



СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

AGRICULTURE

УДК 619:539.16.04:636.32/.38

ВЛИЯНИЕ МАЛЫХ ДОЗ КОРОТКОВОЛНОВЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ НА ИММУНОБИОЛОГИЧЕСКУЮ РЕАКТИВНОСТЬ МЛЕКОПИТАЮЩИХ

Ю. А. Александров

Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола

INFLUENCE OF SMALL DOSES OF SHORT-WAVELENGTH ELECTROMAGNETIC RADIATION ON IMMUNOBIOLOGICAL REACTIVITY OF MAMMALS

Yu. A. Alexandrov

Mari State University, Yoshkar-Ola

Радиационное воздействие в малых дозах вызывало пост-лучевые изменения со стороны органов кроветворения, наблюдалось незначительное дозозависимое снижение числа лейкоцитов, в том числе лимфоцитов и нейтрофилов. При гамма-облучении в дозе 75 и 100 Р на 5–10 сутки после радиационного воздействия это снижение составляло 40–50 % от исходного уровня, а при дозе 25 и 50 Р в пределах 15–25 % от исходного состояния. На 30–60-е сутки исследования наблюдалась стабилизация как общего количества лейкоцитов, так и изменение соотношения лимфоцитов и нейтрофилов в сторону увеличения процентного содержания лимфоцитов и снижение относительного числа нейтрофилов, наблюдался в лейкограмме сдвиг нейтрофильной формулы влево, появлялись миелоидные и юные формы нейтрофилов, что свидетельствует о восстановлении лейкопоэза в красном костном мозге. Малые дозы ионизирующей радиации в диапазоне 25–100 Р при однократном радиационном воздействии стимулировали иммунобиологическую реактивность организма овец. Уровень иммуноглобулинов в сыворотке крови интактных овец колебался, эти колебания составили по Ig M от 0,400 до 0,700 мг/мл, Ig G – от 3,5 до 5,0 мг/мл, Ig A от 0,660 до 0,800 мг/мл. Уровень иммуноглобулинов класса Ig M, антител первичного иммунного ответа, повышался при однократном гамма-облучении в дозах 25, 50, 100 Р на 5–15 сутки после радиационного воздействия на 10–15 %, а концентрация антител класса Ig G и Ig A – понижалась

Radiation exposure in small doses caused post-radial changes in the hematopoietic organs. A slight dose-dependent decrease in the number of leukocytes, including lymphocytes and neutrophils was observed. At gamma irradiation at a dose of 75 and 100 R, 5–10 days after radiation exposure, this reduction was 40–50 % of the initial level, and at a dose of 25 and 50 R within 15–25 % of the initial state. On the 30th–60th days of the study there was stabilization of both the total number of leucocytes and change in the ratio of lymphocytes and neutrophils in the direction of increasing the percentage of lymphocytes and decreasing in the relative number of neutrophils. Neutrophilic shift to the left was observed in the leukogram. Myeloid and young forms of neutrophils appeared, this indicated leukopoiesis recovery in the red bone marrow. Small doses of ionizing radiation in the range of 25–100 R for a single radiation exposure stimulated immunobiological reactivity of sheep body. The level of immunoglobulins in the blood serum of the intact sheep ranged. These fluctuations amounted to Ig M from 0,400 to 0,700 mg/ml, Ig G – 3,5 to 5,0 mg/ml, Ig A from 0,660 to 0,800 mg/ml. The level of immunoglobulin Ig M, primary immune response of antibodies, increased at a single gamma-irradiation at doses of 25, 50, 100 R, 5–15 days after exposure to radiation by 10–15 %, and the concentration of the antibody of class Ig G and Ig A – decreased in the same terms by 15–30 %. A dose-dependent increase in circulating immune complexes in the blood serum of 5–20% was observed 5 days after

в те же сроки на 15–30 %. Отмечалось дозозависимое повышение уровня циркулирующих иммунных комплексов в сыворотке крови на 5–20 % на 5 сутки после радиационного воздействия. Такая динамика изменения концентрации иммуноглобулинов и ЦИК свидетельствует о проявлении в облученном организме специфической антигенной стимуляции, проявляющееся специфическим иммунным ответом по первичному (при первом радиационном воздействии) иммунному ответу. Характер иммунных реакций, сформировавшихся под воздействием малых доз гамма-излучения, показывает, что ионизирующая радиация является фактором внешней среды, повышающим иммунобиологическую реактивность животных, свидетельствует о подчинении пострadiационных реакций общебиологическому закону – явлению радиационного гормезиса.

