

УДК 636.068

DOI: 10.30914/2411-9687-2019-5-3-298-304

**АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ЯДРЫШКОВЫЕ ОРГАНИЗАТОРЫ  
В ИНТАКТНЫХ ЛИМФОЦИТАХ У ПОМЕСНЫХ КОЗ****П. М. Кленовицкий, Б. С. Иолчиев, В. А. Багиров***Федеральный научный центр животноводства – ВИЖ имени академика Л.К. Эрнста,  
Московская область, г. о. Подольск*

**Введение.** Состояние ядрышкового аппарата, оцениваемое путем серебрения, является одним из критериев, характеризующим уровень пролиферации и биосинтеза белка в норме и при патологии. Число ЯОР в лимфоцитах видоспецифично и коррелирует с числом кластеров р-генов. Отмечена связь параметров, характеризующих активность ядрышковых организаторов, с проявлением полигенных признаков. **Целью** настоящего исследования явилась оценка полученных на основе компьютерного анализа основных характеристик аргирофильных областей в интерфазных лимфоцитах коз разных генотипов и выбор основных параметров для оценки состояния ЯОР с использованием компьютерного анализа. **Материалы и методы.** Состояние ядрышкообразующего аппарата изучали в лимфоцитах периферической крови, полученной от помесных коз четырех генотипов: помесей коз карачаевской и бурской пород с гибридом F<sub>1</sub> сибирского козерога и домашней козы, потомков от скрещивания гибридов F<sub>1</sub> и F<sub>2</sub> сибирского козерога с домашней козой и гибридов F<sub>1</sub> коз карачаевской породы с кавказским туром. Обработку и анализ изображений проводили средствами программы Image Scope 1.0. по описанному нами ранее алгоритму. **Результаты исследования и обсуждение.** По большинству параметров, характеризующих состояние ядрышковых организаторов, помеси карачаевской породы с гибридом F<sub>1</sub> и гибридов этой породы с кавказским туром достоверно ( $p < 0,05$ ) превосходили помесей коз бурской породы с гибридом F<sub>1</sub>. Отмечена сильная корреляция ( $r > 0,80$ ;  $p < 0,001$ ) между оптическими плотностями  $D_N$  и  $D_F$ , разности этих плотностей с общей площадью AgNOR и оптическим эквивалентом связанного серебра ( $OE_{NOR}$ ). **Заключение.** Для оценки состояния ядрышкообразующей системы целесообразно учитывать число AgNOR, а также средние оптические плотности AgNOR ( $D_{NOR}$ ), ядра ( $D_N$ ) и зоны свободной от AgNOR ( $D_F$ ).

**Ключевые слова:** аргирофильные структуры, козы, лимфоциты, помеси, ядрышковые организаторы, ядро.

**Благодарности:** работа выполнена в рамках государственного задания по теме: «Исследование молекулярно-биологических и физиолого-эмбриологических аспектов биоинженерных технологий для совершенствования генетических ресурсов и создания новых селекционных форм сельскохозяйственных животных и птицы». Шифр темы: AAAA-A18-118021590132-9.

**ANALYSIS OF THE PARAMETERS CHARACTERIZING THE NUCLEOLAR ORGANIZERS  
IN INTACT LYMPHOCYTES IN CROSSBREED GOATS****P. M. Klenovitsky, B. S. Iolchiev, V. A. Bagirov***Federal Science Center for Animal Husbandry named after Academy Member L. K. Ernst –  
L. K. Ernst Federal Science Center for Animal Husbandry, Podolsk Municipal District, Moscow Region*

**Introduction.** The state of the nucleolar apparatus, assessed by silvering is one of the criteria characterizing the level of proliferation and protein biosynthesis in normal and pathological conditions. The number of NOR in lymphocytes is species-specific and correlates with the number of ribosomal gene clusters. The connection of the parameters characterizing the activity of the nucleolar organizers with the manifestation of polygenic traits is noted. **Purpose of the study.** The aim of this study was to evaluate the main characteristics of argyrophilic regions in interphase lymphocytes of goats of different genotypes on the basis of computer analysis and to select the main parameters for assessing the state of NOR using computer analysis. **Materials and methods.** The state of the nucleolus apparatus was studied in peripheral blood lymphocytes obtained from cross-breeding goats of four genotypes: cross-breeds of goats of Karachai and Boer breeds with hybrid F<sub>1</sub> of Siberian ibex and domestic goat, descendants of crossbreeding hybrids F<sub>1</sub> and F<sub>2</sub> of Siberian ibex with domestic goat and hybrids of F<sub>1</sub> of goats of Karachai breed with Caucasian wild goat. Image processing and analysis was performed using Image Scope 1.0 software according to the above algorithm. **Results, discussion.** In most parameters characterizing the state of the nucleolar organizers, crosses of the Karachai breed with F<sub>1</sub> hybrid and hybrids of this breed with the Caucasian wild goat were significantly ( $p < 0.05$ ) superior to crosses of goats of the Boer breed with F<sub>1</sub> hybrid. A strong correlation ( $r > 0.80$ ;  $p < 0.001$ ) was observed between the optical densities  $D_N$  and  $D_F$ , the difference between these densities with the total area of AgNOR and the optical equivalent of bound silver ( $OE_{NOR}$ ).

