

**СОМАТИЧЕСКАЯ ХРОМОСОМНАЯ НЕСТАБИЛЬНОСТЬ У КОРОВ
ГОЛШТИНСКОЙ ПОРОДЫ В УСЛОВИЯХ КУЗБАССА****Д.В. Самсонов, аспирант****Новосибирский государственный аграрный
университет, Новосибирск, Россия
E-mail: samdim2011@mail.ru****Ключевые слова:** голштинская
порода скота, соматическая
хромосомная нестабильность,
абберации, полиплоидия, ане-
уплоидия

Реферат. Изложены результаты исследований соматической хромосомной нестабильности – анеуплоидии и полиплоидии, количества фрагментов и разрывов в клетках крови голштинских коров с продуктивностью свыше 9000 кг. Исследования проведены в ОАО «Ваганово» Промышленновского района Кемеровской области на популяции голштинских коров. Подготовка проб проводилась по методу П. Мурхед и соавторов, а их окрашивание – по Романовскому-Гимза. Изучено 2452 метафазных пластинки крови скота. В зоне его содержания и разведения была проанализирована экологическая обстановка. Исследования почвы, кормов, органов и тканей у сельскохозяйственных животных разных видов подтверждают тот факт, что на территории Западной Сибири отсутствуют загрязнения тяжелыми металлами и их уровень находится в пределах санитарных норм. В результате исследования была установлена частота соматической хромосомной нестабильности, включающей числовые нарушения и структурные абберации хромосом. В изученной выборке частота полиплоидии составила 0,74 %, тетраплоидии, триплоидии и гексаплоидии 0,41; 0,25 и 0,08 % соответственно. Частота фрагментов и разрывов была приблизительно одинаковой – 3,83 и 2,91 % соответственно. Общий уровень аббераций хромосом составил 6,75 %. Количество диплоидных клеток было на уровне 84,25 %. В связи с малочисленностью данных по соматической хромосомной нестабильности голштинской породы в условиях Кузбасса полученные данные можно предварительно рассматривать в качестве нормальных значений, а также использовать при оценке интерьера животных.

**SOMATIC CHROMOSOMAL INSTABILITY IN HOLSTEIN COWS IN KUZBASS
CONDITIONS****D.V. Samsonov, PhD Student****Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia**

Key words: Holstein cattle, somatic chromosomal instability, aberrations, polyploidy, aneuploidy.

Abstract. The results of studies of somatic chromosomal instability aneuploidy and polyploidy, the number of fragments and breaks in the blood cells of Holstein cows with a productivity of over 9000 kg are presented. The studies were carried out at JSC “Vaganovo” of the Promyshlennovskiy district of the Kemerovo Region on a population of Holstein cows. Sample preparation was carried out according to the method of P. Moorhead and co-authors, and their staining according to Romanovsky-Giemsa. 2452 metaphase plates of cattle blood were studied. The ecological situation was analyzed in the zone of its keeping and breeding. Studies of soil, feed, organs and tissues in farm animals of various species confirm the fact that there are no heavy metal contamination on the territory of

Western Siberia and their level is within the limits of sanitary standards. As a result of the study, the frequency of somatic chromosomal instability, including numerical violations and structural aberrations of chromosomes, was established. In the studied sample, the frequency of polyploidy was 0.74%, tetraploidy, triploidy and hexaploidy 0.41; 0.25 and 0.08%, respectively. The frequency of fragments and breaks was approximately the same - 3.83 and 2.91%, respectively. The overall level of chromosome aberrations was 6.75%. The number of diploid cells was 84.25%. Due to the paucity of data on the somatic chromosomal instability of the Holstein breed in Kuzbass conditions, the data obtained can be preliminarily considered as normal values, and also used in assessing the interior of animals.