Ключевые слова: ионизирующее излучение, малые дозы, лейкоциты, лимфоциты, гуморальный иммунитет, тканевые антигены, антителообразующие клетки, иммуноглобулины, циркулирующие иммунные комплексы, иммунобиологическая реактивность, бласттрансформация лимфоцитов, первичный и вторичный иммунный ответы

Значительный интерес в радиационной иммунологии имеет установленный феномен повышения радиорезистентности организма млекопитающих и птиц при воздействии малых доз ионизирующей радиации [2].

Исследователи отмечают повышение фагоцитарной активности нейтрофилов, увеличение общего количества иммуноглобулинпродуцирующих клеток в лимфоидных тканях, лизосома в гранулоцитах периферической крови, активацию бластной функции лимфоцитов при относительной Т- и В-лимфопении [4; 6].

Целью исследований является изучение действия малых доз ионизирующей радиации на иммунологический статус овец мясо-шерстной породы *прекос* по показателям гуморального иммунитета.

В связи с этим ставились задачи: изучить пострadiационные изменения гуморальных факторов иммунобиологической реактивности при воздействии малых доз ионизирующей радиации; установить влияние и взаимосвязь изменений клинико-гематологических проявлений и гуморальных факторов иммунобиологической реактивности при воздействии малых доз ионизирующей радиации.

Методика исследований. Исследования проводились на овцах породы *прекос*, содержащихся в условиях вивария, отвечающих зоогигиеническим требованиям. Кормление проводилось согласно рациону, принятому в виварии, по нормам с учетом возраста, физиологического состояния и сезона года.

irradiation. Such dynamics of change in the concentration of immunoglobulins and circulating immune complexes indicates the manifestation in the irradiated organism specific antigen stimulation, manifested by a specific immune response to the primary (at the first radiation exposure) immune response. The nature of the immune responses, formed under the influence of small doses of gamma radiation, shows that ionizing radiation is an environmental factor that increases immunobiological reactivity of the animals, shows subordination of post reaction of biological laws - a phenomenon of radiation hormesis.

Keywords: ionizing radiation, low doses, leukocytes, lymphocytes, humoral immunity, tissue antigens, antibody producing cells, immunoglobulins, circulating immune complexes, immunobiological reactivity, blast transformation of lymphocytes, primary and secondary immune responses

Общее гамма-облучение проводилось на гамма-установке «Пума» с источником излучения Cs-137 при мощности экспозиционной дозы облучения $0,28 \cdot 10^{-4}$ А/кг (6,40–6,57 Р/мин).

Схема опыта:

- 1 группа – биологический контроль, $n = 10$ гол.;
- 2 группа – $0,65 \cdot 10^{-2}$ Кл/кг (25 Р), $n = 10$ гол.;
- 3 группа – $1,29 \cdot 10^{-2}$ Кл/кг (50 Р), $n = 10$ гол.;
- 4 группа – $2,58 \cdot 10^{-2}$ Кл/кг (100 Р), $n = 10$ гол.

Имунобиологическую реактивность организма овец изучали:

- по динамике иммунокомпетентных клеток периферической крови – число лейкоцитов и показатели лейкоцитарной формулы определяли по общепринятым методикам;
- по титру антител к лизату собственных эритроцитов по реакции Уанье в модификации Н. Н. Клемпарской и Н. В. Раевой (1961);
- по содержанию антителообразующих клеток (АОК) в крови по методу Эрне в модификации Н. Н. Клемпарской (1969);
- по концентрации иммуноглобулинов G, M, A в сыворотке крови методом радиальной иммунодиффузии в геле по Манчини (1965);
- по уровню циркулирующих иммунных комплексов в сыворотке крови.

Результаты исследования. Гуморальные факторы иммунитета прежде всего обусловлены кооперативным взаимодействием иммунокомпетентных клеток.

В таблице 1 представлены данные по динамике изменения количества лейкоцитов периферической крови овец контрольной и опытных групп.