**Conclusion.** To assess the state of the nucleolar system, it is advisable to take into account the number of AgNOR, as well as the average optical densities of AgNOR ( $D_{NOR}$ ), the nucleus ( $D_N$ ), and the AgNOR-free zone ( $D_F$ ).

**Keywords:** argyrophilic structures, goats, lymphocytes, hybrids, nucleolar organizers, nucleus.

**Acknowledgments:** the work was carried out as part of a state assignment on the topic: "Study of the molecular biological and physiological and embryological aspects of bioengineering technologies to improve genetic resources and create new breeding forms of farm animals and birds." Topic Code: AAAA-A18-118021590132-9.

## Введение

Состояние ядрышкового аппарата является одним из критериев функциональной активности клетки при различных физиологических [3; 12; 13; 14] и патологических процессах [1; 8; 10].

За активизацию и контроль транскрипции рибосомных генов, локализованных в ядрышкообразующих районах (ЯОР), отвечают кислые негистоновые белки ядрышка (С23, В23, UBF и РНК-полимераза). Эти белки выявляются методом серебрения и в связи их с количественными параметрами аргирофильных структур могут быть использованы для оценки активности рибосомных генов [16]. Известно, что аргирофильные кислые негистоновые белки ядрышка С23 (нуклеолин) и В23 (нуклеофозмин) связаны с пролиферативной активностью клетки [18]. На основании анализа литературных данных А. Ф. Лазарев с соавторами [10] отмечает, что на 75 % интенсивность окрашивания Ag-ЯОР зависит от содержания двух аргирофильных белков нуклеолина (С23) и нуклеофозмина (В23), которые присутствуют в ядрах клеток на протяжении всего клеточного цикла.

Показано, что на изменение активности ядрышкообразующего аппарата влияют вакцинация [2] и применение биологически активных препаратов [4]. Отмечена также связь параметров, характеризующих активность ядрышковых организаторов с проявлением полигенных признаков [9; 11].

Избирательная окраска хромосом азотнокислым серебром по Howell W., Black D. [17], (Ag+ – метод) дает возможность выявлять и оценивать активность ядрышкообразующих районов (ЯОР), несущих один из главных компонентов, системы, обеспечивающей биосинтез белка, гены рибосомной РНК (р-гены). Анализ локализации ЯОР на хромосомах позволил изучить видовые особенности организации кластеров р-генов [15]. В результате исследования аргирофильных структур в интактных лимфоцитах у животных разных видов выявлено, что число их в лимфоцитах

видоспецифично и коррелируют с числом кластеров р-генов у исследуемых видов [7].

Сказанное выше свидетельствует о том, что состояние ядрышкового аппарата может служить репортерной системой для характеристики уровня пролиферации и биосинтеза белка при оценке состояния организма.

## Цель исследования

Оценка полученных на основе компьютерного анализа основных характеристик аргирофильных областей в интерфазных лимфоцитах коз разных генотипов и выбор основного параметра для оценки состояния ЯОР с использованием компьютерного анализа.

## Материал и методы

Исследование выполнено в отделе биотехнологии ФНЦ ВИЖ им. академика Л. К. Эрнста. Признаки, характеризующие состояние ЯО аппарата, изучали в лимфоцитах периферической крови, полученной от коз разных генотипов с физиологического двора ФНЦ ВИЖ им. академика Л. К. Эрнста (табл. 1).

Таблица 1 / Table 1

Характеристика исследуемого поголовья /  
Characteristics of the study population

Группа / Group	Генотип животных / Animal genotype		Исследовано голов / Number of investigated livestock
	мать / mother	отец / father	
1	Карачаевская	F <sub>1</sub> C.sibirica×C.hircus	5
2	Бурская	F <sub>1</sub> C.sibirica×C.hircus	4
3	F <sub>2</sub> C.sibirica×C.hircus	F <sub>1</sub> C.sibirica×C.hircus	3
4	Карачаевская	C.caucasica	5

Было исследовано четыре группы помесных и гибридных животных: помеси коз карачаевской и бурской пород с гибридом F<sub>1</sub> сибирского козерога

и домашней козы (группы 1 и 2), потомков от скрещивания гибридов F<sub>1</sub> и F<sub>2</sub> сибирского козерога с домашней козой (группа 3) и гибридов F<sub>1</sub> коз карачаевской породы с кавказским туром (группа 4). У каждого животного исследовали не менее 25 клеток.

