

Иммунологические исследования в радиационной гигиене

В.М. Шубик

ФГУН «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург

Обобщены и проанализированы данные литературы и результаты собственных исследований по применению иммунологических методов при решении задач промышленной и коммунальной радиационной гигиены, гигиенического нормирования и др. Представлены данные о влиянии на иммунитет малых доз ионизирующего излучения, поскольку оценка здоровья при низких уровнях радиационного воздействия является одной из важных проблем теории и практики радиационной гигиены. Показана высокая радиочувствительность ряда иммунологических показателей, значение их изменений в формировании патологических состояний, стохастических и нестохастических последствий радиационного воздействия.

Ключевые слова: иммунологические методы, радиационная гигиена, малые дозы.

Введение

Радиационная гигиена – раздел медицинской науки – гигиены, изучающий закономерности формирования доз ионизирующего излучения (ИИ), влияние их на здоровье человека в целях обеспечения профилактических мероприятий. При этом проводится комплекс научных и практических исследований в области дозиметрии, медицинской радиобиологии и защиты для достижения радиационного благополучия [1]. Важным направлением научных исследований является также разработка теории радиационной гигиены, уточнение количественных закономерностей между дозой и эффектом в области излучений малой мощности [2]. Это направление имеет существенное значение не только для теории, но и практики радиационной гигиены, поскольку одной из основных ее задач является характеристика влияния малых доз ИИ на здоровье в условиях производства, коммунальной сфере и др. ситуациях. Сложность проблемы связана со слабой выраженностью наблюдаемых при этом изменений и ограниченной чувствительностью используемых методов исследований. Не случайно в 2003 г. в США была открыта программа изучения биологических эффектов действия радиации в малых дозах (меньше 0,1 Гр), рассчитанная на 10 лет, с ежегодным объемом финансирования 21 млн \$ [3].

Цель исследования

Анализ данных литературы и результатов собственных исследований применения иммунологических методов при решении задач радиационной гигиены.

Задачи исследования

1. Представить материалы по использованию иммунологических методов при изучении вопросов дозиметрии и защиты от воздействия ИИ.
2. Выявить различия иммунологических показателей при разных видах радиационного воздействия.
3. Показать значение иммунологических исследований при решении проблем промышленной радиационной гигиены.

4. Обосновать возможность применения иммунологических методов при решении вопросов коммунальной радиационной гигиены.

5. Показать целесообразность использования иммунологических методов при характеристике влияния малых доз ионизирующего излучения (радиации) на здоровье.

Материалы и методы исследования

Известна важная роль иммунитета, как в сохранении гомеостаза, так и при формировании патологических процессов, в том числе последствий радиационного воздействия – ближайших (инфекция) и отдаленных, стохастических (злокачественные новообразования) и нестохастических (катаракта, гематологические и др. нарушения). Радиочувствительность ряда иммунологических показателей позволяет использовать их изменения как один из наиболее ранних признаков неблагоприятной реакции организма на радиационное воздействие.

Подробное описание иммунологических методов, которые применяются при оценке воздействия на людей малых доз ИИ имеется в работе [4].

Результаты исследований

Имеются многочисленные данные о защитном действии предварительной иммунизации при лучевых поражениях. Они были обобщены ранее в ряде монографий. Нами при анализе материалов об иммунологических исследованиях в радиационной гигиене [5], были представлены данные литературы и результаты собственных экспериментов по защитному действию иммунизации при внутреннем облучении и ее влиянию на метаболизм радионуклидов. Показано, что однократная вакцинация обуславливает повышение выживаемости, массы тела, физической выносливости, кроветворения, клеточной (фагоцитарная активность нейтрофилов крови) и гуморальной (бактерицидная активность сыворотки крови и лизоцим) неспецифической защиты, репарационных процессов в лимфоидных тканях лабораторных животных [5].

Выведение из организма, органов и тканей некоторых радионуклидов (^{137}Cs , ^{210}Po) иммунизация ускоряет, но де-

понирование других (^{131}I , ^{90}Sr , ^{65}Zn) повышает. Стало быть, имеются сведения о попытке использования иммунологических методов в радиационно-гигиенических исследованиях при изучении вопросов дозиметрии и защиты.