Из данных таблицы 1 видно, что радиационное воздействие в малых дозах вызывало постлучевые изменения со стороны органов кроветворения, при которых наблюдалось незначительное дозозависимое снижение числа лейкоцитов, в том числе лимфоцитов и нейтрофилов. При гамма-облучении в дозе 75 и 100 Р на 5–10-е сутки после радиационного воздействия это снижение состав-

ляло 40–50 % от исходного уровня, а при дозе 25 и 50 Р в пределах 15–25 % от исходного состояния. Снижение числа лейкоцитов наблюдалось преимущественно за счет лимфоцитов, что объясняется, по-видимому, их большей радиочувствительностью и гибелью лимфобластов не только в костном мозге, но и зрелых лимфоцитов в периферической крови, органах иммунной системы и тканях лимфоидной системы. Полученные нами результаты согласуются с данными других исследователей [2].

Таблица 1

Динамика изменения абсолютного количества лейкоцитов и относительного уровня нейтрофилов и лимфоцитов периферической крови овец, М±m

Группы овец	Сроки исследования, сут.					
	0	5 сут.	10 сут.	15 сут.	30 сут.	60 сут.
Число лейкоцитов, тыс./мкл и % содержание нейтрофилов, лимфоцитов						
1 – б. к.	7,60±0,60	7,63±0,45	8,05±0,25	8,18±0,34	9,07±0,24	7,40±0,37
	37,1±2,4	38,3±3,6	43,0±4,0	45,0±4,7	44,0±3,7	40,0±1,7
	54,6±1,7	54,3±4,0	50,3±4,1	44,3±4,8	43,3±2,2	49,3±3,2
2 – опытная	7,80±0,41	7,00±0,75	7,20±0,14	7,90±0,27	8,44±0,70	7,94±0,38
	37,1±2,4	48,3±6,4	48,0±2,4	48,5±3,4	47,3±2,4	47,3±2,4
	54,6±1,7	39,8±1,7	36,3±1,5	40,3±2,0	35,3±2,0	39,3±3,6
3 – опытная	8,07±0,57	7,20±0,65	6,50±0,25	8,45±0,32	8,24±0,75	8,19±0,32
	37,1±2,4	41,5±5,9	51,0±1,4	30,5±2,9	40,5±4,0	36,5±4,0
	54,6±1,7	46,5±4,7	36,3±1,5	60,3±0,9	46,8±3,9	58,8±2,2
4 – опытная	7,85±0,28	7,60±0,61	6,27±0,57	6,85±0,32	6,30±0,50	6,94±0,38
	37,1±2,4	50,8±2,8	51,8±1,9	35,5±1,9	30,5±1,7	32,5±1,9
	54,6±1,7	38,8±1,7	34,3±1,8	50,3±3,9	56,3±2,9	59,3±2,0

На 30–60-е сутки исследования наблюдалась стабилизация как общего количества лейкоцитов, так и изменение соотношения лимфоцитов и нейтрофилов в сторону увеличения процентного содержания лимфоцитов и снижения относительного числа нейтрофилов.

Гамма-облучение подопытных овец в малых дозах вызывало определенную реакцию со стороны иммунной системы.

На рисунке 1 представлены данные по динамике титров антител (баллы) к лизату собственных эритроцитов (ЛСЭ) по Уанье. В норме у овец контрольных групп содержание антител к собственным тканям незначительно – реакция микропреципитации к лизату собственных эритроцитов

(ЛСЭ) по Уанье оценивалась как отрицательная или слабо положительная (0,5 балла – 1 балл).

Характер иммунных реакций, который формировался под влиянием малых доз гама-облучения, показал, что ионизирующая радиация является активным индуктором антител. Однократное облучение в дозе 25, 50, 100 Р вызывало повышение титров антител к лизату собственных эритроцитов с 5-х по 30-е сутки после радиационного воздействия, с максимумом на 10–15-е сутки (рис. 1).

Стимуляция иммунобиологической реактивности проявлялось увеличением количества антителообразующих клеток (АОК). Максимальное число АОК выявлялось на 10–15-е сутки радиационного воздействия – от 2,8 до 4 % (рис. 2).

