase, Na^+ , K^+ -ATPase, sheep, blood, red blood cells, milk, fat globules.

References

1. Akayev M.–R.N., Dabuzova G.S. Molochnaya produktivnost', khimicheskiy sostav i svoystva moloka ovets dagestanskoy gornoy porody vo vtoroy polovine laktatsii pri otgonno-pastbishchnom sodержanii [Milk productivity, chemical composition and properties of sheep milk of the Dagestan breed in the second half of lactation when kept under a distant-pasture

- system] // Sbornik nauchnykh trudov Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta ovtsevodstva i kozovodstva, 2007, vol. 2–2. Pp. 4–7. (In Russian)
2. *Boldyrev A.A.* Na⁺, K⁺-ATFaza solevykh zhelez utki [Na⁺, K⁺-ATPase of duck salt glands] // *Biokhimiya*, 1981. No. 46 (8). Pp. 24–29. (In Russian)
3. *Dubrovskiy V.N., Kyrov D.N., Silivanova Ye.A.* Aktivnost' Na, K-ATFazy i asetilkholinesterazy v nadpochechnikakh i razlichnykh regionakh golovnoogo mozga [Activity of Na, K-ATPase and acetylcholinesterase in the adrenal glands and different areas of the brain] // *Prilozheniye k zhurnalu "Vestnik molodykh uchenykh"* (Seriya "Nauki o zhizni"), 2005. P. 36. (In Russian)
4. *Kirilenko V.N.* Lipidy membran zhirovnykh globul moloziva i moloka korov i ikh ispol'zovaniye dlya polucheniya liposom [Lipids of the membranes of the fat globules of colostrum and cow milk and their use for the preparation of liposomes]: PhD (Bio) thesis: 03.00.04 / Kirilenko Vladimir Nikolayevich – Kiyev, 1989. 156 p. (In Russian)
5. *Krivoy I.I.* Ekstrakt pochek svin'i sodержit spetsificheskiy inhibitor ouabain-chuvstvitel'noy izoformy Na⁺, K⁺-ATFazy myshechnykh volokon diafragmy krysy [Pig kidney extract contains a specific inhibitor of ouabain-sensitive isoform Na⁺, K⁺-ATPases of rat diaphragm muscle fibers] // *Rossiyskiy fiziologicheskiy zhurnal im. I.M. Sechenova*, 2003. No. 89 (11). Pp. 1340–1351. (In Russian)
6. *Makarova N.V.* Statistika v Excel [Statistics in Excel] / N.V. Makarova., V.Ya. Trofimets // Study manual. – M.: Finansy i statistika, 2002. 368 p. (In Russian)
7. *Mosyagin V.V., Maksimov V.I., Fedorova Ye.YU.* Vozrastnaya dinamika ATFaznoy aktivnosti eritrotsitov krupnogo rogatogo skota simmental'skoy i cherno-pestroy porody [Age dynamics of ATPase activity of cattle erythrocytes of the Simmental and Black-Motley breed] // *Vestnik Orlovskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2011. No. 1 (28). Pp. 59–60. (In Russian)
8. *Mosyagin V.V., Fedorova Ye.Yu.* Vozrastnaya dinamika ATFaznoy aktivnosti eritrotsitov u sviney i krupnogo rogatogo skota [Age dynamics of ATPase activity of erythrocytes in pigs and cattle] // *Problemy biologii produktivnykh zhivotnykh*, 2011. No. 1. Pp. 85–88. (In Russian)
9. *Mosyagin V.V., Maksimov V.I., Fedorova Ye.Yu.* Vozrastnaya dinamika ATFaznoy aktivnosti tsitoplazmaticheskikh membran eritrotsitov tsyplyat-broylerov krossov "Broyler-6" i "ISA" pri skarmlivanii peptidnoy kormovoy dobavki i suktsin ata [Age dynamics of ATPase activity of cytoplasmic erythrocyte membranes of broiler chickens of "Broiler-6" and "ISA" crosses when feeding peptide feed additive and succinate] // *Vestnik OrelGAU*, 2011. No. 2 (29). Pp. 25–30. (In Russian)
10. *Mokhammed M.T., Klichkhanov N.K.* Vliyaniye dalargina na aktivnost' Na, K-ATFazy membran sinaptosom iz kory golovnoogo mozga krysa pri ishemii i reperfuzii [Effect of dalargin on the activity of Na, K-ATPases of synaptosome membranes from the rat cerebral cortex during ischemia and reperfusion] // *Izvestiya Samarskogo nauch. tsentra RAN*, 2011, no. 13 (1). Pp. 260–263. (In Russian)
11. *Rubtsov A.M.* Ca²⁺-ATFaza sarkoplazmaticheskogo retikuluma: molekulyarnaya organizatsiya, mekhanizm funktsionirovaniya i osobennosti regulyatsii aktivnosti [Ca²⁺-ATPase sarcoplasmic reticulum: molecular organization, mechanism of functioning and features of activity regulation] // *Uspekhi biologicheskoy khimii*, 2005. No. 45. Pp. 235–268. (In Russian)
12. *Ryzhkova G.F.* Aktivnost' transportnykh ATFaz i mezhkletochnyy obmen elektrolitov u sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh v norme i pri vkl'yuchanii v ratsion biologicheski aktivnykh veshchestv [Activity of transport ATPases and the intercellular exchange of electrolytes in farm animals is normal condition and with biologically active substances included in the ration] // *Vestnik Kurskoy GSKHA*, 2015. No. 9. Pp. 88–94. (In Russian)