В исследованиях в области медицинской радиобиологии иммунологические методы применяются наиболее широко. Нами были проанализированы литературные материалы и результаты собственных исследований по сравнительной характеристике изменений иммунитета и неспецифической защиты при действии жесткого рентгеновского или γ -излучения и быстрых нейтронов, электронов высоких энергий и длинноволнового рентгеновского излучения у лабораторных животных – собак, кроликов, белых беспородных крыс, мышей. Наши опыты на кроликах показали, что при однократном облучении эффективность быстрых нейтронов в отношении изменений иммунологических реакций была в 2–4 раза более высокой, чем рентгеновского излучения. При хроническом облучении мелких лабораторных животных различия увеличиваются. Угнетение лейкоцитарной реакции, бактерицидной активности сыворотки крови и активности лизоцима, а также реакции обратной анафилаксии (общая иммунологическая реактивность по В.И. Иоффе) при облучении электронами высоких энергий (22 МэВ) было менее выражено по сравнению с облучением рентгеновским излучением. При иммунизации белых беспородных крыс вирусом гриппа А-2 имелись 3-кратные различия в образовании антител.

Сравнение коротковолнового рентгеновского излучения с эффективной энергией 75 кэВ и длинноволнового рентгеновского излучения (14 кэВ) показало, что последнее оказывало более выраженное воздействие на барьерные свойства кожи (ее бактерицидность) и менее значительное влияние на иммуногенез и обратную анафилаксию. Дозы, вызывающие аналогичный эффект при мягком рентгеновском излучении, были в 4 раза выше. Различия при оценке лейкопении и бактерицидности сыворотки крови еще более значительны.

В последние годы выполнен комплекс иммунологических исследований, позволивший дать углубленную характеристику условий труда на предприятиях атомной промышленности [7]. Так, при обследовании работников горно-химического комбината, где на людей действовали малые дозы ИИ, токсичные химические вещества при подземных условиях труда, у них обнаружен ряд иммунологических изменений. Наиболее значимый дисбаланс в системе иммунитета отмечен при стаже в 25–30 лет: изменение содержания $\text{CD}3^+$ и $\text{CD}4^+$ -лимфоцитов, дисиммуноглобулинемия. Но снижение содержания естественных киллеров,

играющих важную роль в противораковой и противовирусной защите, найдено уже чрез 2–3 года. Иммунологические исследования свидетельствуют о неблагоприятных условиях труда, что проявлялось, в частности, аллергопатологией – бронхиальной астмой и пр., а также хроническим тонзиллитом и другими заболеваниями.

Иммунологические методы исследования были использованы и для характеристики полноты восстановления в отдаленный период хронической лучевой болезни у работников ПО «Маяк» [8]. Выявлен ряд иммунологических изменений, но большинство из них связывается не с ионизирующим излучением, а воздействием факторов нерадиационной природы.

Наиболее значительной группой людей, профессионально связанных с источниками ионизирующего излучения (ИИИ) являются дефектоскописты и медицинские работники, главным образом, рентгенологи и радиологи.

Нами было проведено иммунологическое обследование у 152 гамма-дефектоскопистов в возрасте 20–60 лет с минимальным уровнем облучения 0,2 сЗв за 1 год и максимальным – 26 сЗв за 7 лет работы, которые подвергались также хроническому воздействию токсичных химических веществ – паров фтористого водорода с концентрацией в воздухе рабочих помещений порядка 2–3 ПДК и пыли, содержащей марганец, железо, кремний (1 ПДК). Обследована также группа людей, работающих в тех же производственных условиях, но не связанных с ИИ, а также контрольная группа (113 человек), не связанная по работе ни с ИИ, ни с токсичными химическими веществами.

В таблице 1 представлены результаты определения у людей этих 3-х групп показателей фагоцитарной активности нейтрофилов крови.