Хромосомная нестабильность, или неспецифические нарушения кариотипа, встречается в любом организме. В небольших количествах она не несет угрозу для организма и служит фактором естественной изменчивости. Ряд авторов сообщают о росте хромосомной нестабильности у высокопродуктивных животных как части процесса усиленного метаболизма на клеточном уровне [1]. Хромосомные аномалии могут возникать у потомства генетически здоровых животных, что встречается достаточно редко, но большинство возникает при спонтанном прижизненном мутагенезе в соматических клетках. Большое количество хромосомных аномалий говорит о нарушениях генетического аппарата, а также возможной болезни у животных. Поэтому данный показатель важен при оценке животных в селекционно-племенной работе. В литературе описаны нормальные уровни хромосомной нестабильности для некоторых видов сельскохозяйственных животных, в пределах которых её наличие не влияет на продуктивность и воспроизводительную способность [1, 2].

Причиной нарушений кариотипа может быть как естественная изменчивость, так и экологические (антропогенные) факторы, например химическое, радиационное, электромагнитное загрязнение. Существует огромный ряд мутагенов, которые могут проникать в организм и менять его генетическую структуру. Воздействовать на генетический аппарат могут также наличие паразитов в организме (гельминты, бактериальные инфекции и т.д.), ветеринарная обработка (воздействие вакцин, антибиотиков). Мутагенез ДНК может вызывать и внедрение вирусов, реплицирующих чужеродные нуклеиновые кисло-

ты [3–7]. Установлена связь влияния тяжёлых металлов на частоту полиплоидии у крупного рогатого скота [3, 8].

Негативное влияние генетических дефектов на хозяйственно полезные качества сельскохозяйственных животных делает необходимым проведение постоянного цитогенетического контроля. В настоящее время цитогенетический скрининг является одним из самых эффективных средств выявления процессов мутагенеза у животных. Особей с большим количеством хромосомных нарушений (генетическим грузом) выбраковывают [8–13].

В литературе описан целый ряд патологических состояний у животных, связанных с повышенным уровнем нарушений кариотипа, однако отсутствуют данные по соматической хромосомной нестабильности голштинского скота на территории Кузбасса [14, 15].

В настоящее время на территории Западной Сибири проводится изучение фенотипа и генофонда сельскохозяйственных животных: свиней породы СМ-1, кемеровской и ландрас, овец романовской породы, яков, чёрно-пёстрой, а также симментальской, якутской, серой украинской, красной степной пород скота [1, 8–13, 15–20].

Цель исследований – установить уровень соматической хромосомной нестабильности у голштинской породы крупного рогатого скота на территории Кузбасса.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проведены на популяции здоровых высокопродуктивных коров голштинской породы первой лактации с продуктивностью около 9000 кг, разводимой в ОАО

«Ваганово» Кемеровской области. Забор крови для лабораторных цитогенетических исследований проводили из яремной вены в стерильные пробирки с раствором гепарина. Исследовано 2452 метафазных пластинки по методу П. Мурхед и соавторов [21]. Подсчёт метафазных пластинок производился при иммерсионном увеличении микроскопа. Частота полиплоидии (триплоидов, тетраплоидов, гексаплоидов) определялась по 200 клеткам. Частоту истинной анеуплоидии на 100 клеток изучали по количеству гиперплоидов, умноженных на два. Анализ анеуплоидии был выполнен по методике Н.П. Бочкова и соавторов [22]. Определены виды хромосомных aberrаций и их общий уровень. Установлено количество диплоидных клеток с целью определения соматической хромосомной нестабильности животных.

Результаты исследований обрабатывались статистически с использованием стандартных программ MS Excel и Statistica 8.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

При изучении количественных и качественных признаков у различных видов животных важно знать, в каких условиях проводилось исследование. Содержание тяжёлых металлов в почве, воде и кормах дает представление об условиях окружающей среды. Анализ данных литературы по ОАО «Ваганово» показал, что содержание тяжёлых металлов в кормах находилось в пределах нормы [23].

Установлено, что количество полиплоидных клеток составило меньше процента. При исследовании полиплоидии были обнаружены триплоиды, тетраплоиды и гексаплоиды. Частота тетраплоидов была в 1,6 раза выше, чем триплоидов, и в 5 раз больше, чем гексаплоидов. Частота гиперплоидии и истинной анеуплоидии составила менее 1%, что говорит о достаточно низком её значении.