13. *Ryzhkova G.F., Lebedeva N.V.* ATPaznaya aktivnost', raspredeleniye natriya i kaliya v tkanyakh svinomatok i porosyat-sosunov [ATPase activity, sodium and potassium distribution in the tissues of sows and suckling piglets] // Vestnik Kurskoy GSKHA, 2012. No. 6. Pp. 76–78. (In Russian)

14. *Fedorova Ye. Yu., Maksimov V.I.* Porodnyye osobennosti funktsionirovaniya ATPaznykh fermentnykh sistem eritrotsitov i moloka korov [Breed features of the functioning of ATPase enzyme systems of erythrocytes and cow milk] // Vestnik RASKHN, 2012. No. 4. Pp. 77–79. (In Russian)

15. *Keeton K.S.* Characterization of adenosinetriphosphatase in erythrocyte membrane of the cow // Proc. soc. exp. biol. and med., 1972. Vol. 1. P. 140. (In English)

16. *Schiener-Bobis G.* Action of palytoxin on apical H^+/K^+ -ATPase in rat colon // Eur. J. Biochem., 2002. Vol. 269. Pp. 3905–3911. (In English)

17. *Jorgensen P.L.* Structure and mechanism of Na, K-ATPase: Functional sites and their interactions // Annu. Rev. Physiol., 2003. Vol. 65. Pp. 17–49. (In English)

18. *Schiener-Bobis G.* Action of palytoxin on apical H^+/K^+ -ATPase in rat colon // Eur. J. Biochem., 2002. Vol. 269. P. 3905–3911. (In English)

Федорова Елена Юрьевна – профессор кафедры биологии и физиологии человека, доктор биологических наук, доцент. Московский городской педагогический университет (129226, Россия, Москва, 2-й Сельскохозяйственный проезд, 4). E-mail: elefedor@yandex.ru, тел.: +7 (915) 057-66-03.

Максимов Владимир Ильич – профессор кафедры физиологии, фармакологии и токсикологии им. А.Н. Голикова и И.Е. Мозгова, доктор биологических наук, профессор. Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии им. К.И. Скрябина (109472, Россия, Москва, ул. Академика Скрябина, 23). E-mail: dr.maximov@gmail.com, тел.: +7 (926) 902-88-48.

Смоленкова Ольга Викторовна – доцент кафедры технологии хранения и переработки растительного сырья, кандидат биологических наук. Курская государственная сельскохозяйственная академия им. И.И. Иванова (305021, Россия, Курск, ул. Карла Маркса, 70). E-mail: olga.aminina@mail.ru, тел.: +7 (910) 740-95-78.

Овчинников Анатолий Викторович – профессор, д.с.-х.н., профессор кафедры частной зоотехнии. РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Тел.: +7 (499) 976-06-00, E-mail: aovchinnikov@rgau-msha.ru.

Yelena Yu. Fedorova – Professor, the Department of Human Biology and Physiology, DSc (Bio), Associate Professor, Moscow City University (129226, Russia, Moscow, 2nd Sel'skokhozyaystvennyy Proyezd Str., 4. E-mail: elefedor@yandex.ru, phone: +7 (915) 057-66-03.

Vladimir I. Maksimov – Professor, the Department of Physiology, Pharmacology and Toxicology named after A.N. Golikov and I. Ye. Mozgov, DSc (Bio), Professor, Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology named after K.I. Scriabin (109472, Russia, Moscow, Akademika Scriabina Str., 23). E-mail: dr.maximov@gmail.com, phone: +7 (926) 902-88-48.

Olga V. Smolenkova – Associate Professor, the Department of the Technology of Storage and Processing of Plant Raw Materials, PhD (Bio), Kursk State Agricultural Academy named after I.I. Ivanov (305021, Russia, Kursk, Karl Marx Str., 70). E-mail: olga.aminina@mail.ru, phone: +7 (910) 740-95-78.

Anatoly V. Ovchinnikov – DSc (Ag), Professor of private animal husbandry, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy. E-mail: aovchinnikov@rgau-msha.ru, phone: +7 (499) 976-06-00. E-mail: aovchinnikov@rgau-msha.ru.