Мазки крови от исследуемых животных фиксировали метиловым спиртом и окрашивали 50 % раствором азотнокислого серебра по методике Хавелла – Блейка [1]. Полученный материал исследовали под масляной иммерсией (увеличение 100×). Анализ препаратов проводили на оборудовании фирмы Альтами (Россия, С.-П.): микроскопа Альтами БИО7 и цифровой видеокамеры UHCCD03100KPA. Результаты исследования документировали с помощью цифровой видеокамеры UHCCD03100KPA и программы Image Score 1.0 (Системы для микроскопии и анализа, Москва). Обработку и анализ изображений проводили средствами программы Image Score 1.0. по описанному нами алгоритму [5]

Состояние ядрышкового аппарата оценивали по числу аргирофильных зон (AgNOR), их общей площади в клетке ( $\Sigma S_{NOR}$ ), средней плотности их окраски ( $D_{NOR}$ ), а также средних плотностей окраски ядра ( $D_N$ ) и его участков, свободных от ЯОР ( $D_F$ ). При этом исходили из предположения, что величина данных показателей прямо пропорциональна содержанию в ЯОР белков транскрипционного комплекса, катализирующих восстановление свободного серебра из его нитрата.

Оценка плотности окраски не предусмотрена программой Image Score, в связи с чем ее оценивали как функцию от средней яркости объекта ( $\Phi$ ). Яркость в программе выражается в условных единицах от 0 до 254. Черному цвету (полностью непрозрачный объект) в этом случае соответствует значение 0, а белому (полностью прозрачный объект) 254. Плотность окраски определяли как разность между яркостью, соответствующей белому цвету, и средней яркостью объекта:

$D = 254 - \Phi$ , где  $\Phi$  – средняя яркость анализируемого объекта, а  $D$  – плотность его окраски.

При анализе клеток учитывали также общую площадь ядра ( $S_N$ ) и его площадь, свободную от аргирофильных структур ( $S_F$ ). Величину площадей анализируемых объектов выражали в логических единицах.

Для анализа состояния аргирофильных структур, помимо их параметров, получаемых аппаратно, нами предложены следующие расчетные величины: экстинция –  $Ag^+ - EXT_N = D_N - D_F$ , оптический эквивалент NOR –  $OE_{NOR} = D_{NOR} \times \Sigma S_{NOR}$  и оптический эквивалент ядра –  $OE_N = D_N \times S_N$ .

Полученный цифровой материал подвергали статистической обработке по стандартным программам вариационной статистики согласно пакету программ Microsoft Excel-2007 с определением критерия достоверности по Стьюденту.

### Результаты исследования

В результате проведенных исследования было установлено, что у домашних коз и их гибридов все клетки несли окрашенную серебром метку. В диплоидном наборе коз гены 18/28S рРНК, локализованные в ЯОР, собраны в 10 кластеров, но число Ag<sup>+</sup> объектов в интерфазных клетках редко приближается к числу кластеров рРНК-генов в геноме [6]. При этом число аргирофильных зон варьирует от клетки к клетке. У обследованных нами животных число AgNOR находилось в интервале от 1 до 6.

Результаты статистического анализа параметров, характеризующих ядрышковые организаторы у коз исследованных групп, приведены таблице 2. Установлено, что среднее значение числа аргирофильных зон в исследованных группах коз находилось в интервале от 2,44 во второй группе до 3,57 – в третьей). Достоверных различий между группами животных по данному показателю не обнаружено. Аналогичная картина была описана нами и для коз других генотипов [6].

Таблица 2 / Table 2

Характеристика ядрышкообразующих районов в лимфоцитах коз разных генотипов /  
Characterization of nucleolar-forming regions in lymphocytes of goats of different genotypes

Группы / Groups	Параметры / Parameters							
	AgNOR	$\Sigma S_{NOR}$	$D_{NOR}$	$D_N$	$D_F$	$EXT_N$	$OE_{NOR}$	$S_N$
1	2,71±0,28	323,33±12,26	211,10±3,62	145,59±3,36	137,65±3,64	7,94±0,86	73,45±3,78	3045,00±125,46
2	3,57±0,78	172,86±28,93	158,58±10,18	103,29±4,89	100,14±4,85	3,15±0,70	58,44±7,11	3300,00±110,13
3	2,44±0,23	309,26±35,98	206,77±4,43	154,75±3,04	150,41±2,88	4,34±0,56	56,36±3,59	4203,33±175,53
4	2,90±0,21	405,19±40,07	212,08±2,58	141,42±3,63	131,70±3,34	9,72±0,83	80,38±2,72	3260,00±164,83

Вместе с тем, по общей площади NOR козы 1, 3 и 4 достоверно превосходили животных 2 группы ( $p < 0,05$ ). По данному показателю между собой эти три группы достоверно не различались. Подобная картина имеет место и при анализе достоверности различий между группами по средним оптическим плотностям ядрышковых организаторов ( $D_{NOR}$ ) и ядер лимфоцитов ( $D_N$ ).