У гамма-дефектоскопистов снижены почти все показатели фагоцитарной активности нейтрофилов крови: фагоцитарный индекс-процент нейтрофилов, участвующих в фагоцитозе, фагоцитарное число и микробная емкость крови, характеризующие способность нейтрофилов поглощать микроорганизмы (белый стафилококк). При воздействии химических веществ наблюдалось не угнетение, как у дефектоскопистов, а стимуляция фагоцитоза – повышение способности переваривать поглощенные микроорганизмы и тенденция к увеличению их поглощения. Следовательно, отмечались принципиальные различия в действии на фагоцитоз токсичных химических веществ и этих веществ в сочетании с малыми дозами ИИ: в первом случае – стимуляция фагоцитарной активности, во втором – угнетение способности нейтрофилов поглощать микроорганизмы.

Таблица 1

Фагоцитарная активность у γ -дефектоскопистов и людей контрольных групп

Группы обследованных	Фагоцитар. индекс, %	Число фагоцитированных микробов		
		Фагоцитар. число	Микробная емкость	Переварив. способность
1. Дефектоскописты	42,3 $\pm$ 4,2**	1,57 $\pm$ 0,2 ***	3451,2 $\pm$ 802,9***	2042,75 $\pm$ 535,9
2. Воздействие химических веществ	72,1 $\pm$ 2,9*	3,67 $\pm$ 0,75	16494,3 $\pm$ 4800,0	5895,7 $\pm$ 1121,8*
3. Контроль	60,8 $\pm$ 2,5	2,74 $\pm$ 0,2	8495 $\pm$ 912,6	3288,0 $\pm$ 325,2

Примечание: * ** *** – различия с контролем статистически достоверны, $p < 0,05$ –0,01–0,001.

У дефектоскопистов было также обнаружено достоверное ($p < 0,05-0,001$) снижение среднего содержания в крови Т-лимфоцитов и их субпопуляций – Т-лимфоцитов-хелперов и супрессоров.

Имело место повышение частоты обнаружения противотканевых антител (обычно в этих случаях говорят об аутоантителах) к антигенам из тканей сердца, легких, печени, почек, которые определялись в реакции связывания комплемента (РСК) на холоде (табл. 2).

Такие антитела нередко находили и в контрольной группе, где, видимо, обнаруживались так называемые нормальные антитела, участвующие в реакциях обмена веществ. Титры антител в контрольной группе и их колебания были умеренными. У дефектоскопистов, особенно у женщин, противотканевые антитела выявлялись значительно чаще ($p < 0,001$). У мужчин различия не были столь выраженными. У женщин был более значительный и рост титров (концентраций) антител (7–9-кратный по сравнению с контролем), тогда как у мужчин – 1,5–2,5-кратный. Повышенное содержание противотканевых антител отмечено также при использовании для их обнаружения реакции потребления комплемента (РПК). В этой реакции у женщин-дефектоскопистов обнаружены не только высокое содержание антител (аутоантител), но и почечного аутоантигена: у 17,5%, у 5% – при воздействии только химических веществ и у 3,5% – в контроле.

На наличие аутоиммунной реакции при воздействии малых доз ИИ указывает и 3,5-кратное повышение частоты обнаружения циркулирующих иммунных комплексов в высоких концентрациях, одной из причин образования которых может быть реакция аутоантиген-аутоантитело.

Таким образом, у дефектоскопистов отмечено угнетение фагоцитарной активности нейтрофилов крови, содержания в крови Т-лимфоцитов и гуморальные аутоиммунные сдвиги, более выраженные у женщин, возможно, более чув-

ствительных к воздействию малых доз ИИ. В этой связи представляло интерес изучение иммунитета и неспецифической защиты у рентгенологов, большую часть которых составляют женщины.

Нами было обследовано 50 женщин, работающих в рентгеновских кабинетах. Это были врачи (16 человек), рентгенолаборанты (22), санитарки (12) в возрасте 20–63 лет. Контрольную группу составляли женщины такого же возраста, медицинские работники (25 врачей, и медицинских сестер, работавших в дерматологических отделениях больницы).

В таблице 3 приведены данные определения среднего содержания Т- и В-лимфоцитов в 1 мм^3 крови работников рентгеновских кабинетов.