Большое превышение гипоплоидных клеток над гиперплоидными, вероятнее всего, связано с технологией приготовления

препаратов хромосом. Основной причиной возникновения анеуплоидии является нерасхождение хромосом в митозе и мейозе. Следовательно, число гиперплоидных клеток должно быть равным числу гипоплоидных, т.к. если одна дочерняя клетка получила дополнительную хромосому, то другая дочерняя клетка должна её утратить. Поэтому критерием истинной анеуплоидии следует считать число гиперплоидных клеток, умноженное на два [1].

Общее количество диплоидных клеток – показателя цитогенетической стабильности – составило 84,25%. Исследование хромосомных aberrаций показало, что их уровень был равен 6,75%. Количество клеток с фрагментами составило 3,83, а клеток с разрывами – 2,91% (таблица).

**Частота хромосомной нестабильности
у голштинского скота
Frequency of chromosomal instability
in Holstein cattle**

Показатели	Частота, %	lim
Триплоидные клетки	0,250±0,099	0–3
Тетраплоидные клетки	0,410±0,128	0–3
Гексаплоидные клетки	0,080±0,057	0–1
Общая полиплоидность	0,740±0,172	0–3
Анеуплоидия (расчётная)	14,250±0,780	12–16
Анеуплоидия (истинная)	0,830±0,128	0–1
Гиперплоидия	0,417±0,190	0–1
Гипоплоидия	13,833±0,100	12–16
Фрагменты	3,833±0,560	3–5
Разрывы	2,916±0,490	2–4
Хромосомные aberrации	6,750±0,740	5–8
Диплоидные клетки	84,250±0,500	80–86

Полученные результаты по данной выборке говорят о том, что цитогенетические параметры исследуемых животных находились в пределах нормы для здоровых животных и совпадают с данными литературы [2, 14, 18]. Но в то же время надо учитывать малый объём выборки, при увеличении которого результаты могут отличаться от референсных значений для чёрно-пестрой породы. Уровень хромосомной нестабильности у разных видов сельскохозяйственных животных зависит от большого количества факторов, например, экологической обстановки, внутривидовых

различий, здоровья животных. Все это надо учитывать в дальнейших исследованиях.

Ряд авторов описывают большую изменчивость у крупного рогатого скота средних значений хромосомных aberrаций. В.С. Качура приводит сведения об их диапазоне в пределах от 0,17 до 11,1 % [8]. В исследованиях скота чёрно-пестрой породы на территории Сибири Е.В. Камалдинов установил, что частота хромосомных aberrаций была равна 4,81 %, а количество диплоидных клеток у здоровых животных составило 84,6 % [24], что весьма схоже с полученными нами результатами.

По данным литературы, на уровень хромосомных нарушений может влиять не только экологическая обстановка, но и генофонд животных [11]. М.Л. Кочневой установлено влияние генофонда пород на интерьерные цитогенетические параметры быков производителей. Так, для чёрно-пестрой породы характерен высокий процент гиперпloidии, красной степной – полипloidии, а у симментальского скота часто встречается повышенная частота разрывов. Частота полипloidии у крупного рогатого скота в сравнении со свиньями была выше в 2,5 раза ($P < 0,001$) [12].

На рост хромосомной нестабильности влияет механизм адаптации к новой среде. Так, по данным ряда авторов, импортированные животные при смене условий среды имеют уровень соматических хромосомных нарушений гораздо выше, чем у местных пород, несмотря на благоприятную экологическую обстановку [11, 18].

Е.В. Камалдинов в своих исследованиях описывает значительную разность между значениями хромосомной нестабильности у серого украинского и чёрно-пестрого скота в условиях Западной Сибири в экологически благополучном районе. Так, у интродуцированного серого украинского скота количество полипloidных и анеупloidных клеток было выше в 1,7 раза, а диплоидных клеток – ниже на 8 %, чем у животных чёрно-пестрой породы. Разность по количеству хромосомных aberrаций достигала 4 раз. Схожие данные получены при сравнении интродуцирован-

ного якутского и серого украинского скота по хромосомной нестабильности с чёрно-пестрой породой. Это можно объяснить включением механизмов адаптации животных в процессе интродукции данных субпопуляций в Западную Сибирь [17, 18, 24]. М.Л. Кочнева приводит аналогичные данные, сравнивая рост хромосомных мутаций у импортированных в Западную Сибирь животных голштинской и голштинизированной чёрно-пестрой породы в сопоставлении с местными породами [12].

