

Эффективность минерального адаптогена в условиях экспериментальной иммуносупрессии

М. Н. Дрозд¹✉

¹Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

✉E-mail: umn100@yandex.ru

Аннотация. Современные условия ведения животноводства и птицеводства диктуют непрерывный поиск эффективных средств, повышающих естественную резистентность организма сельскохозяйственных животных и птицы. В связи с этим было проведено экспериментальное исследование на лабораторных животных с применением минерального адаптогена отечественного производства с целью определения его эффективности в условиях искусственно индуцированной иммуносупрессии. Задачами исследования были определение иммунобиохимического статуса, субклеточных и внутриорганных изменений в органах иммунной системы всех уровней. **Методы.** Экспериментальные исследования проведены с использованием общепринятых зоотехнических, патоморфологических, гистологических, иммунобиохимических и статистических методов. **Результаты.** Описаны иммунобиохимические изменения в организме экспериментальных животных. Описаны микроскопические изменения на уровне тканей и клеток в органах иммунной системы всех уровней. Описаны изменения в органах иммунной системы при иммуносупрессии и на фоне скармливания минерального адаптогена. При морфологическом исследовании органов иммунной системы у опытных животных выявлены пролонгированные иммуносупрессорные изменения в течение 14 дней. При этом после индуцированной иммуносупрессии в центральных и периферических органах иммунной системы сохраняются существенные структурные изменения в виде атрофии лимфоидной ткани (тимус, селезенка, лимфатические узлы и внутриорганные лимфатические образования). При проведении гистологических исследований структура клеток и тканей при использовании минерального адаптогена была более морфологически зрелой и находилась в функционально активном состоянии, а в контрольной группе наблюдались дистрофические и некротические процессы. Проведенные исследования убедительно доказывают влияние минерального адаптогена на повышение естественной резистентности и его иммунопротективные свойства. **Научная новизна.** Впервые в экспериментальных условиях даны одновременная оценка иммунобиохимических показателей крови лабораторных животных и микроскопическое исследование органов иммунной системы всех уровней с морфометрическим анализом полученных данных. В результате проведенных исследований был доказан иммуно- и органопротективный эффекты от скармливания минерального адаптогена и морфометрически подтвержден иммуномодулирующий эффект.

Ключевые слова: адаптогены, морфометрия, гистология, органы иммунной системы, иммунология крови, биохимия крови, органы дыхания, иммунокомпетентная система.

Для цитирования: Дрозд М. Н. Эффективность минерального адаптогена в условиях экспериментальной иммуносупрессии // Аграрный вестник Урала. 2021. № 12 (215). С. 29–40. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-215-12-29-40.

Дата поступления статьи: 18.10.2021, **дата рецензирования:** 28.10.2021, **дата принятия:** 08.11.2021.

Постановка проблемы (Introduction)

В современных условиях, в которых человечество сталкивается с проблемами эффективной борьбы с новыми инфекционными агентами, как никогда актуальным становится вопрос усиления иммунной защиты. Средствами, повышающими естественную резистентность, могут выступать биологически активные вещества, витамины, минеральные добавки, лекарственные растения и энтеросорбенты [3], [8], [16]. Наиболее интересны в этом отношении природные средства, имеющие природную доступность и минимальную стоимость [4], [5], [14], [15], [16]. Кроме

того, такие средства местного производства представляют особый интерес [1], [2]. Группу средств, влияющих на восстановление и повышение естественной резистентности, относят к адаптогенам. Согласно современной классификации, такими препаратами являются растительные адаптогены (лекарственные растения, богатые биофлавоноидами и широким спектром витаминов); органические вещества, обладающие стимулирующими свойствами; группа минеральных веществ природного происхождения, содержащих комплекс макро- и микроэлементов; группа витаминов, обладающих антиоксидантными и вос-

станавливающими свойствами в отношении функций нервной, иммунной и других систем организма [6], [7], [9], [10].

Среди всех групп адаптогенов наибольший интерес вызывают минеральные подкормки, получаемые из природных месторождений. К минеральным адаптогенам относят природные и искусственные цеолиты. При этом группа искусственных цеолитов имеет постоянный химический состав, обогащенный необходимыми микроэлементами, обладает свойствами энтеросорбентов и осуществляет поступление микро- и макроэлементов в организм животных и птицы на основе ионообменного механизма. [12], [13].

Природные цеолиты обладают свойствами энтеросорбентов, но их химический состав сильно варьирует в зависимости от глубины залегания пласта. При исследовании искусственных цеолитов обнаружили их позитивный эффект на восстановление обменных процессов в организме животных и птицы [16], а также на профилактику болезней костей и суставов.

Использование кормовых минеральных добавок как источника минеральных веществ, приготовленных из сырья отечественных природных месторождений, стало предметом настоящего исследования. Анализ химического состава кормовой минеральной добавки, являющейся искусственным цеолитом, позволил отнести ее к минеральным адаптогенам и провести дополнительные исследования по оценке ее влияния на состояние органов иммунной системы всех уровней.

В связи с вышеперечисленным целью исследования было определить эффективность минерального адаптогена в условиях экспериментальной иммуносупрессии на лабораторных животных.

Для достижения поставленной цели были поставлены следующие задачи:

- 1) определить иммунобиохимический статус крыс до и после скармливания минерального адаптогена;
- 2) определить микроскопические изменения в органах иммунной системы до и после скармливания минерального адаптогена;
- 3) определить микроскопические и морфометрические изменения в органах иммунной системы на фоне скармливания минерального адаптогена и без него при искусственно индуцированной иммуносупрессии;
- 4) определить микроскопические и морфометрические изменения в органах дыхания на фоне скармливания минерального адаптогена и без него при искусственно индуцированной иммуносупрессии.

Методология и методы исследования (Methods)

Исследования проводили в условиях лаборатории кафедры инфекционной и незаразной патологии Уральского государственного аграрного университета, в отделе ветеринарно-лабораторной диагностики с испытательной лабораторией УрФАНИЦ УрО РАН, имеющего государственную аккредитацию на проведение исследований, гистологической лаборатории ЦНИЛ Уральского государственного медицинского

университета. Для исследования подбирали белых беспородных крыс трехмесячного возраста живой массой 250 г обоих полов поровну, по 15 голов в каждой группе (контрольной и опытной). Животных в группы подбирали по принципу аналогов. Все животные обеих групп получали одинаковый рацион водный режим, для кормления использовали специализированный комбикорм.

Контрольная группа – здоровые животные, которых не подвергали никаким воздействиям на протяжении 3 недель (интактные), опытная группа – животные получали минеральный адаптоген на протяжении всего периода исследования до и после искусственно индуцированной иммуносупрессии.

В обеих группах перед началом исследования было подвергнуто убою по 6 голов (по 3 самки и 3 самца) для определения исходного состояния и структуры иммунокомпетентных органов. Крысам опытной группы скармливали минеральный адаптоген (МА) – кормовую минеральную добавку БШ-ВИТ (содержит 32 минерала) производства ООО «Сорбент-К», Россия, в смеси с комбикормом Little One Rats производства международной корпорации Mealberry; крысам контрольной группы – только комбикорм и воду. В опытной группе минеральный адаптоген скармливали в дозе 0,3 г на 1 кг живой массы общим объемом 0,075 г на голову. Корм задавали 2 раза в сутки. Через 21 день от начала скармливания минерального адаптогена у животных обеих групп искусственно вызывали состояние иммуносупрессии по способу, предложенному И. Е. Валаминой с соавторами [16, с. 1196], с помощью однократного внутримышечного введения дексаметазона в дозе 0,5 мг и суспензии гидрокортизона ацетата 2,5 % в дозе 20 мг на 100,0 г живой массы.

Через 7 и 14 суток от момента искусственно индуцированной иммуносупрессии из каждой группы выводили из опыта по 6 крыс (поровну самок и самцов) и проводили отбор материала для гистологического исследования.