Достоверные различия между группами имеют место и для средней величины оптической плотности зоны, свободной от аргирофильных структур ( $D_F$ ). По этому показателю помеси коз бурской пород с гибридом  $F_1$  сибирского козерога (группа 2) достоверно уступали животным остальных групп ( $p < 0,05$ ). Помеси карачаевской породы с гибридом  $F_1$  (группа 1) и их гибридов с кавказским туром (группа 4) достоверно уступали по величине  $D_F$  ( $p < 0,05$ ) потомкам от скрещивания гибридов  $F_2$  и  $F_1$  домашней козы с сибирским козерогом (группа 3). Между группами 1 и 4 достоверных различий по этому признаку не было.

При анализе достоверности различий между группами по средней разности  $D_N$  и  $D_F$  ( $EXT_N$ ) животные 1 и 4 групп достоверно превосходили коз 2 и 3 групп ( $p < 0,05$ ). Статистически достовер-

ные различия между животными 2 и 3, а также 1 и 4 групп отсутствовали.

В качестве показателя, отражающего общее количество Ag, связанного с аргирофильными белками ядрышкового организатора, мы предложили использовать его оптический эквивалент ( $OE_{NOR}$ ), являющийся произведением средней оптической плотности  $Ag_{NOR}$  ( $D_{NOR}$ ) на их общую площадь ( $OE_{NOR}$ ). Установлено, что козы 1 и 4 группы достоверно превосходили по  $OE_{NOR}$  животных 2 и 3 групп ( $p < 0,05$ ). Между 2 и 3, как и 1 и 4, группами достоверные различия отсутствуют.

Наибольшая площадь ядер имела место у потомков от скрещивания гибридов  $F_1$  и  $F_2$  сибирского козерога с домашней козой (группа 3). Эти животные достоверно превосходили по  $S_N$  коз остальных групп ( $p < 0,05$ ). Остальные группы по этому признаку достоверно не различаются.

Анализ различий по признакам, характеризующим состояние ядрышковых организаторов, свидетельствует о существовании между ними определенной сопряженности. В связи с чем мы проанализировали коэффициенты корреляции между этими признаками (табл. 3).

Таблица 3 / Table 3

Коэффициенты корреляции между параметрами, характеризующими ядрышковые организаторы у коз /  
Correlation coefficients between parameters characterizing nucleolar organizers in goats

Показатели / Indicators	$\Sigma S_{NOR}$	$D_{NOR}$	$D_F$	$D_N$	$EXT_N$	$OE_N$	$OE_{NOR}$	$S_N$
AgNOR	0,45***	-0,03	-0,09	-0,01	0,37***	0,07	0,44***	0,09
$\Sigma S_{NOR}$		0,20**	0,19**	0,36***	0,81***	0,29**	0,99***	0,16
$D_{NOR}$			0,55***	0,61***	0,32**	0,16	0,32**	0,08
$D_F$				0,98***	-0,01	0,46***	0,26**	0,05
$D_N$					0,21**	0,40***	0,43***	-0,02
$EXT_N$						-0,19**	0,82***	-0,28**
$OE_N$							0,30**	0,90***
$OE_{NOR}$								0,14

\*\*  $p < 0,01$ ; \*\*\*  $p < 0,001$

Как видно из данных таблицы 3, число AgNOR в клетке слабо коррелировало с их суммарной площадью, разностью средних плотностей  $D_N$  и  $D_F - EXT_N$ , а также оптическим эквивалентом связанного с AgNOR серебра –  $OE_{NOR}$ . Для остальных анализируемых показателей связь их с AgNOR близка к нулевой. Общая площадь ядрышковых организаторов имеет высокую корреляцию с  $EXT_N$

и  $OE_{NOR}$ , а с остальными признаками она коррелирует слабо.  $D_{NOR}$  имеет средние значения коэффициентов корреляции с  $D_N$  и  $D_F$  и слабо коррелирует с  $EXT_N$  и  $OE_{NOR}$ . Отмечена сильная связь между оптическими плотностями  $D_N$  и  $D_F$ . Кроме того, оба эти показателя плотностей слабо коррелируют с  $OE_N$  и  $OE_{NOR}$ , а  $D_N$  и с  $EXT_N$ . Разность средних плотностей  $D_N$  и  $D_F$  характеризуется

высоким значением коэффициента  $-g$  с  $OE_{NOR}$  и слабую отрицательную связь с площадью ядра. Суммарная плотность ядра –  $OE_N$  имеет высокую корреляцию с его площадью и в средней мере коррелирует с  $OE_{NOR}$ .