В своих исследованиях кариотипа украинской красно-пестрой молочной породы В.В. Дзіцюк [16] приводит данные по количеству хромосомных aberrаций у животных с нарушениями воспроизводительной способности в сравнении с контрольной группой здоровых. Разность в количестве aberrаций составила 7 % (18,5 и 12,1 %) соответственно, при этом число разрывов в обеих группах различалось в 2,2 раза (соответственно 5,5 и 2,3 %), количество фрагментов было в 1,4 раза выше (3,9 и 2,86 %). По частоте анеупloidии различия достигали 2 раз (4,9 и 2,5 %).

По данным литературы, рост частоты хромосомных аномалий негативно влияет на воспроизводительную способность, поэтому животных с большим количеством цитогенетических нарушений выбраковывают. Животные с наличием заболеваний имеют гораздо больший показатель как полипloidии и анеупloidии, так и хромосомных aberrаций [2, 3, 8–13, 16–20, 26].

Сравнивая здоровых и больных свиней породы СМ-1, М.Л. Кочнева приводит двукратную разницу по частоте полипloidов. При сравнении частоты анеупloidии установлено, что количество гиперпloidов у больных в 4,4 раза выше, чем у здоровых животных [12]. В дальнейших наших исследованиях планируется установить частоту полипloidии у здоровых и больных коров.

Р.Б. Чысыма анализировала данные по хромосомной нестабильности у яков в экологически неблагополучном и условно чистом районах. У животных из экологически неблагополучного Бай-Тайгинского района,

где имеются рудные выходы на поверхность радиоактивных урановых минералов, отмечается рост гипоплоидии (на 1,6%), частота полиплоидии увеличена в 4 раза (2,7 и 0,7%) в сравнении с животными из более благополучной зоны. Уровень соматической хромосомной нестабильности различался в 2,2 раза (11,1 и 4,7%). Количество диплоидных клеток было меньше на 5,9% [19, 20].

У овец хромосомные аномалии являются причиной четверти спонтанных аборт (в среднем 24–26%), при этом носитель хромосомной аномалии встречается один раз на 100 рождений. Рядом авторов установлена повышенная полиплоидность, при этом наиболее часто встречаются триплоиды (65%) и октаплоиды (20%). Уровень полиплоидии варьирует от 0,5 до 1,36% [25].

Имеются межвидовые различия по частоте соматической хромосомной нестабильности. Исследование В.А. Андреевой [27, 28] хромосомных аномалий у овец романовской породы в ЗАО «Ваганово», где изучался голштинский скот, даёт схожие данные с другими авторами. Общая частота полиплоидов равна 1,33%. Были обнаружены триплоиды и тетраплоиды, при этом частота триплоидии оказалась в 1,4 раза выше ($P>0,99$). Количество гекса- и октоплоидов было минимальным

и составило менее 0,01%. В.А. Андреевой с соавторами показано влияние генотипа баранов-производителей на количество фрагментов в клетках потомков [10].

Таким образом, предварительно установлена средняя частота некоторых показателей соматической хромосомной нестабильности. Эти данные могут быть использованы при изучении генофонда и фенофонда голштинского скота Кузбасса и для сравнения различных пород и видов животных.

ВЫВОДЫ

1. Установлена частота соматической хромосомной нестабильности голштинского скота в условиях Кузбасса. Общий уровень хромосомных aberrаций составил 6,75%. Частота фрагментов и разрывов была приблизительно одинаковой и изменялась от 3,83 до 2,91%. Количество диплоидных клеток равно 84,25%.