Для гистологического исследования отбирали кусочки тимуса, селезенки, легких и подкожные лимфоузлы. Все гистологические исследования (фиксацию, обезвоживание, заливку в парафин, приготовление гистологических срезов и окраску срезов) проводили по общепринятым методикам. Гистосрезы получали с помощью роторного микротомы HM-450 Microm. Окраску срезов производили гематоксилином и эозином. Изучение гистосрезов проводили с помощью светового микроскопа Olympus CX41 при увеличении $\times 100, 200, 400, 1000$. Микрофотосъемку осуществляли цифровой фотокамерой Levenhuk C130 NG для документирования общих изменений в сравниваемых группах.

Кровь у исследуемых животных всех групп брали до начала скармливания минерального адаптогена, затем через 2 дня после введения дексаметазона и гидрокортизона ацетата (искусственного воспроизведения иммуносупрессии). Для иммунофермент-

ного анализа использовали комплекс из планшетного иммуноферментного анализатора Termo Scirntific Multiskan GO (Япония); вошера Termo Scirntific Wellwssh (Япония) и шейкер-термостата Elmi ST-3L (Латвия). Биохимические исследования сыворотки крови проводили на автоматическом биохимическом и иммуноферментном анализаторе Chem Well-2910 Combi фирмы Awaveness Technology (США) в соответствии с методиками, рекомендованными Международной федерацией клинической химии IFCC, с

использованием готовых биохимических наборов реактивов фирм Vital Diagnostics Spb (Россия), DIALAB GmbH (Австрия), Human (Германия).

Результаты (Results)

При проведении исследований было установлено, что исходное иммунобиохимическое состояние у крыс исследуемых групп не имело достоверных различий и оно соответствовало параметрам здоровых животных (таблицы 1, 2).

Таблица 1
Содержание интерлейкинов у крыс

Группа	Интерлейкин-2, пкг/мл	Интерлейкин-4, пкг/мл	Индекс ИЛ-2/ИЛ-4
Контрольная (интактные до начала), $n = 6$	$48,0 \pm 35,37$	$15,3 \pm 1,5$	3,1
Контрольная (интактные после иммуносупрессии), $n = 6$	$243,0 \pm 10,5^{**}$	$6,5 \pm 0,1^{**}$	$37,4^{**}$
Опытная (МА постоянно до иммуносупрессии), $n = 6$	$76,6 \pm 14,1^{**}$	$7,0 \pm 0,4^{**}$	$10,9^{**}$
Опытная (МА постоянно после иммуносупрессии), $n = 6$	$92,0 \pm 11,5^{**}$	$7,5 \pm 0,1^{**}$	$12,3^{**}$

* $P < 0,1$; ** $P < 0,01$.

Table 1
The content of interleukins in rats

Group	Interleukin-2, pg/ml	Interleukin-4, pg/ml	Index IL-2/IL-4
Control (intact before the start), $n = 6$	48.0 ± 35.37	15.3 ± 1.5	3.1
Control (intact after immunosuppression), $n = 6$	$243.0 \pm 10.5^{**}$	$6.5 \pm 0.1^{**}$	37.4^{**}
Experimental (mineral adaptogen constantly before immunosuppression), $n = 6$	$76.6 \pm 14.1^{**}$	$7.0 \pm 0.4^{**}$	10.9^{**}
Experimental (mineral adaptogen permanently after immunosuppression), $n = 6$	$92.0 \pm 11.5^{**}$	$7.5 \pm 0.1^{**}$	12.3^{**}

* $P < 0,1$; ** $P < 0,01$.

Таблица 2
Некоторые биохимические показатели сыворотки крови крыс

Показатели	Стандартный интервал	Фоновые значения (интактные животные), $n = 10$	Опытная группа (МА и иммуносупрессия), $n = 10$	%	Контрольная группа (иммуносупрессия), $n = 10$	%
Альбумины, г/л	30–43	$29,5 \pm 0,8$	$26,5 \pm 0,7$	10,2	$13,9 \pm 0,6^{**}$	52,9
Глобулины, г/л	39–55	$39,5 \pm 0,5$	$42,8 \pm 0,5$	8,4	$49,0 \pm 0,5^*$	24,1
А/Г индекс	0,55–1,1	$0,75 \pm 0,1$	$0,62 \pm 0,1$		$0,28 \pm 0,01$	
Общий белок, г/л	69–98	$69 \pm 0,7$	$69,3 \pm 0,7$	0,4	$62,9 \pm 0,9$	8,8
Кальций, ммоль/л	2,6–3,7	$8,7 \pm 0,5$	$8,5 \pm 0,4$	2,3	$7,1 \pm 0,3^*$	18,4
Фосфор, ммоль/л	5,8–8,2	$5,5 \pm 0,35$	$7,0 \pm 0,8^{**}$	27,3	$5,0 \pm 0,3$	9,1
Ca/P	0,5–0,6	1,6	$1,2^{**}$	25	1,4	12,5

* $P < 0,1$; ** $P < 0,01$.

Table 2
Some biochemical parameters of rat blood serum

Indicators	Standard interval	Background values (intact animals), $n = 10$	Experimental group (mineral adaptogen and immunosuppression), $n = 10$	%	Control group (immunosuppression), $n = 10$	%
Albumins, g/l	30–43	29.5 ± 0.8	26.5 ± 0.7	10.2	$13.9 \pm 0.6^{**}$	52.9
Globulins, g/l	39–55	39.5 ± 0.5	42.8 ± 0.5	8.4	$49.0 \pm 0.5^*$	24.1
A/G index	0.55–1.1	0.75 ± 0.1	0.62 ± 0.1		0.28 ± 0.01	
Total protein, g/l	69–98	69 ± 0.7	69.3 ± 0.7	0.4	62.9 ± 0.9	8.8
Calcium, mmol/l	2.6–3.7	8.7 ± 0.5	8.5 ± 0.4	2.3	$7.1 \pm 0.3^*$	18.4
Phosphorus, mmol/l	5.8–8.2	5.5 ± 0.35	$7.0 \pm 0.8^{**}$	27.3	5.0 ± 0.3	9.1
Ca/P	0.5–0.6	1.6	1.2^{**}	25	1.4	12.5

* $P < 0,1$; ** $P < 0,01$.

Оценку иммунитета у крыс контрольной и опытной групп проводили по определению уровня интерлейкинов 2 и 4, а также по их соотношению (индекс ИЛ-2/ИЛ-4) (таблица 1).

Введение препаратов вызвало изменение цитокинового профиля. Так, при индуцированной иммуносупрессии индекс ИЛ-2/ИЛ-4 в контрольной группе в 10 раз превышает фоновые значения, то есть в группе с индуцированной иммуносупрессией у интактных животных сохраняется цитокиновый дисбаланс. При аналогичной иммуносупрессии на фоне скармливания минерального адаптогена индекс ИЛ-2/ИЛ-4 превышает соотношение в интактном состоянии в 3 раза, то есть минеральный адаптоген нормализует этот дисбаланс, приближаясь к контрольным значениям, при искусственно индуцированной иммуносупрессии индекс ИЛ-2/ИЛ-4 превысил исходный уровень на 20 %, а в сравнении с интактными животными – в 4 раза. То есть минеральный адаптоген при индуцированной иммуносупрессии проявил себя как иммуномодулятор, стимулируя ИЛ-2 и снижая ИЛ-4.

Выявленные изменения в иммунологическом профиле у исследуемых групп животных подтверждают развитие иммуносупрессии.

По результатам исследования сыворотки крови крыс на биохимические показатели было выявлено,

что после скармливания минерального адаптогена и искусственно индуцированной иммуносупрессии снижаются показатели альбумина на 10,2 %. У крыс опытной группы после скармливания МА снизился показатель кальция на 2,3 %, повысилось содержание: глобулина на 8,4 %, общего белка – на 0,4 %, фосфора – на 27,3 %.

После иммуносупрессии у животных опытной группы отмечали повышение уровня глобулина на 8,9 %, общего белка – на 1,3 %, фосфора – на 40 % и снижение показателей: альбумина на 8,8 %, кальция – на 4,6 %.