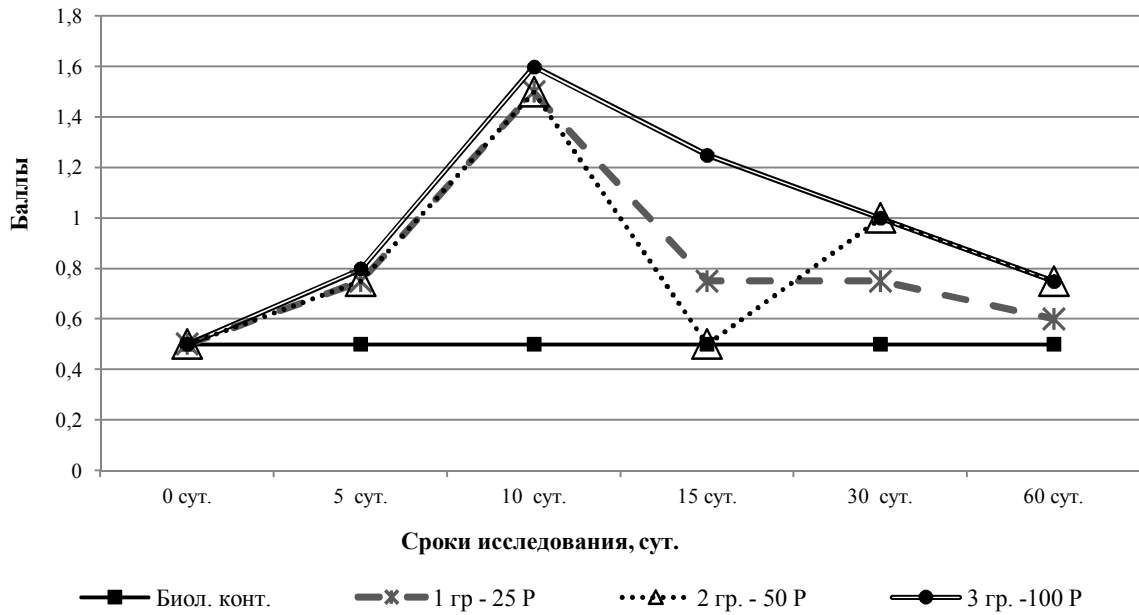


Рис. 1. Динамика титров антител (баллы) к лизату собственных эритроцитов (ЛСЭ) по Уанье

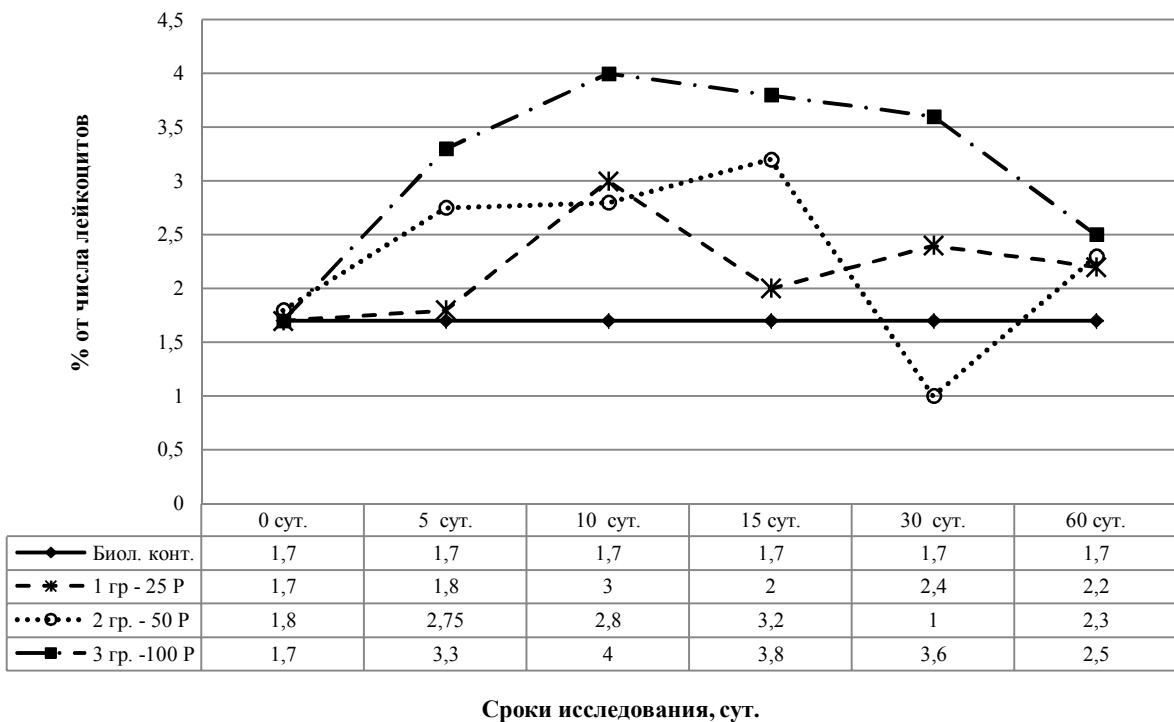


Рис. 2. Динамика антителообразующих клеток (АОК) в периферической крови в реакции Эрне (в % от количества лейкоцитов)