2. Общий уровень полиплоидии равен 0,74%, а гиперплоидии – 0,417%. Частота тетраплоидии, триплоидии и гексаплоидии составила 0,41; 0,25 и 0,08% соответственно. Полученные данные предварительно можно использовать для более детальной цитогенетической оценки интерьера животных и в экологических исследованиях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Семенов А.С. Цитогенетический скрининг в различных популяциях голштинизированного скота: дис. ... д-ра биол. наук. – Пермь, 2009. – 221 с.
2. Куликова С.Г. Цитогенетический мониторинг крупного рогатого скота в разных экологических зонах Западной Сибири и Северного Казахстана: дис. ... д-ра биол. наук. – Новосибирск, 1998. – 294 с.
3. Cadmium accumulation in soil, fodder, grain, organs and muscle tissue of cattle in West Siberia. / K. N. Narozhnykh, T. V. Konovalova, V. L. Petukhov [et al.] // International Journal of Advanced Biotechnology and Research. – 2016. – Т. 7, N 4. – С. 1758–1764.
4. Cooper content in hair, bristle and feather in different species reared in Western Siberia / T. V. Konovalova, K. N. Narozhnykh, V. L. Petukhov [et al.] // Journal of Trace Elements in Medicine and Biology. – 2017. – Т. 44, N 5. – С. 74.
5. Characterizing physiological status in three breeds of bulls reared under ecological and climate conditions of the Altai region / L. V. Osadchuk, M. A. Kleshev, O. I. Sebezko [et al.] // Iraqi Journal of Veterinary Sciences. – 2017. – Vol. 31, N 1. – С. 35–42.
6. Ecological and biogeochemical evaluation of elements content in soils and fodder grasses of the agricultural lands of Siberia / A. I. Syso, M. A. Lebedeva, A. S. Cherevko [et al.] // Journal of Pharmaceutical Sciences and Research. – 2017. – Т. 9, N 4. – С. 368–374.