В контрольной группе отмечали повышение уровня глобулина на 24,1 %, остальные показатели были снижены в сравнении с фоновыми значениями.

Из данных таблицы 2 видно, что на фоне иммуносупрессии у крыс контрольной группы уменьшались показатели уровней: альбумина на 52,9 %, общего белка – на 8,8 %, кальция – на 18,4 %, фосфора – на 9,1 %.

Минеральный адаптоген в условиях искусственно индуцированной иммуносупрессии оказал влияние на стимуляцию Т-клеточного звена иммунитета (на корковую зону тимуса, Т-зависимые центры в фолликулах селезенки и пролиферацию лимфоцитов в Т-зависимых периартериальных зонах в виде «муфт»).

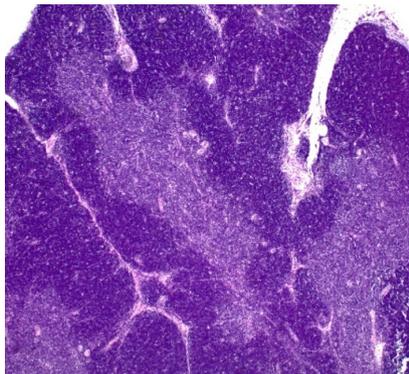


Рис. 1. Тимус. Контрольная группа: интактные крысы до иммуносупрессии. Окраска гематоксилином и эозином. Ув. ×400

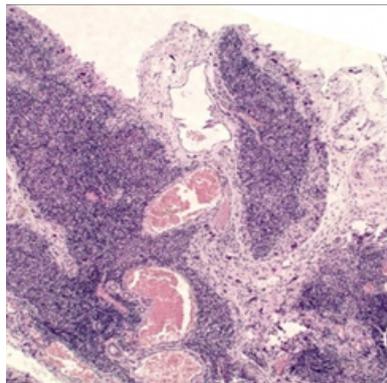


Рис. 2. Тимус. Контрольная группа: интактные крысы после иммуносупрессии. Окраска гематоксилином и эозином. Ув. ×400

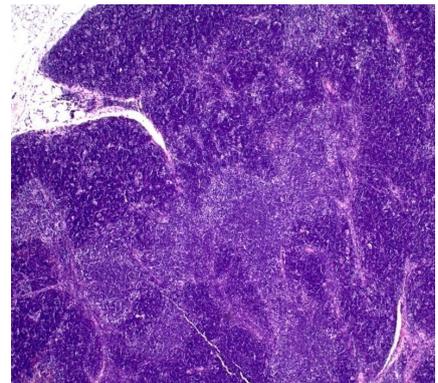


Рис. 3. Тимус. Опытная группа после иммуносупрессии. Окраска гематоксилином и эозином. Ув. ×400

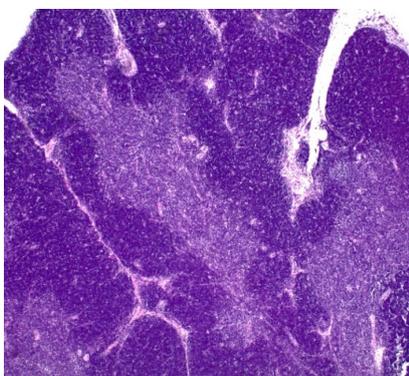


Fig. 1. Thymus. Control group: intact rats before immunosuppression. Staining by hematoxylin and eosin. 400x magnification

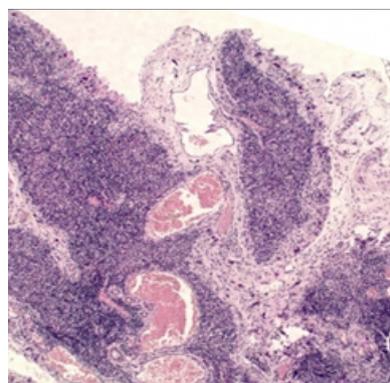


Fig. 2. Thymus. Control group: intact rats after immunosuppression. Staining by hematoxylin and eosin. 400x magnification

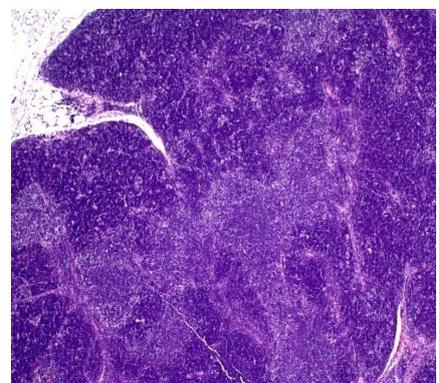


Fig. 3. Thymus. Experimental group after immunosuppression. Staining by hematoxylin and eosin. 400x magnification

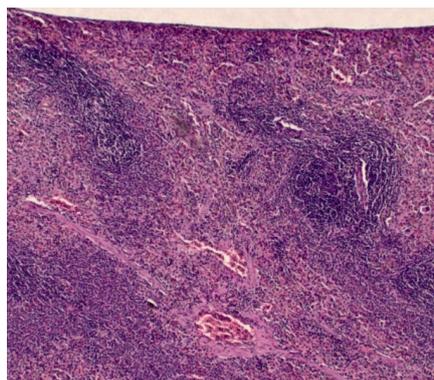


Рис. 4. Селезенка. Контрольная группа. Окраска гематоксилином и эозином. Ув. $\times 400$

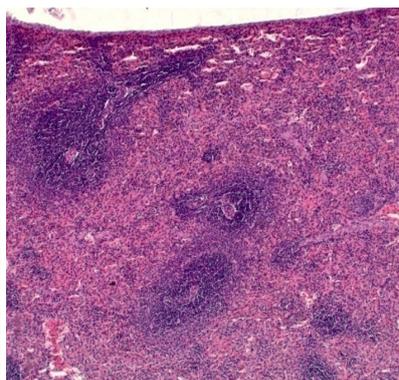


Рис. 5. Селезенка. Контрольная группа крыс после иммуносупрессии. Окраска гематоксилином и эозином. Ув. $\times 400$

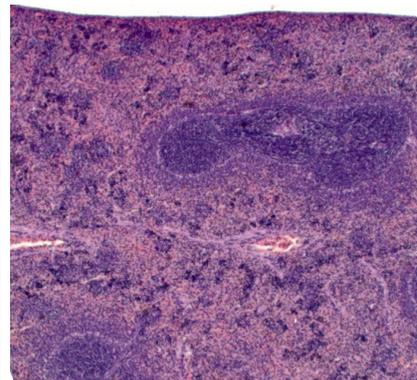


Рис. 6. Селезенка. Опытная группа после иммуносупрессии. Окраска гематоксилином и эозином. Ув. $\times 400$

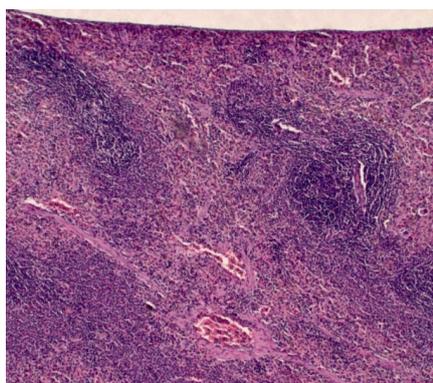


Fig. 4. Spleen. Control group. Staining by hematoxylin and eosin. 400x magnification

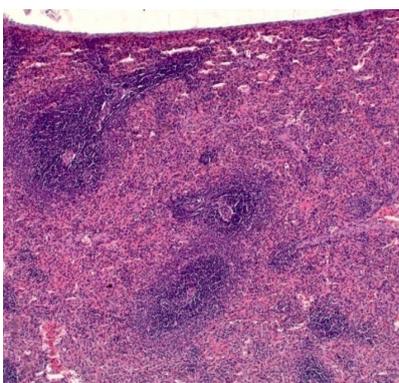


Fig. 5. Spleen. Control group of rats after immunosuppression. Staining by hematoxylin and eosin. 400x magnification

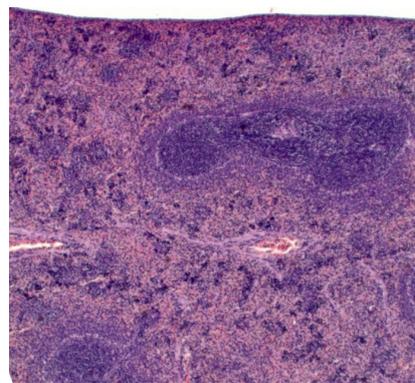


Fig. 6. Spleen. Experimental group after immunosuppression. Staining by hematoxylin and eosin. 400x magnification

При микроскопическом исследовании органов иммунной системы всех уровней были установлены следующие изменения: при анализе структурных изменений в центральном органе иммунной системы (тимусе) и периферических органах иммунной системы (селезенке и периферических лимфатических узлах) получены синхронные гистоизменения.