Отмечено снижение содержания Т-лимфоцитов и Т-лимфоцитов-хелперов ($p < 0,001$) у работников рентгеновских кабинетов. Четкая связь с возрастом (20–40, 41–63 лет) и стажем (до 5 лет, 5–10, 11 и более лет) отсутствовала. Не выявлено изменений содержания Т-лимфоцитов-супрессоров. Умеренное снижение числа В-лимфоцитов ($195,5 \pm 13,7 \text{ кл/мм}^3$, $p < 0,05$) найдено лишь при стаже 6–10 лет.

При определении содержания в крови комплементсвязывающих противотканевых антител к антигенам из тканей сердца и кожи в РПК и РСК положительные реакции чаще обнаруживали к антигенам кожи, которая могла подвергнуться у работников рентгенкабинетов радиационному воздействию (табл. 4). Только к коже отмечено достоверное 2,5–4-кратное повышение концентрации аутоантител.

Были изучены и гуморальные показатели состояния неспецифической защиты. Отмечена стимуляция бактерицидной активности сыворотки крови в отношении кишечной палочки, активности лизоцима и комплемента. Существенные изменения β -лизинов отсутствовали.

Таблица 2

Частота обнаружения аутоантител у дефектоскопистов

Группы	Женщины				Мужчины			
	Сердце	Легкие	Печень	Почка	Сердце	Легкие	Печень	Почка
Дефектоскописты	27/33 (81,8)***	5/6***	23/33 (69,7)***	26/33 (69,7)***	21/42 (50)	19/29 (65,5)*	20/37 (54)*	13/32 (40,6)
Контроль	4/25 (16)	2/18 (11,1)	2/23 (8,7)	3/23 (13)	14/39 (35,9)	7/23 (30,5)	12/41 (29,3)	9/41 (22)

Примечание: в числителе – количество положительных реакций, в знаменателе – общее количество обследованных;

*, *** – различия с контролем статистически достоверны, $p < 0,05$; 0,001.

Таблица 3

Т- и В-лимфоциты ($M \pm m$) в крови работников рентгеновских кабинетов

Группы	Т-лимфоциты	Т-хелперы	Т-супрессоры	В-лимфоциты
Рентгенологи	$755,6 \pm 30,1$ ***	$462,5 \pm 21,0$ ***	$292,9 \pm 28,0$	$234,2 \pm 11,3$
Контроль	$987,9 \pm 48,0$	$647,6 \pm 30,9$	$340,6 \pm 25,0$	$243,4 \pm 18,1$

Примечание: $M \pm m$ – среднее арифметическое показателя $\pm$ средняя ошибка;

*** – различия с контролем статистически достоверны, $p < 0,001$.

Таблица 4

Частота обнаружения противотканевых антител у работников рентгеновских кабинетов

Группы обследованных	РПК		РСК	
	Сердце	Кожа	Сердце	Кожа
Рентгенологи	9/40 (22,5)*	8/22 (36,4)**	20/42 (47,6)*	24/41 (58,5)*
Контроль	1/25 (4)	1/22 (4,5)	4/25 (16)	2/22 (9)

Обозначения те же, что в таблице 2.

Таким образом, у работников рентгеновских кабинетов найдены стимуляция некоторых показателей неспецифической гуморальной защиты, возможно, компенсаторного характера, снижение общего содержания Т-лимфоцитов и Т-хелперов, гуморальные аутоиммунные сдвиги. Последние не связаны с изменением числа супрессоров. Повышение содержания антител к тканям кожи, возможно, обусловлено ее антигенными изменениями при радиационном воздействии.

Выявленные у профессионалов, подвергавшихся воздействию малых доз ионизирующего излучения, иммунологические изменения, видимо, следует расценивать как результат комплексного воздействия малых доз радиации и неблагоприятных факторов нерадиационной природы, которых много не только в цехах, где работают дефектоскописты, но и в рентгеновских кабинетах.

Ограничимся приведенными примерами об использовании иммунологических методов в промышленной радиационной гигиене, хотя в литературе имеются сведения и об изменениях иммунитета и у др. групп профессионалов [5]. Из приведенных данных ясно, что наличие иммунологических нарушений может быть показателем неблагоприятного влияния производственных условий на здоровье работающих.