В таблице 2 представлены данные по изучению основных факторов гуморального иммунитета по содержанию иммуноглобулинов основных классов и циркулирующих иммунных комплексов в сыворотке крови овец. Уровень иммуноглобулинов в сыворотке крови интактных овец колебался, эти колебания составили по Ig M от 0,400 до 0,700 мкг/мкл, Ig G – от 3,5 до 5,0 мкг/мкл, Ig A – от 0,660 до 0,800 мкг/мкл.

Уровень иммуноглобулинов класса Ig M, антител первичного иммунного ответа, повышался при однократном гамма-облучении в дозах 25, 50, 100 Р на 5–15 сутки после радиационного воздействия на 10–15 %, повышение концентрации данного класса носило также дозозависимый характер, что четко проявляется пиком повышения линии на графике (рис. 3).

Таблица 2

Динамика иммуноглобулинов основных классов и циркулирующих иммунных комплексов в сыворотке крови овец, $M \pm m$

Показатели	Сроки исследования					
	0	5 сут.	10 сут.	15 сут.	30 сут.	60 сут.
1 группа – биологический контроль						
IgG, мкг/мл	4,73±0,04	4,47±0,07	4,23±0,50	4,23±0,50	4,43±0,37	4,27±0,28
IgM, мкг/мл	0,383±0,070	0,453±0,062	0,377±0,053	0,377±0,053	0,380±0,0	0,377±0,067
IgA, мкг/мл	0,620±0,010	0,617±0,003	0,583±0,020	0,583±0,020	0,610±0,065	0,610±0,021
ЦИК, усл. ед.	33,7±0,75	33,4±0,26	28,37±2,14	28,37±2,14	33,60±1,39	32,80±2,39
2 группа – опытная (25 P)						
IgG, мкг/мл	4,53±0,11	3,80±0,35*	3,60±0,35*	3,75±0,25*	4,00±0,07*	4,48±0,33*
IgM, мкг/мл	0,410±0,050	0,428±0,052*	0,490±0,040*	0,410±0,040*	0,395±0,055*	0,355±0,049*
IgA, мкг/мл	0,615±0,010	0,595±0,049*	0,558±0,055*	0,600±0,091*	0,595±0,065*	0,595±0,065*
ЦИК, усл. ед.	34,5±2,10	34,7±1,17*	27,53±1,17*	30,25±2,55*	34,30±0,66*	32,80±1,36*
3 группа – опытная (50 P)						
IgG, мкг/мл	4,25±0,33	3,95±0,25*	3,68±0,27*	3,74±0,29*	4,03±0,03*	4,15±0,20*
IgM, мкг/мл	0,418±0,040	0,530±0,046*	0,585±0,065*	0,495±0,065*	0,408±0,084*	0,410±0,012*
IgA, мкг/мл	0,608±0,010	0,585±0,027*	0,518±0,014*	0,573±0,064*	0,600±0,017*	0,610±0,007*
ЦИК, усл. ед.	37,6±4,00	37,78±1,29	30,13±2,24*	34,65±1,60*	37,55±1,23*	36,93±1,15*
4 группа – опытная (100 P)						
IgG, мкг/мл	4,35±0,40	4,00±0,41*	3,60±0,29*	3,60±0,199*	4,25±0,17	4,25±0,17
IgM, мкг/мл	0,440±0,020	0,550±0,020*	0,630±0,056*	0,680±0,056*	0,415±0,029	0,455±0,029
IgA, мкг/мл	1,080±0,040	0,980±0,040*	0,900±0,017*	0,808±0,017*	1,125±0,021	1,125±0,021
ЦИК, усл. ед.	27,2±1,30	29,8±1,30*	29,25±1,65*	29,25±1,65*	28,98±0,73	26,98±0,73

* Различия статистически достоверны, $P \leq 0,95$.