У крыс контрольной группы капсула тимуса не утолщена, в паренхиме тимуса просматриваются тонкие прослойки соединительной ткани, которые делят тимус на дольки. В дольках хорошо просматривается корковое и мозговое вещества. Корковая зона представлена лимфоидными клетками, на гистологических препаратах выглядит более темноокрашенной. Более светлое мозговое вещество представлено рыхло лежащими лимфоцитами, также среди мозгового вещества определяются эпителиальные тельца (тельца Гассалья). Очаги опустошения в тимусе отсутствуют (рис. 1).

В контрольной группе интактных крыс после индуцированной иммуносупрессии выявлена гипоплазия тимуса (рис. 2). В большом количестве присутствует жировая ткань, среди которой определяется ткань тимуса. Гистоархитектоника тимуса резко нарушена, имеются обширные участки опустошения лимфоидной ткани, строма оголена, соединительнотканые прослойки между дольками расширены, раз-

волоknены, содержат тучные клетки. Капсула тимуса утолщена.

В опытной группе крыс, получавших в корм минеральный адаптоген индуцированная иммуносупрессия не вызвала существенных морфологических изменений в тимусе (рис. 3).

В тимусе сохраняются дольчатое строение и дифференциация на корковое и мозговое вещество. Соединительнотканые перегородки между дольками тонкие. Очагов лимфоидного опустошения не выявлено. Среди лимфоидной ткани определяются тельца Гассалья.

У интактных крыс контрольной группы до иммуносупрессии строение селезенки соответствовало гистологической норме: белая пульпа представлена лимфатическими фолликулами (узелками) примерно одинаковых размеров с четкой зональностью, имеются небольшие периферические центры (вокруг центральных артерий), четкий, выраженный, темноокрашенный центр размножения, периферическая мантийная и краевая зоны. Красная пульпа представлена синусоидами, заполненными кровью (рис. 4).

У интактных крыс контрольной группы после индуцированной иммуносупрессии структура селезенки нарушена за счет атрофии белой пульпы. Лимфатические фолликулы редкие, небольших размеров, мантийная зона сужена. Красная пульпа расширена (рис. 5).

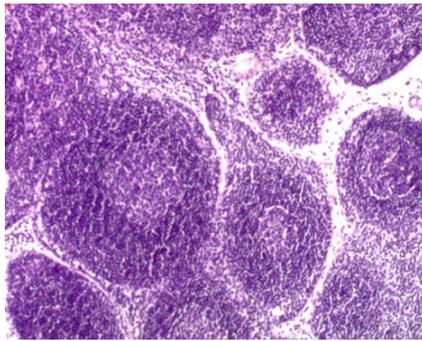


Рис 7. Лимфатический узел. Группа интактных животных до проведения иммуносупрессии. Окраска гематоксилином и эозином. Ув. ×400

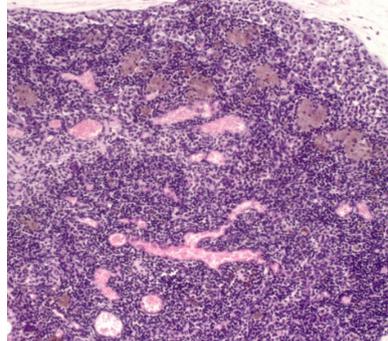


Рис 8. Лимфатический узел. Контрольная группа: интактные крысы после иммуносупрессии. Окраска гематоксилином и эозином. Ув. ×400

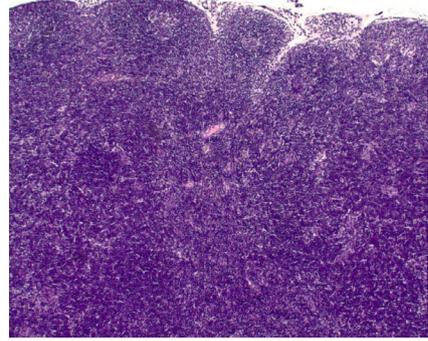


Рис 9. Лимфатический узел. Опытная группа после иммуносупрессии. Окраска гематоксилином и эозином. Ув. ×400

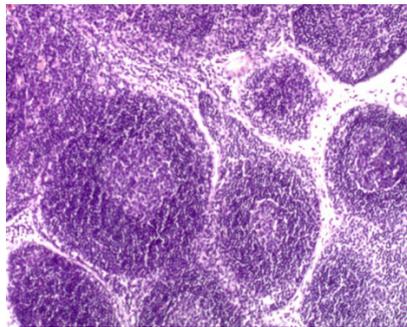


Fig. 7. The lymph node. A group of intact animals before immunosuppression. Staining by hematoxylin and eosin. 400x magnification

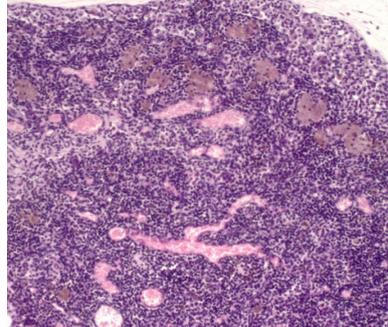


Fig. 8. The lymph node. The control group intact rats after immunosuppression. Staining by hematoxylin and eosin. 400x magnification

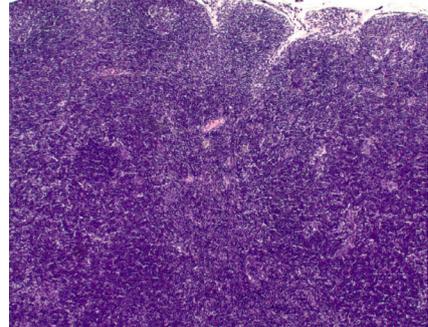


Fig. 9. The lymph node. The experimental group after immunosuppression. Staining by hematoxylin and eosin. 400x magnification

В опытной группе крыс, получавших в корм минеральный адаптоген, после индуцированной иммуносупрессии строение селезенки в целом сохранено (рис. 6), фолликулы белой пульпы крупные, центры фолликулов расширены, имеются множественные небольшие лимфоидные скопления вдоль периартериальных лимфатических влагалещ. Аналогичные изменения выявлены и в других периферических органах иммунной системы (лимфатические узлы).

В контрольной группе крыс (интактные животные) до иммуносупрессии фолликулы лимфатических узлов имели зональность, в некоторых заметны признаки фолликулярной гиперплазии (рис. 7).

В группе контрольных животных после индуцированной иммуносупрессии нарушена микроструктура лимфатических узлов, отсутствует деление на корковый и мозговой слои, заметна атрофия лимфоидных фолликулов, расширение паракортикальной зоны и участки опустошения (рис. 8).

В опытной группе крыс, получавших в корм минеральный адаптоген, после индуцированной иммуносупрессии в лимфатических узлах признаков атрофии лимфоидной ткани нет, в корковом веществе определяются множественные небольшие лимфатические фолликулы в стадии формирования центра размножения (II стадия) или с мелкими светлыми центрами, окруженные небольшой темной зоной (III стадия). Отмечено расширение паракортикальной зоны (рис. 9).