Иммунологические методы используются и в исследованиях по коммунальной гигиене. Как показали материалы, представленные на 10 Всероссийском съезде гигиенистов и санитарных врачей [9] в настоящее время внимание радиационных гигиенистов привлекает действие на организм природного облучения, но влияние его на иммунитет практически не изучено. Так, сведения об изменении иммунологических показателей при воздействии радона и продуктов его распада единичны.

Проведенное нами определение активности лизоцима и секреторного иммуноглобулина А (slgA) у детей, проживавших в пос. Акматау Джезказганской обл. Казахстана в помещениях с активностью радона более 200 Бк/м³, показало почти 2-кратное снижение у них такого важного фактора местного иммунитета, как slgA (табл. 5). Изменений содержания в слюне лизоцима отмечено не было.

Иммунологические исследования, проведенные в пос. Акматау другими авторами [10], выявили у детей поселка угнетение некоторых показателей Т- и В-систем иммунитета. Эти данные указывают на возможность нарушений иммунитета и здоровья при ингаляционном воздействии радона в концентрациях, превышающих существующий норматив.

Таблица 5

Влияние ингаляционного воздействия радона на некоторые показатели местного иммунитета

Активность радона, Бк/м ³	Число детей	Лизоцим (%)	SlgA, мг%
Более 200 Бк/м ³	35	73,5±1,5	0,078±0,01***
Контроль	28	71,0±2,5	0,145±0,005

Обозначения: *** – различия с контролем статистически достоверны, p<0,001.

Известна важная роль иммунологических механизмов в развитии целого ряда заболеваний, поэтому наличие изменений иммунологических процессов указывает на возможность нарушений здоровья, в том числе появления преморбидных состояний.

Одной из причин разногласий по вопросу оценки действия на организм малых доз ИИ является недооценка результатов экспериментальных исследований. Хотя экстраполяция данных с животных на человека в ряде случаев представляет определенные трудности, но эксперимент дает возможность моделировать различные условия радиационного воздействия и в значительной степени исключить влияние посторонних факторов – социальных, экологических и др.

В таблице 6 представлены данные о минимальных дозах на организм белых беспородных крыс (при воздействии ¹³⁷Cs) и на их костную ткань (в опытах с ⁹⁰Sr и неразделенной смесью продуктов ядерного деления – ПЯД), которые вызывают изменения некоторых иммунологических показателей [5]. Несмотря на особенности в характере распределения и выведения из организма изученных радионуклидов, изменения изученных показателей обычно отмечались при дозовых нагрузках порядка нескольких десятков сГр. При таких же уровнях облучения выявлены иммунологические изменения у людей, подвергавшихся радиационному воздействию, в частности, у ликвидаторов радиационных аварий [11]. Отсутствие иммунологических сдвигов при обследовании людей может свидетельствовать об отсутствии угрозы нарушений здоровья при данной радиационной ситуации.

Таблица 6

Радиочувствительность некоторых иммунологических показателей при внутреннем облучении

Показатель	Доза, сГр		
	Стронций-90	Цезий-137	ПЯД
Фагоцитоз нейтрофилов крови	45	30	
Бактерицидность сыворотки крови	90	45	50
Лизоцим сыворотки крови	260	30	20
Образование аутоантител	45–90	30–45	30
Обратная анафилаксия (ОИР)	90	30–45	20–65

В реальных условиях люди подвергаются сочетанному воздействию факторов радиационной и нерадиационной природы. И среди причин существующих разногласий в оценке влияния малых доз ИИ на организм, по-видимому, следует считать и с недооценкой влияния их сочетанного действия. При этом надо отметить, что ряд ведущих специалистов отрицают значение таких сочетанных воздействий. Действительно, при этом могут наблюдаться различные эффекты – независимость действия, даже антагонизм, но также явления суммации и потенцирования. Такие явления отмечены нами при сочетанном поступлении в организм белых крыс с питьевой водой в течение длительного времени радонуклидов – ^{90}Sr и ^{210}Po и токсичных химических веществ – соединений свинца и ртути [5]. Эффекты зависят от свойств веществ, использованных в опытах, стадии патологического процесса и др. особенностей эксперимента. Различные эффекты наблюдаются и при сочетании радиации и стресса. Но данные литературы [12] и результаты собственных исследований [11] указывают на возможность и более выраженных нарушений иммунитета при сочетанном действии радиации и стресса.