### Выводы

Установлено существование различий между исследованными группами помесей по показателям, характеризующим состояние ядрышковых организаторов. По большинству этих параметров помеси карачаевской породы с гибридом  $F_1$  (группа 1) и их гибридов с кавказским туром (груп-

па 4) достоверно ( $p < 0,05$ ) превосходили помесей коз бурской породы с гибридом  $F_1$  (2 группа).

Число  $AgNOR$  в клетке слабо коррелирует с их суммарной площадью, разностью средних плотностей  $D_N$  и  $D_F - EXT_N$ , а также оптическим эквивалентом  $OE_{NOR}$ . Наиболее тесные связи выявлены для  $OE_{NOR}$  с  $EXT_N$  и  $EXT_N$ , последние два показателя также тесно коррелируют друг с другом.

Для оценки состояния ядрышкообразующей системы целесообразно учитывать число  $AgNOR$ , а также средние оптические плотности  $AgNOR$  ( $D_{NOR}$ ), ядра ( $D_N$ ) и зоны, свободной от  $AgNOR$  ( $D_F$ ).

### Литература

1. Боташева В.С., Калоева А.А., Эркенова Л.Д. Характер морфологических изменений при эндемическом зоозе // *Фундаментальные исследования*. 2015. № 1-1. С. 36–40. URL: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_23033674\\_16949899.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_23033674_16949899.pdf) (дата обращения: 21.08.2019).
2. Бугоркова С.А., Щуковская Т.Н., Курылина А.Ф. Ядрышковый аппарат лимфоцитов как индикатор функциональной активности лимфоидных органов при доклинической оценке вакцин // *Проблемы особо опасных инфекций*. 2015. Вып. 2. С. 75–78. URL: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_23699694\\_93296639.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_23699694_93296639.pdf) (дата обращения: 21.08.2019).
3. Давидьян А. Г., Кошель Е. И., Лаврова О. Б., Демин А. Г., Галкина С. А., Сайфитдинова А. Ф., Гагинская Е. Р. Функциональные особенности ядрышкового организатора в растущих ооцитах неполовозрелых самок птиц // *Онтогенез*. 2017. Т. 48. № 3. С. 263–269. URL: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_29404363\\_54891183.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_29404363_54891183.pdf) (дата обращения: 21.08.2019).
4. Жариков А.Ю., Луницын В.Г., Лампатов В.В., Могин Ю.Г., Талалаева О.С., Елисеев Д.В., Павляшик Г.В. Влияние новых средств из сырья пантовых оленей на биосинтетические процессы в клетках скелетной мускулатуры крыс в условиях длительной физической нагрузки // *Биомедицина*. 2016. № 1. С. 90–94. URL: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_26382946\\_45202615.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_26382946_45202615.pdf) (дата обращения: 21.08.2019).
5. Кленовицкий П.М., Онкорова Н.Т., Иолчиев Б.С., Багиров В.А., Моисейкина Л.Г. Оценка ядрышек в интактных лимфоцитах овец с использованием компьютерного анализа изображений // *Теоретические и прикладные проблемы АПК*. 2018. № 3. С. 42–46. DOI: 10.32935/2221-7312-2018-36-3
6. Кленовицкий П.М., Иолчиев Б.С., Багиров В.А., Жилинский М.А., Онкорова Н.Т., Шайдуллин И.Н. Анализ ядрышек в интактных лимфоцитах у домашней козы (*Capra hircus* L., 1758) и ее гибридов с сибирским козерогом (*Capra sibirica* L., 1758) и кавказским туром (*Capra caucasica* Guldenstadt & Pallas, 1783) // *Ветеринария, зоотехния и биотехнология*. 2018. № 4. С. 98–103. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35084417> (дата обращения: 21.08.2019).
7. Кленовицкий П.М., Б Иолчиев.С., Жилинский М.А., Багиров В.А., Онкорова Н.Т., Гришин В.Н. Анализ ядрышек в интактных лимфоцитах периферической крови разных видов млекопитающих // *Достижения науки и техники АПК*. 2015. № 12 (29). С. 92–94.
8. Кобяков Д.С., Авдалян А.М., Лазарев А.Ф., Лушникова Е.Л., Непомнящих Л.М. Взаимосвязь аргирофильных белков ядрышкообразующих районов в *tib-1* позитивных клетках с клинико-морфологическими параметрами и выживаемостью при немелкоклеточном раке легкого // *Фундаментальные исследования*. 2015. № 1. С. 1600–1604.
9. Копытко А.С., Квочко А.Н. Оценка белково-синтетической функции у кур кросса *COBB 500* для прогнозирования их продуктивности // *Вестник АПК Ставрополя*. 2014. № 4. С. 107–110.
10. Лазарев А.Ф., Кобяков Д.С., Авдалян А.М., Лушникова Е.Л., Непомнящих Л.М., Климачевский А.А. Исследование аргирофильных белков ядрышкообразующих районов и антигена KI-67 при немелкоклеточном раке легкого // *Фундаментальные исследования*. 2014. № 10. С. 523–529.
11. Медведев И.Н., Амелина И. В. Влияние функциональной активности ядрышкообразующих районов хромосом на фенотипические признаки у человека // *Социальная политика и социология*. 2011. № 10. С. 285–293.
12. Сидельников А.И., Квочко А.Н., Криворучко А.Ю., Шаламова Е.В. Изменение параметров ядрышковых организаторов в клетках почечных канальцев после частичной нефрэктомии при использовании для ушивания операционной раны нитей кетгута // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2016. № 5. С. 143–148.
13. Трухачев В.И., Квочко А.Н., Малюкин А.В., Криворучко А.Ю., Некрасова И.И., Скрипкин В.С., Мещеряков Ф.А. Параметры ядрышковых организаторов эритроцитов уток в постнатальном онтогенезе // *Цитология*. 2016. Т. 58. № 3. С. 229–233. URL: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_25676646\\_83866250.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_25676646_83866250.pdf) (дата обращения: 21.08.2019).
14. Шайхутдинов Б.И., Овчинина Н.Г., Шишкин А.В. Комбинированное исследование ядрышкового организатора и иммунофенотипирования клеток крови с использованием иммунологических микроматриц (биочипов) // *Здоровье, демография, экология финно-угорских народов*. 2016. № 2. С. 60–63. URL: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_26583650\\_49013497.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_26583650_49013497.pdf) (дата обращения: 21.08.2019).