Для объективизации выявленных при световой микроскопии морфологических изменений в органах иммунной системы проведен морфометрический анализ по группам. Результаты представлены в таблицах 3–5. Как видно из таблицы 3, в группе животных с индуцированной иммуносупрессией через две недели в селезенке сохраняется угнетение белой пульпы.

Средний диаметр фолликулов белой пульпы (таблица 4) в контрольной группе после искусственно индуцированной иммуносупрессии значительно ниже (на 68 %), чем в контрольной группе интактных животных до иммуносупрессии, и на 55 % меньше, чем в опытной группе, постоянно получавшей минеральный адаптоген в корме.

В опытной группе животных с индуцированной иммуносупрессией и постоянно получавших с кормом минеральный адаптоген морфометрические показатели белой пульпы селезенки ближе к показателям (на 18 % выше) интактных животных контрольной группы (до иммуносупрессии). Следует отметить, что показатели размеров белой пульпы селезенки крыс из контрольной группы и животных из опытной группы, получавших с кормом минеральный адаптоген, показывают похожую степень развития органа (при скармливании минерального адаптогена этот показатель оказался выше только на 11 %).

Соотношение удельной доли белой и красной пульпы селезенки, % (по сетке Автандилова при стократном увеличении)

Группа	Процент белой пульпы	Процент красной пульпы	Процент стромы, сосуды	Соотношение красной и белой пульпы
Контрольная (интактные до иммуносупрессии), $n = 6$	$35,8 \pm 12,6$	$64,5 \pm 12,4$	$0,7 \pm 0,1$	1,8
Контрольная (интактные после иммуносупрессии), $n = 6$	$16,9 \pm 7,5^{**}$	$70,7 \pm 15,9^{**}$	$10,0 \pm 4,5^{**}$	$4,1^{**}$
Опытная (после иммуносупрессии), минеральный адаптоген постоянно, $n = 6$	$33,0 \pm 9,1$	$66,0 \pm 8,5$	$2,8 \pm 2,3^{**}$	2,0

* $P < 0,1$; ** $P < 0,01$.

Table 3

The ratio of the specific fraction of white and red pulp of the spleen, % (according to the Avtandilov grid at a hundredfold increase)

Group	Percentage of white pulp	Percentage of red pulp	Percentage of stroma, vessels	Red/white pulp ratio
Control (intact before the start), $n = 6$	35.8 ± 12.6	64.5 ± 12.4	0.7 ± 0.1	1.8
Control (intact after immunosuppression), $n = 6$	$16.9 \pm 7.5^{**}$	$70.7 \pm 15.9^{**}$	$10.0 \pm 4.5^{**}$	4.1^{**}
Experimental (mineral adaptogen permanently, after immunosuppression), $n = 6$	33.0 ± 9.1	66.0 ± 8.5	$2.8 \pm 2.3^{**}$	2.0

* $P < 0,1$; ** $P < 0,01$.

Таблица 4

Морфометрические показатели состояния белой пульпы селезенки (средний диаметр фолликулов)

Группа	Диаметр фолликулов, мкм	Диаметр центра фолликулов, мкм
Контрольная (интактные до иммуносупрессии), $n = 6$	$413,7 \pm 135,1$	$234,0 \pm 76$
Контрольная (интактные после иммуносупрессии), $n = 6$	$186,3 \pm 70^{**}$	$134,5 \pm 50,9^{**}$
Опытная (минеральный адаптоген постоянно, после иммуносупрессии), $n = 6$	$488,6 \pm 104,3^*$	$329,5 \pm 104,3^{**}$

* $P < 0,1$; ** $P < 0,01$.

Table 4

Morphometric indicators of the condition of the white pulp of the spleen (the average diameter of the follicles)

Group	Follicle diameter, microns	Diameter of the center of the follicles, microns
Control (intact before the start), $n = 6$	413.7 ± 135.1	234.0 ± 76
Control (intact after immunosuppression), $n = 6$	$186.3 \pm 70^{**}$	$134.5 \pm 50.9^{**}$
Experimental (mineral adaptogen permanently, after immunosuppression), $n = 6$	$488.6 \pm 104.3^*$	$329.5 \pm 104.3^{**}$

* $P < 0,1$; ** $P < 0,01$.

Введение в рацион опытными крысам минерально-адаптогена оказывает стимулирующий эффект на белую пульпу селезенки.

Из таблицы 5 видно, что в контрольной группе животных после иммуносупрессии толщина коркового вещества тимуса уменьшается на 47 % по сравнению с таковой у интактных животных до иммуносупрессии и на 49,5 % по сравнению с таковой у крыс опытной группы. Увеличиваются эпителиальные структуры более чем в 2 раза и зона сосудов более чем в 7–8 раз.

Таким образом, при морфологическом исследовании органов иммунной системы у опытных животных выявлено, что через 14 дней после индуцированной иммуносупрессии в центральных и периферических органах иммунной системы сохраняются существенные структурные изменения в виде атрофии лимфоидной ткани: в тимусе, селезенке, лимфатических узлах и внутриорганных лимфатических образованиях. При иммуносупрессии в тимусе происходит резкая атрофия лимфоидной ткани вплоть до акцидентальной атрофии; в селезенке – атрофия белой пульпы с

уменьшением среднего диаметра лимфоидных фолликулов, снижение удельной доли белой и увеличение удельной доли красной пульпы селезенки по сравнению с таковыми к интактных животных из контрольной группы до проведения иммуносупрессии; в лимфоузлах – гипоплазия.

У животных опытной группы, постоянно получавших в корм минеральный адаптоген, через две недели после индуцированной иммуносупрессии строение тимуса, селезенки и лимфатических узлов в целом сохранено, имеются признаки компенсаторной гиперплазии белой пульпы в селезенке в виде формирования множественных лимфоидных скоплений вдоль периартериальных лимфатических влагаллищ; в лимфатических узлах в виде появления в корковом веществе мелких лимфатических узелков во II–III стадии развития. Выявленные при световой микроскопии морфологические изменения в органах иммунной системы подтверждены данными морфометрического анализа.

Всякое нарушение микроклимата, изменение микробного фона или инфицирование воздуха различными патогенами приводит к развитию стресс-

реакции и проявлению воспалительной реакции в паренхиме легких и развитию вторичной пневмонии, бронхопневмонии и т. д.

При исследовании легких – органов, осуществляющих постоянный газообмен и находящихся в непосредственном контакте с внешней средой, – устанавливали состояние лимфоидных структур в перибронхиальных пространствах.

Анализ состояния лимфоидной ткани в легких (перибронхиальная лимфоидная ткань, ассоциированная с бронхо-легочной системой) показал, что изменения аналогичны по сравнению с микроструктурой в контрольной группе до искусственно индуцированной иммуносупрессии (рис. 10–12).

В группе контрольных животных до проведения иммуносупрессии ткань легкого не отличалась по микроструктуре от ткани здоровых животных. В легочной ткани хорошо развита перибронхиальная лимфоидная ткань (рис. 10). После иммуносупрессии в контрольной группе отмечали резкую атрофию перибронхиальной лимфоидной ткани в виде лимфоидного опустошения в перибронхиальных пространствах (рис. 11).

Таблица 5
Микроструктура тимуса, удельная доля коркового и мозгового вещества, % (по сетке Автандилова при стократном увеличении)

Группа	Корковое вещество	Мозговое вещество	Эпителиальные структуры	Строма	Сосуды
Контрольная (интактные до иммуносупрессии), n = 6	82,3 ± 5,5	14,1 ± 5,1	2,0 ± 1,9	1,0 ± 1,6	0
Контрольная (интактные после иммуносупрессии), n = 6	38,7 ± 8,4**	14,3 ± 6,3	6,2 ± 5,2**	32,0 ± 13,2**	8,8 ± 6,0**
Опытная (минеральный адаптоген постоянно, после иммуносупрессии), n = 6	78,2 ± 8,0	14,8 ± 6,1	2,8 ± 2,0	3,5 ± 2,7**	0,5 ± 1,5

*P < 0,1; **P < 0,01.

