

Literatura

1. *Lubjagina N.P.* Ritmy razvitija jefemeroidov chernevoj tajgi Kuzneckogo Alatau v svjazi s introdukciej // Ritm rosta i razvitie introducentov. – M.: Nauka, 1973. – S. 73–76.
2. *Lubjagina N.P.* Izuchenie populjacij jefemeroidov chernevoj tajgi v svjazi s ih ohranoj i introdukciej v iskusstvennyj cenoz // Bjul. GBS. –1981. – Vyp. 131. – S. 82–86.
3. *Lubjagina N.P.* Sozdanie iskusstvennyh rastitel'nyh soobshhestv // Bjul. GBS. 1989. – Vyp. 152. – S. 3–8.
4. Krasnaja kniga Novosibirskoj oblasti. Zhivotnye rastenija, griby. – Novosibirsk: Arta, 2008. – 527 s.
5. *Sedel'nikova L.L.* Biomorfologija geofitov v Zapadnoj Sibiri. – Novosibirsk: Nauka, 2002. – 307 s.
6. *Lubjagina N.P., D'jakonova A.A.* Razvitie jefemeroidov chernevoj tajge Kuzneckogo Alatau i v uslovijah introdukcii // Bjul. GBS. – 1977. – Vyp. 103 – S. 51–54.
7. *Kuminova A.V.* Formirovanie geobotanicheskikh kompleksov na styke podtaezhnyh i lesostepnyh rajonov Priob'ja // Rastitel'nost' Priob'ja i ee hozjajstvennoe ispol'zovanie. – Novosibirsk: Nauka, 1973. – S. 79–97.
8. *Denisova L.V., Zaugol'nova L.B., Nikitina S.V.* Programma i metodika nabljudenij za cenopopuljacijami vidov rastenij Krasnoj knigi SSSR. – M: Nauka, 1986. – 34 s.
9. *Zaugol'nova L.B.* Struktura populjacij semennyh rastenij i problemy ih monitoringa: avtoref. dis. ... d-ra biol. nauk. – SPb., 1994. – 70 s.
10. *Odum Ju.* Jekologija. – M.: Mir, 1986. – 376 s.
11. Metodicheskie ukazanija po semenovedeniju introducentov. – M.: Nauka, 1980. – 64 s.



УДК 619:615

М.Н. Гонохова

**МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ПОЧКАХ ПОТОМСТВА КРЫС
ПРИ ХРОНИЧЕСКОЙ ИНТОКСИКАЦИИ РОДИТЕЛЕЙ СОЛЯМИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ**

М.Н. Gonokhova

**MORPHOLOGICAL CHANGES IN THE KIDNEYS OF RATS' OFFSPRING IN PARENTS'
CHRONIC INTOXICATION BY SALTS OF HEAVY METALS**

Гонохова М.Н. – канд. вет. наук, доц. каф. анатомии, гистологии, физиологии и патологической анатомии Омского государственного аграрного университета им. П.А. Столыпина, г. Омск. E-mail: mn.gonokhova@omgau.org

Gonokhova M. N. – Cand. Vet. Sci., Assoc. Prof., Chair of Anatomy, Histology, Physiology and Pathological Anatomy, Omsk State Agricultural University named after P.A. Stolypin, Omsk. E-mail: mn.gonokhova@omgau.org

В сравнительном аспекте изучено действие кадмия, никеля и цинка в системе «мать-плод» с учетом миграции указанных элементов в звеньях пищевой цепи. В условиях эксперимента установлена роль интоксикации тя-

желыми металлами родителей в развитии патоморфологических изменений у потомства. Исследования проведены на беспородных лабораторных крысах, подобранных по принципу аналогов и разделенных на семь групп.