15. Arslan Atila, Toyran Kubilay, Serdar Gözütok, Yorulmaz Tarkan C– and NOR stained karyotypes of mole rat, *Nannospalax xanthodon* ( $2n = 54$ ) from Kirikkale, Turkey // *Turkish journal biology*, 2011, V. 35, pp. 655–661.
16. Goessens G. Nucleolar structure // *Int. Rev. Cytol.*, 1984, V.87, pp. 107–158.
17. Howell W., Black D. Controlled silver staining of nucleolus organizer regions with a protective colloidal developer: in a one step method // *Experientia*, 1980. V. 36, pp. 1014–1015.
18. Montanaro L., Trere D., Derenzini M. Nucleolus, ribosomes, and cancer // *Am. J. Path.*, 2008, V. 173, pp. 301–310.

## References

1. Botasheva V.S., Kaloeva A.A., Erkenova L.D. Kharakter morfologicheskikh izmenenii pri endemicheskom zobe [Character of morphological changes during endemic goiter]. *Fundamental'nye issledovaniya* = Fundamental research, 2015, no. 1-1, pp. 36–40. Available at: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_23033674\\_16949899.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_23033674_16949899.pdf) (accessed 21.08.2019). (In Russ.).
2. Bugorkova S.A., Shchukovskaya T.N., Kurylina A.F. Yadryshkovyi apparat limfotsitov kak indikator funktsional'noi aktivnosti limfoidnykh organov pri doklinicheskoi otsenke vaksin [Nucleolar apparatus of lymphocytes as an indicator of lymphoid organs' functional activity in the context of pre-clinical vaccine evaluation]. *Problemy osobo opasnykh infektsii* = Problems of Particularly Dangerous Infections, 2015, no. 2, pp. 75–78. Available at: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_23699694\\_93296639.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_23699694_93296639.pdf) (accessed 21.08.2019). (In Russ.).
3. David'yan A.G., Koshel E.I., Lavrova O.B., Demin A.G., Galkina S.A., Sayfitdinova A.F., Gaginskaya E.R. Funktsional'nye osobennosti yadryshkovogo organizatora v rastushchikh ootsitakh nepolovozrelykh samok ptits [Specific Functional Features of the Nucleolar Organizer in Developing Oocytes of Sexually Immature Female Birds]. *Ontogenez* = Russian Journal of Developmental Biology, 2017, vol. 48, no. 3, pp. 263–269. Available at: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_29404363\\_54891183.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_29404363_54891183.pdf) (accessed 21.08.2019). (In Russ.).
4. Zharikov A.Yu., Lunitsyn V.G., Lampatov V.V., Motin Yu.G., Talalaeva O.S., Eliseyev D.V., Pavlyashik G.V. Vliyanie novykh sredstv iz syr'ya pantovykh olenei na biosinteticheskie protsessy v kletkakh skeletnoi muskulatury krysa v usloviyakh dlitel'noi fizicheskoi nagruzki [Influence of new agents from raw materials of fawn's antlers on biosynthetic processes in rats skeletal muscles cells in conditions of long physical activity]. *Biomeditsina* = Biomedicine, 2016, no. 1, pp. 90–94. Available at: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_26382946\\_45202615.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_26382946_45202615.pdf) (accessed 21.08.2019). (In Russ.).
5. Klenovitsky P.M., Onkorova N.T., Iolchiev B.S., Bagirov V.A., Mosesikina L.G. Otsenka yadryshkov v intaktnykh limfotsitakh ovets s ispol'zovaniem komp'yuternogo analiza izhobrazhenii [Evaluation nucleoli intact lymphocytes of sheep using computer image analysis]. *Teoreticheskie i prikladnye problemy APK* = Theoretical & applied problems of agro-industry, 2018, no. 3, pp. 42–46. DOI: 10.32935/2221-7312-2018-36-3 (In Russ.).