Table 5
The microstructure of the thymus, the specific proportion of cortical and cerebral matter, % (according to the Avtandilov grid at a hundredfold increase)

Group	Cortical substance	Brain matter	Epithelial structures	Stroma	Vessels
Control (intact before the start), n = 6	82.3 ± 5.5	14.1 ± 5.1	2.0 ± 1.9	1.0 ± 1.6	0
Control (intact after immunosuppression), n = 6	38.7 ± 8.4**	14.3 ± 6.3	6.2 ± 5.2**	32.0 ± 13.2**	8.8 ± 6.0**
Experimental (mineral adaptogen permanently, after immunosuppression), n = 6	78.2 ± 8.0	14.8 ± 6.1	2.8 ± 2.0	3.5 ± 2.7**	0.5 ± 1.5

*P < 0,1; **P < 0,01.

Таблица 6
Размер перибронхиальной лимфоидной ткани в легких, мкм² (M ± m)

Группа	Контрольная (до иммуносупрессии), n = 6	Контрольная (после иммуносупрессии), n = 6	Опытная (после иммуносупрессии), n = 6
Площадь перибронхиальной лимфоидной ткани, мкм ²	684611,0 ± 120,0	20,0 ± 5,0**	458798,5 ± 117,0**

*P < 0,1; **P < 0,01.

Table 6
The size of peribronchial lymphoid tissue in the lungs, μm² (M ± m)

Group	Control (before immunosuppression), n = 6	Control (after immunosuppression), n = 6	Experienced (after immunosuppression), n = 6
Area of peribronchial lymphoid tissue, mcm ²	684611.0 ± 120.0	20.0 ± 5.0**	458798.5 ± 117.0**

*P < 0,1; **P < 0,01.

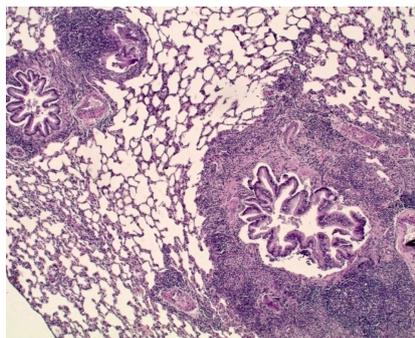


Рис.10. Легкие. Контрольная группа. Интактное животное. Окраска гематоксилином и эозином. Ув. $\times 400$

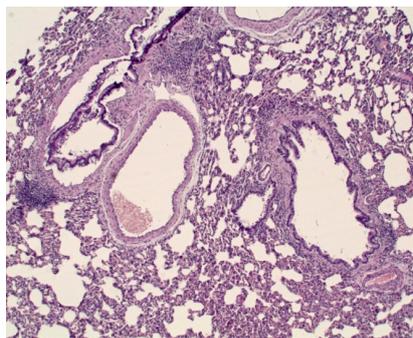


Рис. 11. Легкие. Контрольная группа после иммуносупрессии. Окраска гематоксилином и эозином. Ув. $\times 400$

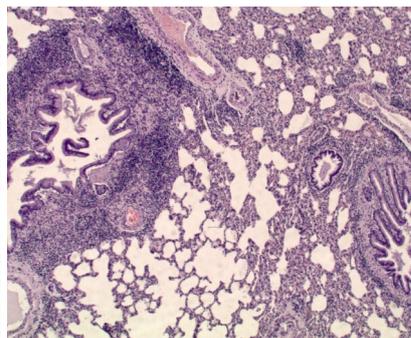


Рис. 12. Легкие. Опытная группа после иммуносупрессии. Окраска гематоксилином и эозином. Ув. $\times 400$

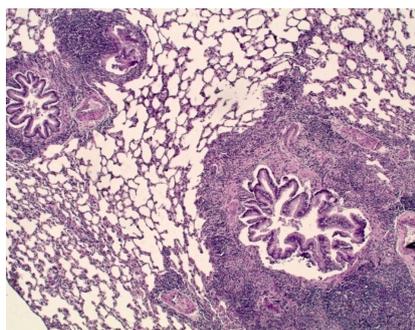


Fig. 10. Lungs. Control group. An intact animal. Staining by hematoxylin and eosin. 400x magnification

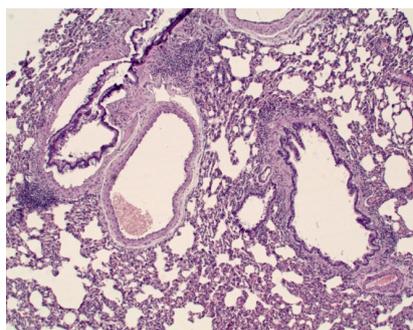


Fig. 11. Lungs. Control group after immunosuppression. Staining by hematoxylin and eosin. 400x magnification

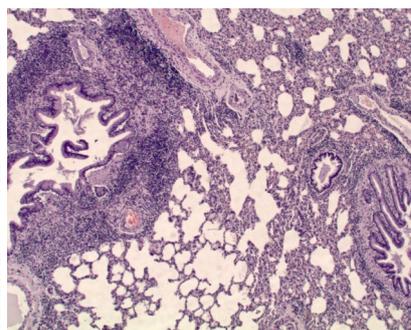


Fig. 12. Lungs. The experimental group after immunosuppression. Staining by hematoxylin and eosin. 400x magnification

В опытной группе с постоянным использованием в корме минерального адаптогена после иммуносупрессии отмечали, что локальная перибронхиальная иммунная система легких была представлена неравномерно выраженными перибронхиальными лимфоидными скоплениями (рис. 12).

Для объективизации выявленных при световой микроскопии морфологических изменений в органах иммунной системы в группах сравнения проведен морфометрический анализ. Результаты представлены в таблице 6.

Как видно из таблицы 6, в группе животных с индуцированной иммуносупрессией через 14 дней в легких сохраняется атрофия перибронхиальной лимфоидной ткани.

В группе животных, получавших в корм минеральный адаптоген, через 14 дней после индуцированной иммуносупрессии размер перибронхиальной лимфоидной ткани ниже, чем в контрольной группе до иммуносупрессии, но достоверно выше, чем у животных контрольной группы после индуцированной иммуносупрессии.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Одновременное введение в организм экспериментальных животных препаратов дексаметазона и гидрокортизона ацетата вызывает развитие иммуносупрессивного состояния, что подтверждается изменениями цитокинового индекса и биохимического статуса. При этом отмечены структурные изменения в микроморфологии органов иммунной системы экспериментальных животных. У крыс контрольной

группы через две недели после индуцированной иммуносупрессии в центральных и периферических органах иммунной системы сохраняются существенные структурные изменения в виде атрофии лимфоидной ткани в органах иммунной системы всех уровней.

При воспроизведении иммуносупрессивного состояния у интактных крыс контрольной группы в органах иммунной системы развиваются резкая атрофия лимфоидной ткани в тимусе, селезенке, гипоплазия в лимфоузлах и внутриорганных лимфатических образованиях (перибронхиальная лимфоидная ткань).

У животных, получавших в корм минеральный адаптоген, через две недели после индуцированной иммуносупрессии в органах иммунной системы всех уровней микроморфологически имеются все признаки компенсаторной гиперплазии, что подтверждено данными морфометрического анализа.

В результате анализа полученные данные исследований показали, что скормливание с кормом минерального адаптогена животным сопровождалось повышением неспецифической реактивности организма и улучшением адаптации иммунной системы к отрицательным воздействиям внешних иммуносупрессивных факторов.

В эксперименте на крысах изучено влияние минерального адаптогена, являющегося хорошо зарекомендовавшим себя источником микро- и макроэлементов, на состояние иммунной системы в условиях иммуносупрессии. Введение в корм минерального адаптогена сопровождалось увеличением в крови животных уровня альбуминов и глобулинов на фоне

увеличения общего количества белка, при этом их соотношение соответствовало фоновым значениям у интактных животных, что является показателем активизации иммунитета, в то время как у животных на фоне индуцированной иммуносупрессии достоверно снижается уровень альбуминов и повышается уровень глобулинов, что свидетельствует об угнетении иммунной системы и снижении иммунитета. Эти изменения в крови животных подтверждаются изменениями в микроструктуре органов иммунной системы.