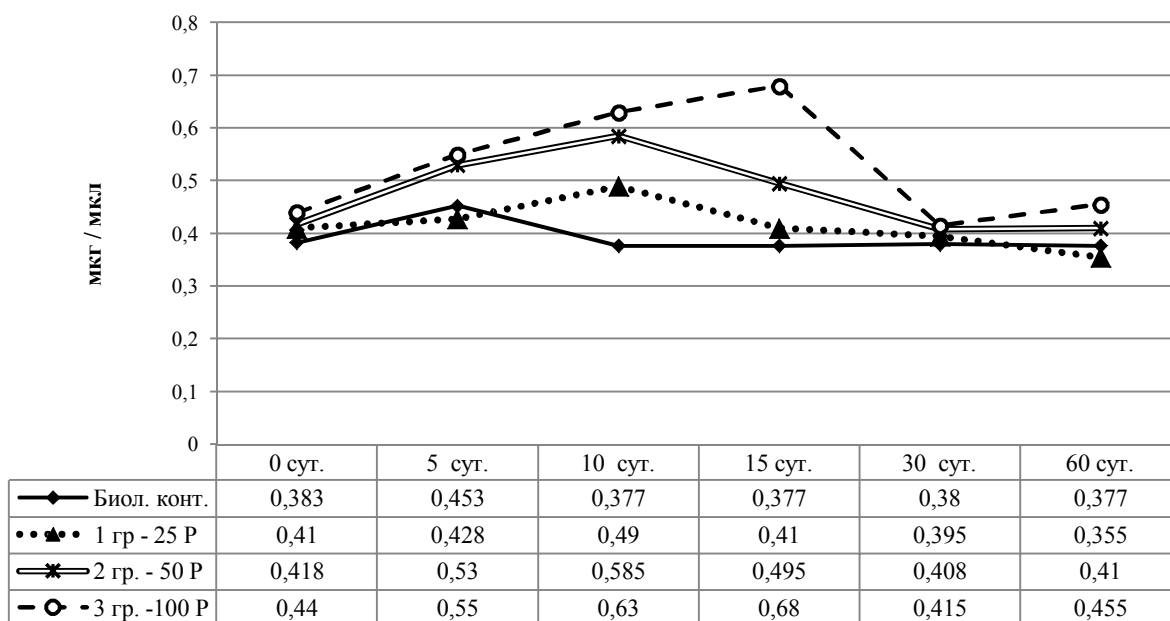


Рис. 3. Динамика Ig M в сыворотке крови овец

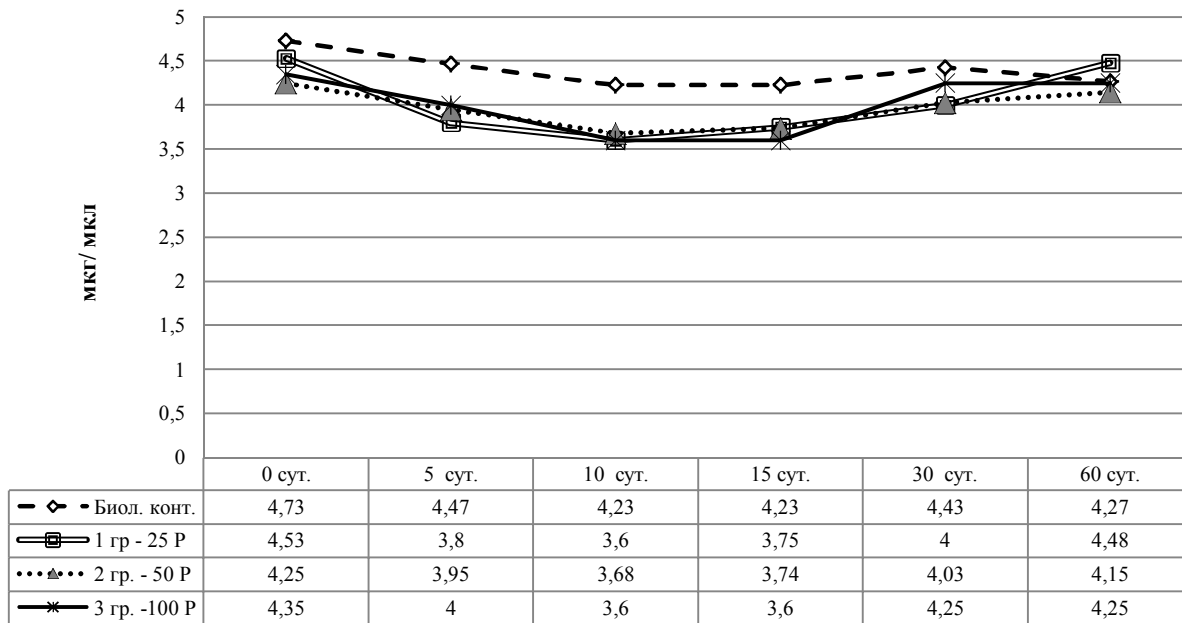


Рис. 4. Динамика Ig G в сыворотке крови овец

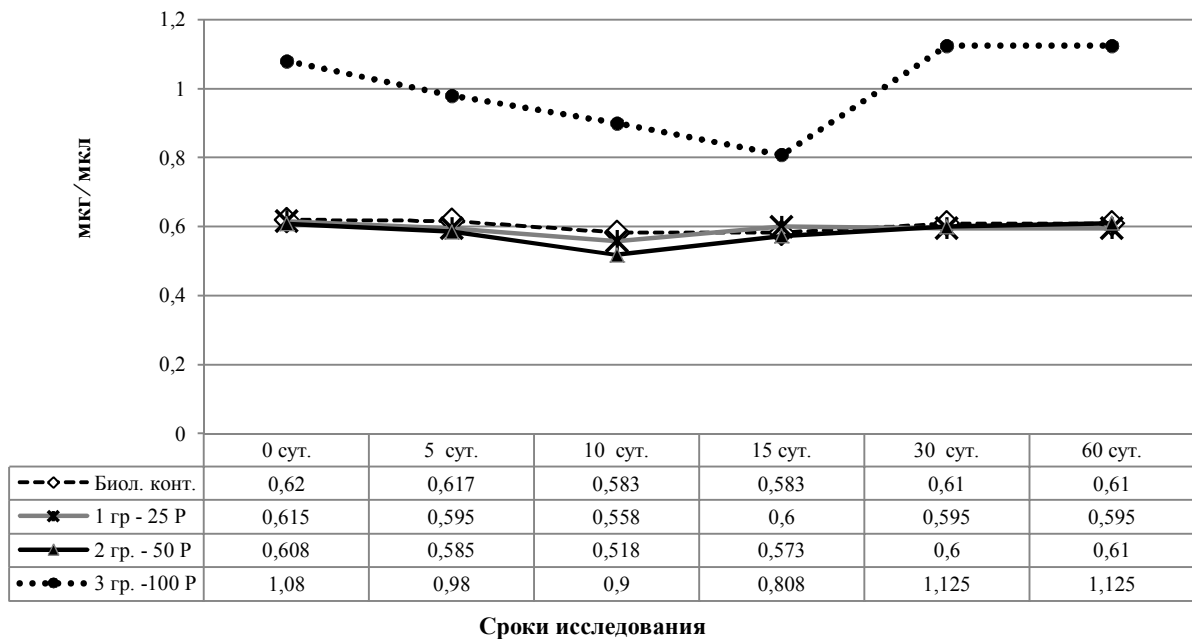


Рис. 5. Динамика Ig A в сыворотке крови овец

Из рисунков 4 и 5, из данных таблицы 2 видно, что наблюдалось дозозависимое статистически достоверное снижение концентрации иммуноглобулинов класса Ig G и Ig A на 5–15-е сутки после радиационного воздействия на 10–15 % и 15–30 % соответственно ($P < 0,95$).

Одновременно отмечалось дозозависимое повышение уровня циркулирующих иммунных комплексов в сыворотке крови на 5–20 % на 5-е сутки после радиационного воздействия, что свидетельствует также об образовании тканевых антигенов в ответ на радиационное воздействие

и их элиминации в процессе взаимодействия антиген+антитело.

Из представленных данных видно, что содержание иммуноглобулинов классов Ig M, Ig G, Ig A повышалось последовательно. Появление первым Ig M сразу после антигенной стимуляции (первичное радиационное воздействие в дозе 25 и 50 P, 100 P), проявляющийся специфическим иммунным ответом по первичному (при первом радиационном воздействии). Появление первым Ig M сразу после антигенной стимуляции – общепризнанный факт [3].