7. *Influence of anthropogenic pollution on interior parameters, accumulation on heavy metals in organs and tissues, and resistance to disorders in the yak population in the republic of Tyva* / L.V. Sebezshko, V.L. Petukhov, N.I. Shishin [et al.] // *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*. – 2017. – Т. 9, N 9. – С. 1530–1535.
8. Качура В.С. Хромосомные нарушения у крупного рогатого скота (*Bos taurus* L.) // *Цитология и генетика*. – 1982. – Т. 16, № 4. – С. 60–71.
9. *Биология, генетика и селекция овцы* / А.В. Кушнир, В.И. Глазко, В.Л. Петухов и [др.]. – Новосибирск: НГАУ; ИциГ, 2010. – 524 с.
10. Влияние генотипа баранов-производителей на количество фрагментов хромосом в клетках потомства / В.А. Андреева, В. Ли, М. Лью [и др.] // *Вестник НГАУ*. – 2019. – № 4 (53). – С. 23–31.
11. *Генетические основы селекции* / В.Л. Петухов, Л.К. Эрнст, И.И. Гудилин [и др.]. – М.: Агропромиздат, 1983. – 448 с.
12. Кочнева М.Л. Мониторинг популяций сельскохозяйственных животных в разных экологических условиях: дис. ... д-ра биол. наук. – Новосибирск, 2005. – 292 с.
13. Кочнева М.Л., Бутеева С.К., Жиденова А.Н. Цитогенетический эффект реакции импортированного скота на изменение условий среды // *Биотехнология: состояние и перспективы развития: материалы VIII Моск. Междунар. конгр. ЗАО «Экспо-биохим-технологии»* / РХТУ им. Д.И. Менделеева. – М., 2015. – С. 220–222.
14. Самсонов Д.В. Соматическая три- и тетраплоидность у высокопродуктивного голштинского скота в условиях Западной Сибири // *Актуальные проблемы сельского хозяйства горных территорий: материалы VII Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 70-летию Горн.-Алт. гос. ун-та*. – 2019. – С. 192–194.
15. Самсонов Д.В. Частота полиплоидии у голштинского скота // *Теория и практика современной аграрной науки: сб. II Нац. (всерос.) конф.* – Новосибирск, 2019. – С. 346–348.
16. Дзіцюк В.В., Передерій М.М. Внутріпородна каріотіпова мінливість корів української чорнової породи різного ступеня спорідненості // *Біологія тварин*. – 2017. – Т. 19, № 3. – С. 36–41.
17. Камалдинов Е.В., Короткевич О.С., Петухов В.Л. Фонд эритроцитарных антигенов и хромосомная нестабильность у якутского скота / Е.В. Камалдинов, О.С. Короткевич, В.Л. Петухов // *Сельскохозяйственная биология*. – 2011. – Т. 46, № 2. – С. 51–56.
18. Камалдинов Е.В., Себезшко О.И. Фенотипическое сходство пород скота по показателям хромосомной нестабильности // *Аграрная наука – сельскохозяйственному производству Сибири, Казахстана, Монголии, Беларуси и Болгарии: сб. науч. докл. XX Междунар. науч.-практ. конф.* – 2017. – С. 191–194.
19. Чысыма Р.Б. Хозяйственно-биологические особенности яков в различных условиях Республики Тыва: дис. ... д-ра биол. наук. – Новосибирск, 2006. – 252 с.
20. Чысыма Р.Б., Кочнева М.Л., Петухов В.Л. Хромосомная нестабильность у яков в разных экологических районах Республики Тыва // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. – 2005. – № 1. – С. 110–112.
21. *Chromosome preparations of leucocytes cultured from human peripheral blood* / P.S. Moorhead, P.C. Nowell, W.J. Mellman, D.M. Battlps [et al.] // *Exptl Cell Res*. – 1960. – Vol. 20, N 3. – P. 613–616.
22. Анализ анеуплоидии в культурах эмбриональных фибробластов и лейкоцитов человека / Н.П. Бочков, В.М. Козлов, А.В. Севаньяев, М.М. Антошина // *Генетика*. – 1966. – № 10. – С. 120–124.
23. *Direct determination of copper, lead and cadmium in the whole bovine blood using thick film modified graphite electrodes* / T.V. Skiba, A.K. Tsygankova, N.S. Borisova [et al.] // *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*. – 2017. – Т. 9, N 6. – С. 958–964.
24. Антигенный статус и хромосомная нестабильность серого украинского скота / Е.В. Камалдинов, А.В. Кушнир, В.Л. Петухов, О.С. Короткевич // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. – 2010. – № 12 (216). – С. 67–73.
25. Коновалова Т.В. Связь частоты полиплоидии с уровнем некоторых тяжелых металлов в органах скота черно-пестрой породы // *Кормопроизводство, продуктивность, долголетие и благополучие животных: материалы междунар. науч.-практ. конф.* – Новосибирск, 2018. – С. 28–30.

26. Куликова С. Г. Спонтанные хромосомные aberrации в различных экологических условиях Западной Сибири // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 3. – С. 584.
27. Андреева В. А. Соматическая три- и тетраплоидность у овец в условиях Западной Сибири // Экологические проблемы животных и человека: материалы конф. – Новосибирск: НГАУ, 2019. – С. 31–34.
28. Андреева В. А., Саурбаева Р. Т. Соматическая гекса- и октоплоидность у овец романовской породы в условиях Западной Сибири // Состояние и перспективы увеличения производства высококачественной продукции сельского хозяйства: материалы VII Междунар. науч.-практ. конф., проводимой совместно с Том. СХИ – фил. ФГБОУ ВО Новосиб. ГАУ. – Новосибирск, 2019. – С. 4–6.