6. Klenovitsky P.M., Iolchiev B.S., Bagirov V.A., Zhilinsky M.A., Onkorova N.T., Shaidullin I.N. Analiz yadryshkov v intaktnykh limfotsitakh u domashnei kozy (*Capra hircus* L., 1758) i ee gibridov s sibirskim kozerogom (*Capra sibirica* L., 1758) i kavkazskim turom (*Capra caucasica* Guldenstadt & Pallas, 1783) [Analysis of the nucleoli in intact lymphocytes of domestic goat (*Capra hircus* L., 1758) and its hybrids with siberian ibex (*Capra sibirica* L., 1758) and the caucasian tour (*Capra caucasica* Guldenstadt & Pallas, 1783)]. *Veterinariya, zootekhnika i biotekhnologiya* = Veterinary medicine, zootechnics and biotechnology, 2018, no. 4, pp. 98–103. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35084417> (accessed 21.08.2019). (In Russ.).
7. Klenovitsky P.M., Iolchiev B.S., Zhilinsky M.A., Bagirov V.A., Onkorova N.T., Grishin V.N. Analiz yadryshkov v intaktnykh limfotsitakh perifericheskoi krovi raznykh vidov mlekopitayushchikh [Analysis of Nucleoli in Intact Peripheral Blood Lymphocytes in Different Species of Mammals]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* = Achievements of science and technology of AIC, 2015, no. 12, pp. 92–94. (In Russ.).
8. Kobayakov D.S., Avdalyan A.M., Lazarev A.F., Lushnikova E.L., Nepomnyashchikh L.M. Vzaimosvyaz' argirofil'nykh belkov yadryshkoobrazuyushchikh raionov v mib-1 pozitivnykh kletkakh s kliniko-morfologicheskimi parametrami i vyzhivaemost'yu pri nemelkokletochnom rake legkogo [Relation of argyrophilic nucleolar organizer region associated proteins in mib-1 positive cells to clinical morphological parameters and survival in non-small cell lung cancer]. *Fundamental'nye issledovaniya* = Fundamental research, 2015, no. 1-8, pp. 1600–1604. (In Russ.).
9. Kopytko A. S., Kvochko A. N. Sravnitel'naya otsenka kur krossov COBB 500 i ABER ACRESS PLUS po pokazatelyam yadryshkovykh organizatorov [Comparison indicator nucleolar organizer chickens of cross COBB 500 and ABER access plus]. *Vestnik APK Stavropol'ya* = Agricultural Bulletin of Stavropol Region, 2014, no. 4, pp. 107–110. (In Russ.).
10. Lazarev A.F., Kobayakov D.S., Avdalyan A.M., Lushnikova E.L., Nepomnyashchikh L.M., Klimachevskiy A.A. Issledovanie argirofil'nykh belkov yadryshkoobrazuyushchikh raionov i antigena KI-67 pri nemelkokletochnom rake legkogo [Study of argyrophilic proteins of nucleolar organizer regions and antigen KI-67 in non-small cell lung cancer]. *Fundamental'nye issledovaniya* = Fundamental research, 2014, no. 10-3, pp. 523–529. (In Russ.).
11. Medvedev I.N., Amelina I.V. Vliyanie funktsional'noi aktivnosti yadryshkoobrazuyushchikh raionov khromosom na fenotipicheskie priznaki u cheloveka [The influence of the functional activity of the nucleolar regions of chromosomes on phenotypic characters in humans Influence of functional activity of areas nucleus organizing regions on phenotypic signs at the person]. *Sotsial'naya politika i sotsiologiya* = Social policy and sociology, 2011, no. 10, pp. 285–293. (In Russ.).
12. Sidelnikov A. I., Kvochko A. N., Krivoruchko A. Y., Shalamova Y V. Izmenenie parametrov yadryshkovykh organizatorov v kletkakh pochechnykh kanal'tsev posle chastichnoi nefrektomii pri ispol'zovanii dlya ushivaniya operatsionnoi rany nitei ketguta [The change in the parameters of nucleolar organizer in the cells of the renal tubules after partial nephrectomy when using catgut

threads for surgical wound suturing]. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = Bulletin of Altai State Agrarian University, 2016, no. 5, pp. 143–148. (In Russ.).