Данный факт также согласуется с утверждением, что продукция антител происходит при любых видах облучения, она подчиняется хорошо известным закономерностям первичного и вторичного иммунного ответа, совпадает с классическим определением иммунной памяти как феномена более интенсивного образования антител на повторное введение антигена [3; 5].

Выводы

1. Характер иммунных реакции, сформировавшихся под воздействием малых доз гамма-излучения, показывает, что ионизирующая радиация является фактором внешней среды, повышающим иммунобиологическую реактивность животных,

свидетельствует о подчинении пострадиационных реакции общебиологическому закону – явлению радиационного гормезиса.

2. Анализ литературных источников и результаты данных экспериментальных исследований по изучению влияния малых доз ионизирующих излучений в совокупности с проведенными ранее исследованиями показывают возможность использования их на практике в производственных условиях для повышения шерстной и мясной продуктивности овец, повышения их резистентности к неблагоприятным факторам внешней среды, связанными с промышленной технологией животноводств.

Литература

1. Биотехнология, токсикологическая, радиационная и биологическая безопасность // Материалы международной науч.-практич. конференции посвященной 50-летию Федерального Центра токсикологической, радиационной безопасности. Казань, 2010. 608 с.
2. Киришин В. А., Сафонова В. А., Тюменев Р. С. Влияние малых доз облучения на показатели клеточных факторов иммунитета у свиней // Тезисы докладов 3 Всесоюзной конференции по сельскохозяйственной радиологии: в 2 т. Обнинск. ВНИИСХР. 1990. С. 144.
3. Коляков Я. Е. Ветеринарная иммунология. М.: Агропромиздат, 1986. 272 с.
4. Кузин А. М. Особенности механизма действия атомной радиации на биоту в малых, благоприятных для них дозах. Пущино: АН СССР, 1989. 220 с.
5. Петров Р. В. Иммунология. М.: Медицина, 1987. С. 414–420.
6. Тезисы докладов 3 Всесоюзной конференции по сельскохозяйственной радиологии: в 2 т. Обнинск. ВНИИСХР. 1990. 345 с.

References

1. Biotehnologija, toksikologičeskaja, radiacionnaja i biologičeskaja bezopasnost'. *Materialy mezhdunarodnoj nauch.-praktič. konferencii posvjashhennoj 50-letiju Federal'nogo Centra toksikologičeskoj, radiacionnoj bezopasnosti*. Kazan', 2010, 608 p.
2. Kirshin V. A., Safonova V. A., Tjumenev R. S. Vlijanie malyh doz obluchenija na pokazateli kletočnyh faktorov immuniteta u svinej. *Tezisy dokladov 3 Vsesojuznoj konferencii po sel'skhozjajstvennoj radiologii: v 2 t.* Obninsk. VNIISHR, 1990, p. 144.
3. Koljakov Ja. E. Veterinarnaja immunologija. M.: Agropromizdat, 1986, 272 p.
4. Kuzin A. M. Osobennosti mehanizma dejstvija atomnoj radiacii na biotu v malyh, blagoprijatnyh dlja nih dozah. Pushhino: AN SSSR, 1989, 220 p.
5. Petrov R. V. Immunologija. M.: Medicina, 1987, pp. 414–420.
6. Tezisy dokladov 3 Vsesojuznoj konferencii po sel'skhozjajstvennoj radiologii: v 2 t. Obninsk. VNIISHR. 1990, 345 p.

Статья поступила в редакцию 2.01.2016 г.
Submitted 2.01.2016.

Для цитирования: Александров Ю. А. Влияние малых доз коротковолновых электромагнитных излучений на иммунобиологическую реактивность млекопитающих // Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». 2016. Т. 2. № 4 (8). С. 5–11.

Citation for an article: Alexandrov Yu. A. Influence of small doses of short-wavelength electromagnetic radiation on immunobiological reactivity of mammals. *Vestnik of the Mari State University. Chapter "Agriculture. Economics"*. 2016, t. 2, no. 4 (8), pp. 5–11.

Александров Юрий Александрович, кандидат биологических наук, доцент, Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола, genetica@marsu.ru

Alexandrov Yury Aleksandrovich, Candidate of Biology, Associate Professor, Mari State University, Yoshkar-Ola, genetica@marsu.ru