REFERENCES

1. Semenov A. S. *Tsitogeneticheskii skrining v razlichnykh populyatsiyakh golshtinizirovannogo skota* (Cytogenetic screening in different populations of Holstein cattle), Doctors thesis, Perm, 2009, 221 p.
2. Kulikova S. G. *Tsitogeneticheskii monitoring krupnogo rogatogo skota v raznykh ekologicheskikh zonakh Zapadnoi Sibiri i Severnogo Kazakhstana* (Cytogenetic monitoring of cattle in different ecological zones of Western Siberia and Northern Kazakhstan), Doctors thesis, Novosibirsk, 1998, 294 p.
3. Narozhnykh K. N., Konovalova T. V., Petukhov V. L., Syso A. I., Sebezhko O. I., Shinin N. I., Fedayev J. I., Korotkevich O. S., Kamaldinov E. V., Osadchuk L. V. Cadmium accumulation in soil, fodder, grain, organs and muscle tissue of cattle in West Siberia, *International Journal of Advanced Biotechnology and Research*, 2016, Vol. 7, No. 4, pp. 1758–1764.
4. Konovalova T. V., Narozhnykh K. N., Petukhov V. L., Fedyaev Y. I., Shishin V. I., Sebezhko O. I., Korotkevich O. S., Kamaldinov E. V., Osadchuk L. V. Cooper content in hair, bristle and feather in different species reared in Western Siberia, *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 2017, Vol. 44, No. 5, p. 74.
5. Osadchuk L. V., Kleshnev M. A., Sebezhko O. I., Korotkevich O. S., Shinin N. I., Konovalova T. V., Narozhnykh K. N., Petukhov V. L. Characterizing physiological status in three breeds of bulls reared under ecological and climate conditions of the Altai, *Iraqi Journal of Veterinary Sciences*, 2017, Vol. 31, No. 1, pp. 35–42.
6. Syso A. I., Lebedeva M. A., Cherevko A. S., Petukhov V. L., Sebezhko O. I., Konovalova T. V., Korotkevich O. S., Narozhnykh K. N., Kamaldinov E. V., Sokolov V. A. Ecological and biogeochemical evaluation of elements content in soils and fodder grasses of the agricultural lands of Siberia, *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 2017, Vol. 9, No. 4, pp. 368–374.
7. Sebezhko O. I., Petukhov V. L., Shishin N. I., Korotkevich O. S., Konovalova T. V., Narozhnykh K. N., Zheltikov A. I., Marenkov V. G., Nezavitin A. G., Osadchuk L. V., Chysyma R. B., Kuzmina E. E. Influence of anthropogenic pollution on interior parameters, accumulation on heavy metals in organs and tissues, and resistance to disorders in the yak population in the republic of Tyva, *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 2017, Vol. 9, No. 9, pp. 1530–1535.
8. Kachura V. S. *Tsitologiya i genetika*, 1982, Vol. 16, No. 4, pp. 60–71. (In Russ.).
9. Kushnir A. V., Glazko V. I., Petukhov V. L., Dimov G., Storzhuk S. I. *Biologiya, genetika i selektsiya ovtsy* (Biology, genetics and selection of sheep), Novosibirsk, NSAU, ITsiG, 2010, 524 p.
10. Andreeva V. A., Li V., Lyu M., Konovalova T. V., Klimanova E. A., Sebezhko O. I., Nazarenko A. V. *Vestnik NSAU*, 2019, No. 1 (53), pp. 23–31 (In Russ.).
11. Petukhov V. L., Ernst L. K., Gudilin I. I., Golubev A. K., Zlochevskaya K. V., Krasota V. F., Levatin D. L., Sorokina I. I., Trut L. N., Tsalitis A. A., Chamuha M. D., Borodin P. M., Diasov G. I. *Geneticheskie osnovy selektsii* (Genetic basis of selection), Moscow: Agropromizdat, 1983, 448 p.
12. Kochneva M. L. Monitoring populyatsii sel'skokhozyaistvennykh zhivotnykh v raznykh ekologicheskikh usloviyakh (Monitoring of populations of farm animals in different environmental conditions), Doctor's thesis, Novosibirsk, 2005, 292 p.
13. Kochneva M. L., Buteeva S. K., Zhidenova A. N. *Biotekhnologiya: sostoyanie i perspektivy razvitiya* (Bacteriology: state and development prospects) Proceeding of the VIII Moscow International Congress.