13. Trukhachev V.I., Kvochko A.N., Malyukin A.V., Krivoruchko A.Y., Nekrasova I.I., Skripkin V.S., Mescheryakov F.A. Parametry yadryshkovykh organizatorov eritrotsitov utok v postnatal'nom ontogeneze [The parameters of nucleolar organizers of erythrocytes of ducks in postnatal ontogenesis]. *Tsitologiya* = Cell and Tissue Biology, 2016, vol. 58, no. 3, pp. 229–233. Available at: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_25676646\\_83866250.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_25676646_83866250.pdf) (accessed 21.08.2019). (In Russ.).

14. Shaikhutdinov B.I., Ovchinina N.G., Shishkin A.V. Kombinirovannoe issledovanie yadryshkovogo organizatora i immunofenotipirovaniya kletok krovi s ispol'zovaniem immunologicheskikh mikromatrits (biochipov) [Combined study of nucleolar organizer and immunophenotyping of blood cells using immunological microarrays (biochips)]. *Zdorov'e, demografiya, ekologiya finno-ugorskikh narodov* = Health, Demography, Ecology of Finno-Ugric People, 2016, no. 2, pp. 60–63. (In Russ.).

15. Arslan Atilla, Toyran Kubilay, Serdar Gözütok, Yorulmaz Tarkan C- and NOR stained karyotypes of mole rat, *Nannospalax xanthodon* (2n = 54) from Kirikkale, Turkey. *Turkish journal biology*, 2011, vol. 35, pp. 655–661.

16. Goessens G. Nucleolar structure. *Int. Rev. Cytol.*, 1984, vol. 87, pp. 107–158.

17. Howell W., Black D. Controlled silver staining of nucleolus organizer regions with a protective colloidal developer: in a one step method. *Experientia*, 1980, V. 36, pp. 1014–1015.

18. Montanaro L., Trere D., Derenzini M. Nucleolus, ribosomes, and cancer. *Am. J. Path.*, 2008, vol. 173, pp. 301–310.

*Статья поступила в редакцию 24.08.2019 г.; принята к публикации 15.09.2019 г.  
 Submitted 24.08.2019; revised 15.09.2019.*

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.  
 All authors have read and approved the final manuscript.

#### Для цитирования:

*Кленовицкий П.М., Иолчиев Б.С., Багиров В.А.* Анализ параметров, характеризующих ядрышковые организаторы в интактных лимфоцитах у помесных коз // Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». 2019. Т. 5. № 3. С. 298–304. DOI: 10.30914/2411-9687-2019-5-3-298-304

#### Об авторах

##### **Кленовицкий Павел Михайлович**

доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник, Федеральный научный центр животноводства – ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста, Московская область, г. о. Подольск, ORCID ID 0000-0003-2266-1275, [klenpm@mail.ru](mailto:klenpm@mail.ru)

##### **Иолчиев Байлар Садрдинович**

доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник, Федеральный научный центр животноводства – ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста, Московская область, г. о. Подольск, ORCID ID 0000-0001-5386-7263, [baylar2@mail.ru](mailto:baylar2@mail.ru)

##### **Багиров Вугар Алиевич**

член-корреспондент РАН, доктор биологических наук, профессор, директор Департамента координации деятельности организаций в сфере сельскохозяйственных наук Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, ORCID ID 0000-0001-5398-8815, [vugarbagirov@mail.ru](mailto:vugarbagirov@mail.ru)

#### Citation for an article:

*Klenovitsky P.M., Iolchiev B.S., Bagirov V.A.* Analysis of the parameters characterizing the nucleolar organizers in intact lymphocytes in crossbreed goats. *Vestnik of the Mari State University. Chapter "Agriculture. Economics"*. 2019, vol. 5, no. 3, pp. 298–304. DOI: 10.30914/2411-9687-2019-5-3-298-304 (In Russ.).

#### About the authors

##### **Pavel M. Klenovitsky**

Dr. Sci. (Biology), Professor, Chief Staff Scientist, Federal Science Center for Animal Husbandry named after Academy Member L.K. Ernst – L.K. Ernst Federal Science Center for Animal Husbandry, Podolsk Municipal District, Moscow Region, ORCID ID 0000-0003-2266-1275, [klenpm@mail.ru](mailto:klenpm@mail.ru)

##### **Baylar S. Iolchiev**

Dr. Sci. (Biology), Leading Staff Scientist, Federal Science Center for Animal Husbandry named after Academy Member L.K. Ernst – L.K. Ernst Federal Science Center for Animal Husbandry, Podolsk Municipal District, Moscow Region, ORCID ID 0000-0001-5386-7263, [baylar2@mail.ru](mailto:baylar2@mail.ru)

##### **Vugar A. Bagirov**

Corresponding Member of RAS, Dr. Sci. (Biology), Professor, Director of the Department of Coordination of Organizations in the Field of Agricultural Sciences of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, ORCID ID 0000-0001-5398-8815, [vugarbagirov@mail.ru](mailto:vugarbagirov@mail.ru)