Проведенный нами анализ данных литературы [13] показывает возможность нарушений иммунной системы при дозах облучения 8–30 сГр. Результаты собственных экспериментов указывают на изменения иммунологических показателей при дозовых нагрузках порядка нескольких десятков сГр [5]. Но материалы экспериментов украинских исследователей (Ганова Л.А., Индык В.М., Савцова З.Д., Серкиз Я.И., и др.), проведенных на лабораторных животных, помещенных вблизи ЧАЭС, и опубликованных в основном в 90-е гг. и проанализированных нами [11] показывают наличие изменений со стороны системы иммунитета при весьма небольших уровнях радиационного воздействия. При дозах порядка 1 сЗв и ниже отмечены изменения аллергических реакций, активности NK- и К-клеток, продукции цитокинов. Некоторые участники этих исследований расценивают выявленные изменения как следствие сочетанного действия радиации и токсичных химических веществ. С этим утверждением можно согласиться, поскольку известно загрязнение территории вокруг ЧАЭС токсичными химическими соединениями, сброшенными на разрушенный энергоблок с вертолетов. Так, 2400 т свинца загрязнили значительные территории вокруг ЧАЭС, причем его концентрации значительно превосходили ПДК.

В этой связи следует отметить многочисленные данные об иммунологических изменениях, выявленных при действии малых доз ИИ после радиационных аварий на Южном Урале и Чернобыле, испытаний ядерного оружия у жителей России, Украины, Беларуси, Казахстана и о существенном их значении в нарушениях здоровья. В этих исследованиях специалистов Москвы, Санкт-Петербурга, Киева, Минска, Новосибирска, Томска, Обнинска и др. научных центров, проанализированных ранее [11], представлены данные об изменениях показателей клеточной и гуморальной неспецифической защиты, цитокинов, клеточного и гуморального иммунитета, клеточных и гуморальных аутоиммунных сдвигах при воздействии малых доз ИИ в сочетании с факторами нерадиационной природы. Следовательно, результаты экспериментальных исследований и наблюдений над людьми указывают на наличие иммунологических нарушений при действии малых доз ионизирующего излучения.

Обсуждение результатов

Приведенные литературные материалы и результаты собственных исследований показывают, что иммунологические методы применялись в исследованиях по основным научным направлениям радиационной гигиены: дозиметрия, радиобиология (здоровье), защита. Но наиболее целесообразно их использование в исследованиях по второму научному направлению, для характеристики здоровья людей при радиационном воздействии, а также при разработке теоретических вопросов радиационной гигиены. Нарушения иммунологических механизмов имеют существенное значение при развитии патологических процессов, в том числе и характерных для воздействия ионизирующего излучения – стохастических и нестохастических. Иммунологические методы целесообразно использовать при решении ряда вопросов, которые были сформулированы при определении задач иммунологических исследований в радиационной гигиене. Наиболее значимы иммунологические исследования при решении вопросов промышленной и коммунальной радиационной гигиены. Использование таких методов необходимо для уточнения количественных закономерностей между дозой и эффектом в области излучений малой мощности. Они нужны при разработке таких важных проблем, как действие малых доз радиации на здоровье.

В статье, хотя и кратко, приведены результаты экспериментальных исследований и наблюдений над людьми о нарушениях иммунитета при действии малых доз радиации. К сказанному можно добавить, что такие изменения имеют существенное значение в нарушениях здоровья.

Опыт собственных исследований и данные литературы показывают целесообразность широкого использования иммунологических методов при решении задач радиационной гигиены.