- ЗАО «Ekspo-biokhim-tekhologii», RKhTUim. D.I. Mendeleeva, March 17–20, 2015, Moscow, 2015, pp. 220–222. (In Russ.).
14. Samsonov D.V. *Aktual'nye problemy sel'skogo khozyaystva gornyykh territoriy* (Actual problems of mountain agriculture), Proceeding of the VII Scientific conference dedicated to the 70th anniversary of Gorno-Altai State University, June 06–09, 2019, Gorno-Altai, 2019, pp. 192–194. (In Russ.)
15. Samsonov D.V. *Teoriya i praktika sovremennoy agrarnoy nauki* (Theory and practice of modern agricultural science), Proceeding of 2nd All-Russia Conference, February 26, 2019, Novosibirsk, 2019, pp. 346–348. (In Russ.)
16. Dzitsyuk V.V., Peredrii M.M. *Biologiya tvarin*, 2017, Vol. 19, No. 3, pp. 36–41.
17. Kamaldinov E.V., Korotkevich O.S., Petukhov V.L. *Selskokhozyaistvennaya biologiya*, 2011, Vol. 46, No. 2, pp. 51–56. (In Russ.).
18. Kamaldinov E.V., Sebezshko O.I. *Agrarnaya nauka – sel'skokhozyaistvennomu proizvodstvu Sibiri, Kazakhstana, Mongolii, Belarusii Bolgarii* (Agricultural science – agricultural production in Siberia, Kazakhstan, Mongolia, Belarus and Bulgaria), Proceeding of the XX International Practical Conference, October 04–06, 2017, Novosibirsk, 2017, pp. 191–194.
19. Chysyma R.B. *Khozyaistvenno-biologicheskie osobennosti yakov v razlichnykh usloviyakh Respubliki Tyva* (Economic and biological characteristics of yaks in different conditions of the Tyva Republic), Doctors thesis, Novosibirsk, 2006, 252 p.
20. Chysyma R.B., Kochneva M.L., Petukhov V.L. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki*, 2005, No. 1, p. 110–112. (In Russ.).
21. Moorhead P.S., Nowell P.C., Mellman W.J., Battlps D.M., Hunge-jord D.A. Chromosome preparations of leucocytes cultured from human peripheral blood, *Exptl Cell Res.*, 1960, Vol. 20, No. 3, pp. 613–616.
22. Bochkov N.P., Kozlov V.M., Sevankaev A.V., Antoshchina M.M. *Genetika*, 1966, No.10, pp. 120–124 (In Russ.).
23. Skiba T.V., Tsygankova A.R., Borisova N.S., Narozhnykh K.N., Konovalova T.V., Sebezshko O.I., Korotkevich O.S., Petukhov V.L., Osadchuk L.V. Direct determination of cooper, lead and cadmium in the whole bovine blood using thick film modified graphite electrodes, *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 2017, Vol. 9, No. 6, pp. 958–964.
24. Kamaldinov E.V., Kushnir A.V., Petukhov V.L., Korotkevich O.S. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki*, 2010, No. 12 (216), pp. 67–73 (In Russ.).
25. Konovalova T.V. *Kormoproizvodstvo, produktivnost», dolgoletie i blagopoluchie zhyvotnykh* (Feed production, productivity, longevity and animal welfare), Proceeding of the International Scientific conference, October 04–05, 2018, Novosibirsk, 2018, pp. 28–30. (In Russ.)
26. Kulikova S.G. *Sovremennye problem nauki i obrazovaniya*, 2015, No. 3, p. 584 (In Russ.).
27. Andreeva V.A. *Ekologicheskie problemy zhyvotnykh i cheloveka* (Environmental problems of animals and humans), Proceeding of the conference, Novosibirsk, 2019, pp. 31–34. (In Russ.)
28. Andreeva V.A., Saurbaeva R.T. *Sostoyanie i perspektivy uvelicheniya proizvodstva vysokokachestvennoy produktsii sel'skogo khozyaystva* (Status and prospects of increasing the production of high-quality agricultural products), Proceedings of the VII International Scientific and Practical Conference, Novosibirsk, 2019, pp. 4–6.