1-я группа – самки, получающие корма, выращенные при внесении в почву солей кадмия в дозе ПДК; 2-я группа – в дозе 2 ПДК; 3-ю и 4-ю группы составили самки, получавшие растительную продукцию, выращенную при внесении в почву солей никеля в дозе ПДК и 2 ПДК, – соответственно; 5-ю и 6-ю группы – соли цинка в дозе ПДК и 2 ПДК соответственно, 7-я группа – контрольная (интактные беременные самки). Методы исследования – клинические, гистологические, статистические. Показатели физиологического развития опытных крысят 1-й и 2-й опытных групп были ниже, чем у контрольных, у них отмечали задержку открытия глаз и появления волосяного покрова, при рождении они имели достоверно меньшую массу тела, чем контрольные. У потомства, полученного от крыс 3-й и 4-й опытных групп, отмечено отставание в сроках отлипания ушных раковин и открытия глаз на один день по сравнению с показателями контрольной группы. Масса тела крысят при рождении была ниже, чем у контрольных животных, но в дальнейшем она достоверно превышала показатели контроля, и эта тенденция сохранялась до окончания опыта. У крысят 5-й и 6-й опытных групп отмечено более раннее появление волосяного покрова и открытие глаз, при рождении они имели самую высокую массу тела, и данная тенденция сохранилась до конца эксперимента. В результате проведенных исследований было установлено, что включение растительной продукции, содержащей кадмий и никель, в рацион беременных и лактирующих самок способствовало развитию патоморфологических изменений в почках крысят, характеризующихся дистрофическими процессами в эпителиоцитах проксимальных извитых канальцев и лимфоцитарными инфильтратами.

Ключевые слова: тяжелые металлы, нефротоксичность, потомство, патоморфология.

In comparative aspect the effect of cadmium, nickel and zinc in "mother-fetus" system taking into account the migration of the specified elements in the links of food chain was studied. Under experimental conditions, the role of heavy metal intoxica-

tion of parents in the development of pathological and morphological changes in the offspring was established. The researches were carried out on the outbred laboratory rats, based on analogs and divided into seven groups. The first one – rat does which receiving the forages grown when entering into the soil with cadmium salts in maximum concentration limit dose; the second group – rats in a dose of 2 maximum concentration limits; the third and fourth groups were rat does, receiving vegetable production grown up when entering into the soil of salts of nickel in a dose of maximum concentration limit and 2 maximum concentration limits – respectively; – zinc salts in the dose of maximum concentration limit and 2 TLV respectively, the seventh group – control (intact pregnant rat does). Research methods were clinical, histological, statistical. The indicators of physiological development of experimental infant rats for the first and second experimental groups were lower than the indicators of rats from the control group, they had a perceptible delay with the eyes opening and the appearance of hair at birth; additionally they had a significantly lower body weight than the control. It was noted that the offspring obtained from the rats of the third and fourth experimental groups had the lag in terms of detachment ears and eye opening for one day compared with the control group of rats. The body weight of young rats at birth was lower than of control animals, but in future it was significantly higher than the control indicators, and this tendency remained until the end of the experiment. The rats from the fifth and sixth test groups had the earlier appearance of hair and eyes opening, at birth they had the highest body weight, and this tendency remained until the end of the experiment. As a result of conducted studies, it was found out that the inclusion of plant products containing nickel and cadmium in the diet of pregnant and lactating rat stimulated the development of pathological changes in the kidneys of young rats, which were characterized by degenerative processes in epithelial cells of proximal convoluted tubules and lymphocytic infiltrates.

Keywords: heavy metals, nephrotoxicity, offspring, pathomorphology.

Введение. Состояние здоровья животных, их продуктивность, качество и безопасность продуктов животноводства во многом зависят от санитарного состояния кормов. Тем не менее проблема их загрязнения тяжелыми металлами продолжает оставаться актуальной. Загрязнение кормов токсикантами носит региональный характер и связано в основном с промышленными выбросами и повышенным естественным содержанием токсичных элементов в почвах. Следует также учитывать, что животные и люди подвергаются действию не одного определенного поллютанта, а смеси токсических веществ из окружающей среды. Поэтому чрезвычайно трудно установить допустимый уровень концентрации каждого экотоксиканта в природных объектах. Кадмий, никель и цинк, наряду с другими веществами, считаются приоритетными загрязнителями биосферы [1]. При этом антропогенные источники этих металлов преобладают над природными. Очень трудно поставить точный диагноз, так как симптомы при воздействии экотоксикантов не являются специфическими, а порой могут вообще отсутствовать. В связи с этим нельзя в полной мере оценить ту потенциальную опасность, которую таит в себе с каждым годом увеличивающаяся экологическая нагрузка [2].

Цель исследования: установить особенности морфофункциональных изменений в почках потомства крыс при хронической интоксикации родителей солями тяжелых металлов.

Материалы и методы исследования. В опытах использовали корма, выращенные на лугово-черноземной почве южной лесостепи Омской области с искусственным внесением в нее кадмия, никеля и цинка, которые вводили в рацион опытных животных. Экспериментальные исследования проведены на лабораторных беспородных крысах, разделенных на 7 групп по принципу аналогов. 1-я группа – самки, получающие корма, выращенные при внесении в почву солей кадмия в дозе ПДК; 2-я группа – в дозе 2 ПДК; 3-ю и 4-ю группы составили самки, получавшие растительную продукцию, выращенную при внесении в почву солей никеля в дозе ПДК и 2 ПДК; 5-ю и 6-ю группы – соли цинка в дозе ПДК и 2 ПДК соответственно; 7-я груп-

па – контрольная (интактные беременные самки). Животных содержали в виварии, их кормление осуществляли согласно нормам рациона для лабораторных животных [3]. В опытах использовали только клинически здоровых животных. Жизнеспособность, развитие и структурные изменения в органах потомства крыс изучали при ежедневном введении в рацион родителей кормов, выращенных на полях с добавлением солей кадмия, никеля и цинка на уровне ПДК и 2 ПДК. Контролем служили крысята от интактных самок. У всех крысят периодически измеряли массу тела, отношение длины тела к длине хвоста, а также учитывали сроки отлипания ушных раковин, появление волосяного покрова, открытия глаз.

Эвтаназию крысят в возрасте трех месяцев осуществляли в соответствии с Европейской конвенцией по защите позвоночных животных, используемых для экспериментальных и других научных целей (2003). Кусочки органов фиксировали в 4 % нейтральном растворе формальдегида, обезжизняли в спиртах восходящей концентрации и заливали в парафин. Парафиновые срезы толщиной 3–5 мкм получали на ротационном микротоме LaboCut 4055 (фирма Slee, Германия), окрашивали гематоксилином и эозином. Микрофотосъемку гистологических препаратов проводили на микроскопе Альтами БИО 1Т с цифровой окулярной камерой UCМOS0300КРА. Статистический анализ результатов включал методы описательной статистики и проверки статистических гипотез с использованием пакета прикладных статистических программ STATISTICA 6.0.

Результаты исследования. Показатели физиологического развития опытных крысят 1-й и 2-й опытной групп были ниже, чем у контрольных. В частности, у них отмечали задержку открытия глаз и появления волосяного покрова. Гибели крысят опытных групп отмечено не было. Крысята, полученные от самок, подвергавшихся интоксикации солями кадмия, при рождении имели достоверно меньшую массу тела, чем контрольные. Такая тенденция сохранялась до 1,5-месячного возраста.

У потомства, полученного от крыс 3-й опытной группы, отмечено отставание в сроках от-

липания ушных раковин и открытия глаз на один день по сравнению с показателями контрольной группы. Масса тела крысят при рождении была несколько ниже, чем у контрольных животных, но в дальнейшем она достоверно превышала показатели контроля, и эта тенденция сохранялась до окончания опыта. Показатели массы тела крысят 4-й опытной группы при рождении были достоверно ниже, чем у контрольных животных. Такая тенденция сохранялась до 1,5-месячного возраста.

Крысята 5-й и 6-й опытной групп по всем показателям физиологического развития превосходили контрольных животных. Так, например, отмечено более раннее появление волосяного покрова и открытие глаз. Крысята, полученные от самок 5-й опытной группы, при рождении имели самую высокую массу тела, и данная тенденция сохранилась до конца эксперимента. В 6-й опытной группе крысята при рождении имели массу тела ниже контрольных показателей, но к 2-недельному возрасту достигли кон-

троля, и такая тенденция сохранялась до 1,5-месячного возраста.

При макроскопическом исследовании внутренних органов крысят 1-й опытной группы было установлено, что почки красно-коричневого цвета, фиброзная капсула снималась с них легко, отмечались признаки застойной гиперемии. Встречались почечные тельца, уменьшенные в объеме. В некоторых сосудистых клубочках наблюдали отек мезангиального пространства, о чем свидетельствуют и данные морфометрических исследований (табл.), при этом клубочек занимал 87 % объема почечного тельца, что достоверно больше показателей контрольной группы. Наблюдалось скопление клеток лимфоцитарного характера вокруг сосудистых клубочков и почечных канальцев (рис. 1). Эпителиальные клетки проксимальных извитых канальцев увеличены в объеме, при этом просветы канальцев сужены. Отмечена зернистость цитоплазмы эпителиоцитов, ядра имели округлую форму. Иногда выявляли признаки некробиоза.

Морфометрические показатели почек крысят при воздействии солей тяжелых металлов на организм их родителей (n=100)

Группа	Показатель				
	Площадь ядер клеток эпителия проксимального отдела нефрона, мкм ²	Площадь цитоплазмы клеток эпителия проксимального отдела нефрона, мкм ²	Высота клеток эпителия проксимального отдела нефрона, мкм	Ядерно-цитоплазматическое отношение, %	Отношение объемов сосудистого клубочка и почечного тельца, %
Контроль	28,67 ± 0,84	84,96 ± 1,86	11,91 ± 0,13	0,34 ± 0,01	0,71 ± 0,01
Опытная 1	27,50 ± 0,98	82,44 ± 1,86	11,63 ± 0,13	0,33 ± 0,01	0,87 ± 0,01*
Опытная 2	30,06 ± 0,68	85,74 ± 1,72	11,51 ± 0,09*	0,35 ± 0,01	0,78 ± 0,01*
Опытная 3	28,98 ± 0,63	81,55 ± 1,48	11,22 ± 0,11*	0,36 ± 0,01	0,72 ± 0,01
Опытная 4	27,39 ± 0,80	81,18 ± 1,44	11,15 ± 0,11*	0,34 ± 0,01	0,77 ± 0,01
Опытная 5	29,95 ± 0,65	84,45 ± 1,48	11,96 ± 0,13	0,36 ± 0,01	0,78 ± 0,01*
Опытная 6	28,69 ± 0,65	82,17 ± 1,91	11,42 ± 0,13*	0,35 ± 0,01	0,73 ± 0,01

Примечание: * $P \leq 0,05$.

При микрометрическом исследовании достоверных изменений площади ядер, цитоплазмы и высоты эпителия проксимального отдела нефрона в почках крысят, полученных от животных, в рацион которых вводили корма варианта «кадмий ПДК», выявлено не было (см. табл.).

У крысят, полученных от крыс 2-й опытной группы, почки не увеличены в объеме, капсула снимается легко, границы между слоями четко обозначены. Корковое вещество – красно-коричневого цвета, мозговое – серого. Консистенция органа не изменена. При микроскопическом исследовании установили, что некото-

рые сосудистые клубочки были уменьшены в объеме, полость капсулы при этом была расширена. Вокруг капсулы сосудистого клубочка и канальцев отмечено скопление лимфоидных клеток. Эпителиоциты извитых канальцев нефрона у некоторых крысят находились в состоянии зернистой дистрофии. В ряде случаев эпителиальные клетки имели плоскую форму, при этом просветы канальцев были расширены и заполнены массой, окрашивающейся эозином в нежно-розовый цвет. Также наблюдали участки, в которых клетки почечного эпителия находились в состоянии некроза и некробиоза (рис. 2).

Микрометрические данные, представленные в таблице, свидетельствуют о незначительном увеличении площади ядер эпителиоцитов извитых канальцев проксимального отдела нефрона. При этом достоверно уменьшена высота эпителия вышеуказанного отдела.

При патолого-анатомическом исследовании крысят 3-й опытной группы установили, что почки не увеличены в объеме, красно-коричневого цвета, их капсула снимается легко. Консистенция органа не изменена. При микроскопическом исследовании были зарегистрированы признаки зернистой дистрофии в эпителии извитых канальцев проксимального отдела нефрона. У некоторых животных встречались участки в состоянии некробиоза. Вокруг сосудистых клубочков и канальцев были обнаружены скопления клеток лимфоидно-гистиоцитарного характера. Кровеносные сосуды переполнены кровью.

В сосудистых клубочках отмечали отек мезангиального пространства. Этот факт подтверждают данные микрометрических исследований (см. табл.), которые свидетельствуют о достоверном увеличении отношения объема клубочка к объему самого почечного тельца. Морфометрические показатели указывают на достоверное уменьшение высоты эпителиоцитов проксимального отдела нефрона почек крысят, полученных от животных, в рацион которых вводили корма варианта «никель ПДК».

При патолого-анатомическом вскрытии крысят 4-й опытной группы почки красно-коричневого цвета, не увеличены, фиброзная капсула снимается легко с поверхности органа. Корковое вещество темно-вишневого цвета, мозговое – с серым оттенком. У некоторых животных эпителиоциты уменьшены в объеме, при этом просветы канальцев увеличены. Ядра

большой частью округлой формы, в некоторых случаях выявляли некроз эпителия. Иногда наблюдали уменьшенные в объеме почечные тельца. Отмечены скопления вокруг сосудистых клубочков клеток лимфоцитарного ряда. В интерстиции почек имелись участки лимфоидно-гистиоцитарной и фибробластической пролиферации (рис. 3).

Достоверных изменений при проведении морфометрических исследований не было зарегистрировано, за исключением уменьшения высоты эпителиальных клеток извитых канальцев проксимального отдела нефрона (см. табл.).

При патолого-анатомическом исследовании почки крысят 5-й опытной группы красно-коричневого цвета, нормального объема и консистенции, капсула снимается легко с поверхности органа. Эпителиоциты извитых канальцев имеют правильную овальную форму, ядра округлой формы, ядрышки хорошо просматриваются. У некоторых животных цитоплазма эпителиальных клеток была мелкозернистая. Почечные клубочки и прямые канальцы сохраняют свою структуру. Кровеносные сосуды почек переполнены кровью. Данные морфометрических исследований свидетельствуют о том, что достоверных изменений в измеряемых структурах не было.

Почки крысят 6-й опытной группы не увеличены, фиброзная капсула снималась легко. С поверхности разреза стекала кровь. Граница между корковым и мозговым веществом хорошо выражена. Корковое вещество – вишнево-коричневого цвета, мозговое – серого. Со стороны других органов патологических изменений не было выявлено. При микроскопическом исследовании почек наблюдали участки с дистрофическими изменениями эпителиальных клеток извитых канальцев. Сосуды почек расширены и переполнены кровью (рис. 4). У некоторых животных отмечалась пролиферация мононуклеарных клеток вокруг сосудистых клубочков и канальцев почек. Нередко встречались сосудистые клубочки, уменьшенные в объеме.

Морфометрическими измерениями достоверных изменений в почечных структурах крысят 6-й опытной группы не было выявлено, за исключением снижения высоты эпителия извитых канальцев проксимального отдела нефрона (см. табл.).

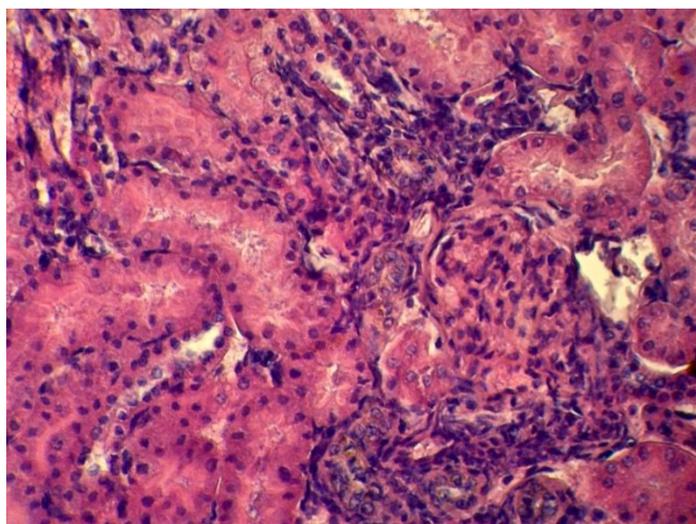


Рис. 1. Лимфоцитарный инфильтрат и зернистая дистрофия эпителия в почке крысенка 1-й опытной группы. Окраска гематоксилином и эозином. ×300

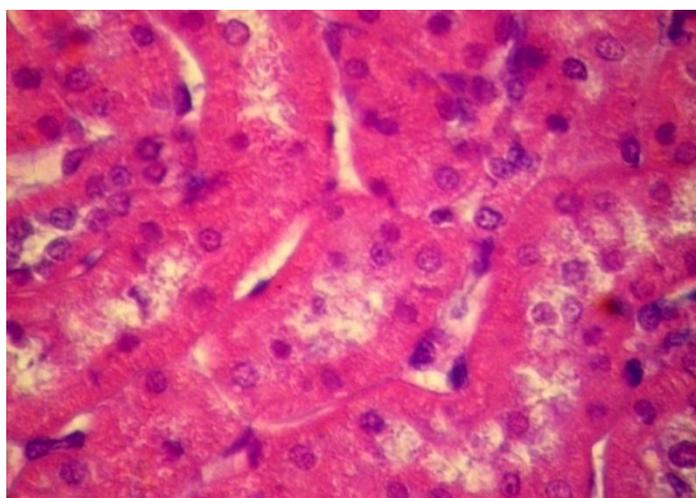


Рис. 2. Зернистая дистрофия и некроз эпителия извитых канальцев почки крысенка 2-й опытной группы. Окраска гематоксилином и эозином. × 600

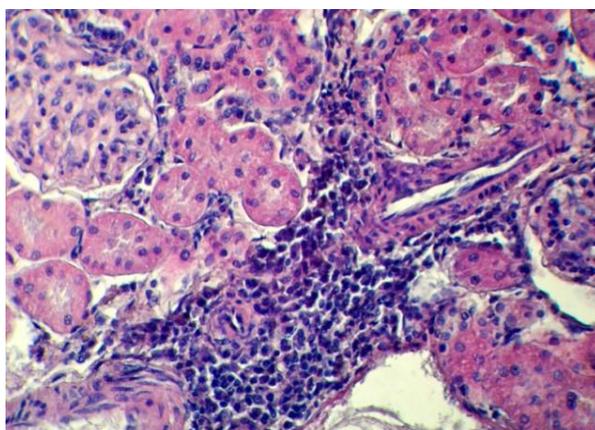


Рис. 3. Лимфоцитарный инфильтрат в почке крысы 4-й опытной группы. Окраска гематоксилином и эозином. × 300

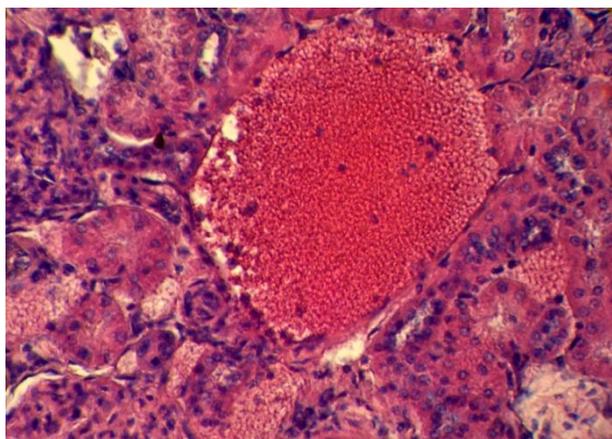


Рис. 4. Гиперемия почки крысы 6-й опытной группы. Окраска гематоксилином и эозином. × 300

Выводы. Корма, выращенные при внесении в почву солей кадмия и никеля, вызывают задержку физиологического развития потомства крыс при воздействии на организм кадмия. Патоморфологические изменения в почках крысят, характеризующиеся дистрофическими процессами в эпителиоцитах проксимальных извитых канальцев и лимфоцитарными инфильтратами, преобладают при использовании в рационе крыс кормов с повышенным содержанием кадмия и никеля.

Литература

1. Гонохова М.Н. Структурные изменения в почках животных при воздействии на организм кадмия // Вестн. Алтайского гос. аграр. ун-та. – 2007. – № 12. – С. 38–43.
2. Гонохова М.Н. Влияние на свиней тяжелых металлов в кормах // Животноводство России. – 2008. – № 12. – С. 25–26.

3. ГОСТ 33215-2014. Руководство по содержанию и уходу за лабораторными животными. Правила оборудования помещений и организации процедур. – URL: www.internet-law.ru/gosts/gost/61242.

Literatura

1. Gonohova M.N. Strukturnye izmeneniya v pochkah zhivotnyh pri vozdejstvii na organizm kadmija // Vestn. Altajskogo gos. agrar. un-ta. – 2007. – № 12. – S. 38–43.
2. Gonohova M.N. Vlijanie na svinej tjazhelyh metallov v kormah // Zhivotnovodstvo Rossii. – 2008. – № 12. – S. 25–26.
3. GOST 33215-2014. Rukovodstvo po soderzhaniju i uhodu za laboratornymi zhivotnymi. Pravila oborudovanija pomeschenij i organizacii procedur. – URL: www.internet-law.ru/gosts/gost/61242.