Список использованной литературы

1. Рамзаев, П.В. Проблема радиационной гигиены в современных условиях [Текст] / П.В. Рамзаев, С.И. Тарасов, Н.И. Машнева // Радиационная гигиена: сб. науч. тр. / Ленинградский научно-исследовательский институт радиационной гигиены. - Л., 1980. - С. 3-12.
2. Ильин, Л.А. Радиационная гигиена на новом этапе [Текст] / Л.А. Ильин, В.А. Книжников // Актуальные вопр. радиац. гигиены: тез. докл. Всес. конф. - М., 1983. - С.5-6.
3. Мазурик, В.К. Молекулярная эпидемиология отдаленных радиационных эффектов [Текст] / В.К. Мазурик, В.Ф. Михайлов // Радиационная биология. Радиоэкология. - 2004. - Т.44, №3. - С. 296-311.
4. Петров, Р.В. Программа долгосрочного иммунологического мониторинга за контингентами, подвергающимися воздействию факторов риска радиационной аварии на Чернобыльской АЭС [Текст] / Р.В. Петров, И.В. Ородовская, Б.В. Пинегин // Мед. радиология. - 1991. - №1. - С. 39-42.
5. Шубик, В.М. Иммунологические исследования в радиационной гигиене [Текст]. / В.М. Шубик. - М.: Энергоатомиздат, 1987. - 143 с.
6. Kalniskij, S.A. Strahlenresistens immunisierter Tiere bei innerer Bestrahlung [Text] / S.A. Kalniskij, T.V. Ponomareva, V.M. Shubik // Radiobiol. Radiotherapia. - 1981. - Bd.22, N1. - S. 83-89.
7. Ородовская, И.В. Состояние иммунитета персонала предприятия системы уничтожения ядерного оружия [Текст] / И.В. Ородовская, Л.В. Лусс, В.В. Иванов и др. // 3-й съезд по радиационным исследованиям, Москва, окт. 1997: тез. докл. Т.1. - Пушкино, 1997. - С.187-188.

8. Вологодская, И.А. Иммунный статус человека в отдаленном периоде хронической лучевой болезни [Текст] / И.А. Вологодская, В.И. Тельнов, И.С. Пестерникова, Н.Я. Кабашова // 1 съезд иммунологов России: тез. докл. – Новосибирск, 1992. – С.89.
9. Романович, И.К. Современное состояние и задачи обеспечения радиационной безопасности населения России [Текст] / И.К. Романович // Материалы 10 Всероссийского съезда гигиенистов и санитарных врачей / ред. Г.Г.Онищенко, А.И.Потапов. Книга 11. – М., 2007. – С.415-419.
10. Дауранов, И.Г. Радиоактивный воздух жилищ и иммунный статус ребенка [Текст] / И.Г. Дауранов, Р.А. Айтмаггамбетов, С.Г. Байсеркин // Здравоохран. Казахстана. – 1991. – №6. – С.46-47.
11. Шубик, В.М. Иммуитет и здоровье после радиационных аварий и экологических катастроф [Текст]: монография / В.М. Шубик – СПб. : СПбНИИРГ, 2001. – 433 с.
12. Мороз, Б.Б. Роль эмоционального стресса в развитии соматических нарушений у ликвидаторов аварии на Чернобыльской атомной станции, облученных в диапазоне малых доз [Текст] / Б.Б. Мороз, Ю.Б. Дешевой // Радиационная биология. Радиоэкология. – 1999. – Т.39, №1. – С. 97-105.
13. Шубик, В.М. Опыт мониторинга здоровья при воздействии малых доз ионизирующего излучения [Текст]: монография / И.М. Шубик, И.К. Романович. – СПб. : СПбНИИРГ, 2005. – 303 с.
14. Васильев, Н.В. Медико-социальные последствия ядерных катастроф [Текст]: монография / Н.В. Васильев, В.И. Мальцев, В.Н. Коваленко и др. – Киев: Здоров'я, 1999. – 295 с.

V.M. Shubik

Immunological Research in Radiation Hygiene

FSO «Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev»
of Federal Service for Surveillance on Consumer Rights protection and Human Well-being, Saint-Petersburg

Published data and the author's own research results on the application of immunologic methods to the problems of industrial and public radiation hygiene, hygienic standardization, etc. are summarized and analyzed. Data are presented on the effect of low doses of the ionizing irradiation for the estimation of the health quality at low doses of irradiation as one of the most important problems of the theory and practice of the radiation hygiene. The high radiosensitivity of a series of immunologic indices is demonstrated, as well as the importance of their changes for the formation of pathologic states, stochastic and nonstochastic consequences of the irradiation.

Key words: *immunologic methods, radiation hygiene, low doses.*