Улучшение морфофункционального состояния центральных и периферических звеньев иммунной системы организма оказывает положительное влияние на иммунные реакции в организме животных в целом.

Установлено, что применение в корм минерального адаптогена имеет механизм положительного биологического воздействия на иммунную систему и требует дальнейшего изучения.

Проанализировав полученные результаты можно сделать следующие выводы:

1. Моделирование иммуносупрессии в эксперименте на крысах с однократным внутримышечным введением дексаметазона в дозе 0,5 мг и суспензии гидрокортизона ацетата 2,5 % в дозе 20 мг на 100,0 г

живой массы тела крысы оказало пролонгированное иммуносупрессивное действие на центральные (тимус) и периферические (селезенка) органы иммунной системы, а также локальные внутриорганные лимфоидные образования в которых отмечены выраженные морфологические изменения, сохранявшиеся на протяжении 14 дней исследования.

2. Использование минерального адаптогена как профилактического средства при индуцированной иммуносупрессии сопровождалось улучшением иммунобиохимических показателей.

3. В эксперименте на крысах доказано, что при индуцированной иммуносупрессии на фоне скармливания минерального адаптогена он обладает иммуно- и органопротективным действием.

4. Скармливание минерального адаптогена при индуцированной иммуносупрессии сопровождается активизацией регенеративных процессов в иммунокомпетентных органах всех уровней (тимусе, селезенке, лимфатических узлах и внутриорганных лимфатических образованиях), что сопровождается поддержанием баланса цитокинов (ИК-2 и ИЛ-4), то есть на фоне иммуносупрессии оказывает выраженный иммуномодулирующий эффект.

Библиографический список

- Loretts O. G., Donnik I. M., Bykova O. A., Neverova O. P., Gumenyuk O. A., Shakirova S. S., Meshcheriakova G. V. Nonspecific resistance of broilers on the background of application of a herbal complex of biologically active compounds under the conditions of industrial technology // *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2018. Т. 9. No. 6. Pp. 1679–1687.
- Беспамятных Е. Н., Кривоногова А. С., Донник И. М., Исаева А. Г. Подходы к коррекции иммунобиологического профиля животных // *Ветеринария Кубани*. 2018. № 5. С. 10–13.
- Donnik I. M., Loretts O. G., Barashkin M. I., Sadovnikov N. V., Shusharin A. D., Elesin A. V., Semenova N. N. Reviewing the influence of copper, lead and zinc accumulation on the morphofunctional liver and kidney state in broiler chickens under experimental toxicosis // *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2018. Т. 9. No. 6. Pp. 859–873.
- Донник И. М., Неверова О. П., Горелик О. В. Качество молозива и сохранность телят в условиях использования природных энтеросорбентов // *Аграрный вестник Урала*. 2016. № 7 (149). С. 4–8.
- Бодрова О. С., Донник И. М. Применение иммуномодулирующих препаратов к сухим и сухостойным коровам с тяжелым иммунодефицитом // *Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство*. 2016. № 2. С. 48–59.
- Шацких Е. В., Латыпова Е. Н., Несват Е. Г., Кобурнеев И. В. Использование антистрессовых препаратов в яичном птицеводстве: монография. Екатеринбург: Издательство Уральского ГАУ, 2016. 202 с.
- Cecchini S., Rossetti M., Caputo A., Bavoso A. Effect of dietary inclusion of a commercial polyherbal Formulation on some physiological and immune parameters in healthy and stressed hens [e-resource] // *Czech Journal of Animal Science*. 2019. No. 64. Pp. 448–458. URL: https://www.agriculturejournals.cz/web/cjas.htm?type=article&id=189_2019-CJAS (date of reference: 12.12.2020). DOI: 10.17221/189/2019-CJAS.
- Cecchini S., Rossetti M., Di Tomaso F., Caputo A. R. Evaluation of the effects of dexamethasone induced stress on levels of natural antibodies in immunized laying hens // *Veterinary Immunology and Immunopathology*. 2016. Vol. 177. Pp. 35–41.
- Dhama K., Latheef S. K., Mani S., Samad H. A., Karthik K., Tiwari R., Khan R., Alagawany M., Farag M. R., Alam G. M., Laudadio V., Tufarelli V. Multiple beneficial applications and modes of action of herbs in poultry health and production – A review // *International Journal of Pharmacology*. 2015. No. 11. Pp. 152–176.
- Mamta J. K. K. Protective effects of *Tinospora condifolia* on clinical manifestations of experimental colibacillosis in broiler chicken // *Haryana Veterinarian*. 2016. Vol. 55. Pp. 145–148.
- Mirfendereski E., Jahanian R. Effects of dietary organic chromium responses, blood metabolites, and stress status of laying hens subjected to high stocking density // *Poultry Science*. 2015. Vol. 94. Pp. 281–288.
- Дрозд М. Н., Усевич В. М. Морфологическая оценка эффективности кормовой минеральной добавки в профилактике болезней органов пищеварения в период активного роста у цыплят-бройлеров // *Разработка отечественных ветеринарных препаратов и способов профилактики и лечения заболеваний сельскохозяйствен-*

ных животных и птиц: сборник материалов международной научно-практической конференции «Стратегические задачи по научно-технологическому развитию АПК». Екатеринбург, 2018. С. 116–121.

13. Галиев Д. М., Шацких Е. В. Влияние кормовой добавки БШ на мясную продуктивность цыплят-бройлеров // Производство племенной продукции (материала) по направлениям отечественного племенного животноводства на основе ускоренной селекции: сборник материалов международной научно-практической конференции «Стратегические задачи по научно-технологическому развитию АПК». Екатеринбург, 2018. С. 33–37.

14. Кундрюкова У. И., Дроздова Л. И. Ветеринарно-санитарная и морфологическая оценка мускулатуры бедренной и грудной групп мышц цыплят-бройлеров с низшей категорией упитанности // Научная жизнь. 2018. № 12. С. 222–231.

15. Шацких Е. В., Галиев Д. М. Минеральный сорбент в комбикормах для цыплят-бройлеров // Птицеводство. 2018. № 11-12. С. 45–49.

16. Царегородцева А. Е., Валамина И. Е., Усевич В. М. Морфо-функциональные характеристики иммунной системы при индуцированной иммуносупрессии в эксперименте // Актуальные вопросы современной медицинской науки и здравоохранения: сборник статей IV Международной (74 Всероссийской) научно-практической конференции. Екатеринбург, 2019. С. 1192–1196.

Об авторе:

Марья Николаевна Дрозд¹, ассистент кафедры инфекционной и незаразной патологии, ORCID 0000-0001-2345-6789, AuthorID 843196; +7 904 542-58-23, umn100@yandex.ru

¹ Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

The effectiveness of mineral adaptogen in experimental immunosuppression

M. N. Drozd¹✉

¹ Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

✉E-mail: umn100@yandex.ru

Abstract. Modern conditions of animal husbandry and poultry farming dictate a continuous search for effective means that increase the natural resistance of the organism of farm animals and poultry. **The purpose of the study.** In this regard, an experimental study was conducted on laboratory animals using a mineral adaptogen of domestic production in order to determine its effectiveness in conditions of artificially induced immunosuppression. The objectives of the study were to determine the immunobiochemical status, subcellular and intra-organ changes in the organs of the immune system at all levels. **Research methods.** Experimental studies were carried out using generally accepted zootechnical, pathomorphological, histological, immunobiochemical and statistical research methods. **Results.** Immunobiochemical changes in the body of experimental animals are described. Microscopic changes at the level of tissues and cells in the organs of the immune system at all levels are described. Changes in the organs of the immune system during immunosuppression and against the background of feeding mineral adaptogen are described. Morphological examination of the immune system organs in experimental animals revealed prolonged immunosuppressive changes for 14 days. At the same time, after induced immunosuppression, significant structural changes remain in the central and peripheral organs of the immune system in the form of lymphoid tissue atrophy (in the thymus, both in the organ of central immunogenesis and in the organs of the peripheral immune system – the spleen and lymph nodes and intra-organ lymph formations). During histological studies, the structure of cells and tissues, when using a mineral adaptogen, was more morphologically mature and was in a functionally active state, and dystrophic and necrotic processes were observed in the control group. The conducted studies convincingly prove the effect of mineral adaptogen on increasing natural resistance and its immunoprotective properties. **Scientific novelty.** For the first time in experimental conditions, a simultaneous assessment of the immunobiochemical parameters of the blood of laboratory animals and a microscopic examination of the organs of the immune system at all levels with morphometric analysis of the data obtained were given. As a result of the conducted studies, the immunoprotective effect of feeding the mineral adaptogen was proved and the immunomodulatory effect was morphometrically confirmed.

Keywords: adaptogens, morphometry, histology, immune system organs, blood immunology, blood biochemistry, respiratory organs, immunocompetent system.

For citation: Drozd M. N. Effektivnost' mineral'nogo adaptogena v usloviyakh eksperimental'noy immunosupressii [The effectiveness of mineral adaptogen in experimental immunosuppression] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2021. No. 12 (215). Pp. 29–40. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-215-12-29-40. (In Russian.)

Date of paper submission: 18.10.2021, **date of review:** 28.10.2021, **date of acceptance:** 08.11.2021.

References

1. Loretts O. G., Donnik I. M., Bykova O. A., Neverova O. P., Gumenyuk O. A., Shakirova S. S., Meshcheriakova G. V. Nonspecific resistance of broilers on the background of application of a herbal complex of biologically active compounds under the conditions of industrial technology // *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2018. T. 9. No. 6. Pp. 1679–1687.
2. Bespamyatnykh E. N., Krivonogova A. S., Donnik I. M., Isaeva A. G. Podkhody k korrektsii immunobiologicheskogo profilya zhyvotnykh [Approaches to correction of the immunobiological profile of animals] // *Veterinariya Kubani*. 2018. No. 5. Pp. 10–13. (In Russian.)
3. Donnik I. M., Loretts O. G., Barashkin M. I., Sadovnikov N. V., Shusharin A. D., Elesin A. V., Semenova N. N. Reviewing the influence of copper, lead and zinc accumulation on the morphofunctional liver and kidney state in broiler chickens under experimental toxicosis // *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*. 2018. T. 9. No. 6. Pp. 859–873.
4. Donnik I. M., Neverova O. P., Gorelik O. V. Kachestvo moloziva i sokhrannost' telyat v usloviyakh ispol'zovaniya prirodnykh enterosorbentov [The quality of colostrum and the safety of calves under the conditions of using natural enterosorbents] // *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2016. No. 7 (149). Pp. 4–8. (In Russian.)
5. Bodrova O. S., Donnik I. M. Primenenie immunomoduliruyushchikh preparatov k sukhim i sukhostoynym korovam s tyazhelym immunodefitsitom [Application of immunomodulatory drugs to dry and dry-resistant cows with severe immunodeficiency] // *Kormlenie sel'skokhozyaystvennykh zhyvotnykh i kormoproizvodstvo*. 2016. No. 2. Pp. 48–59. (In Russian.)
6. Shatskikh E. V., Latypova E. N., Nesvat E. G., Koburneev I. V. Ispol'zovanie antistressovykh preparatov v yaichnom ptitsevodstve: monografiya [The use of anti-stress drugs in egg poultry farming: monograph]. Ekaterinburg: Izdatel'stvo Ural'skogo GAU, 2016. 202 p. (In Russian.)
7. Cecchini S., Rossetti M., Caputo A., Bavoso A. Effect of dietary inclusion of a commercial polyherbal Formulation on some physiological and immune parameters in healthy and stressed hens [e-resource] // *Czech Journal of Animal Science*. 2019. No. 64. Pp. 448–458. URL: https://www.agriculturejournals.cz/web/cjas.htm?type=article&id=189_2019-CJAS (date of reference: 12.12.2020). DOI: 10.17221/189/2019-CJAS.
8. Cecchini S., Rossetti M., Di Tomaso F., Caputo A. R. Evaluation of the effects of dexamethasone induced stress on levels of natural antibodies in immunized laying hens // *Veterinary Immunology and Immunopathology*. 2016. Vol. 177. Pp. 35–41.
9. Dhama K., Latheef S. K., Mani S., Samad H. A., Karthik K., Tiwari R., Khan R., Alagawany M., Farag M. R., Alam G. M., Laudadio V., Tufarelli V. Multiple beneficial applications and modes of action of herbs in poultry health and production – A review // *International Journal of Pharmacology*. 2015. No. 11. Pp. 152–176.
10. Mamta J. K. K. Protective effects of *Tinospora condifolia* on clinical manifestations of experimental colibacillosis in broiler chicken // *Haryana Veterinarian*. 2016. Vol. 55. Pp. 145–148.
11. Mirfendereski E., Jahanian R. Effects of dietary organic chromium responses, blood metabolites, and stress status of laying hens subjected to high stocking density // *Poultry Science*. 2015. Vol. 94. Pp. 281–288.
12. Drozd M. N., Usevich V. M. Morfologicheskaya otsenka effektivnosti kormovoy mineral'noy dobavki v profilaktike bolezney organov pishchevareniya v period aktivnogo rosta u tsyplyat-broylerov [Morphological evaluation of the effectiveness of feed mineral supplements in the prevention of diseases of the digestive system during active growth in broiler chickens] // *Razrabotka otechestvennykh veterinarnykh preparatov i sposobov profilaktiki i lecheniya zabolevaniy sel'skokhozyaystvennykh zhyvotnykh i ptits: sbornik materialov mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Strategicheskie zadachi po nauchno-tekhnologicheskomu razvitiyu APK"*. Ekaterinburg, 2018. Pp. 116–121. (In Russian.)
13. Galiev D. M., Shatskikh E. V. Vliyanie kormovoy dobavki BSh na myasnuyu produktivnost' tsyplyat-broylerov [The effect of the feed additive BS on the meat productivity of broiler chickens] // *Proizvodstvo plemennoy produktsii (materiala) po napravleniyam otechestvennogo plemennogo zhyvotnovodstva na osnove uskorennoy selektsii: sbornik materialov mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Strategicheskie zadachi po nauchno-tekhnologicheskomu razvitiyu APK"*. Ekaterinburg, 2018. Pp. 33–37. (In Russian.)
14. Kundryukova U. I., Drozdova L. I. Veterinarno-sanitarnaya i morfologicheskaya otsenka muskulatury bedrennoy i grudnoy grupp myshts tsyplyat-broylerov s nizshey kategoriei upitannosti [Veterinary-sanitary and morphological assessment of the muscles of the femoral and pectoral muscle groups of broiler chickens with the lowest category of fatness] // *Nauchnaya zhizn'*. 2018. No. 12. Pp. 222–231. (In Russian)
15. Shatskikh E. V., Galiev D. M. Mineral'nyy sorbent v kombikormakh dlya tsyplyat-broylerov [Mineral sorbent in mixed feeds for broiler chickens] // *Ptitsevodstvo*. 2018. No. 11–12. Pp. 45–49. (In Russian.)
16. Tsaregorodtseva A. E., Valamina I. E., Usevich V. M. Morfo-funktsional'nye kharakteristiki immunnoy sistemy pri indutsirovannoy immunosupressii v eksperimente // *Aktual'nye voprosy sovremennoy meditsinskoy nauki i zdravookhraneniya: sbornik statey IV Mezhdunarodnoy (74 Vserossiyskoy) nauchno-prakticheskoy konferentsii*. Ekaterinburg, 2019. Pp. 1192–1196. (In Russian.)

Authors' information:

Marya N. Drozd¹, assistant of the department of infectious and non-infectious pathology, ORCID 0000-0001-2345-6789, AuthorID 843196; +7 904 542-58-23, umn100@yandex.ru

¹ Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia