

УДК 577.391+616-001.28  
© 2002

### МЕСТНЫЕ ЛУЧЕВЫЕ ПОРАЖЕНИЯ: ОЦЕНКА ПОСЛЕДСТВИЙ И ИСХОДОВ

*Н.Д. Окладникова, Н.Я. Кабашева, В.А. Шевкунов*  
*Россия, г. Озерск, Южно-Уральский институт биофизики*

*А.К. Гуськова*  
*Россия, г. Москва, ГИЦ РФ «Институт биофизики»*

*Е.А. Еманова*  
*Россия, г. Озерск, Центральная медико-санитарная часть №71*

По данным многолетнего медицинского наблюдения (до 50 лет) проведен ретроспективный анализ клинических проявлений местных лучевых травм (172 человека) и профессионального дерматита (59 человек) в когорте работников ПО «Маяк» с целью оценки последствий и исходов этой профессиональной патологии. Основная доля местных профессиональных поражений кожи в когорте персонала ПО «Маяк» имела место в первые годы освоения новых сложных технологий (50–60-е гг.). Лучевые ожоги диагностированы преимущественно у работников радиохимического и реакторного производств, тогда как профессиональный дерматит – у работников плутониевого производства. Опухолевая трансформация поздних трофических язв выявлена в 1,1% после лучевых ожогов и 2,4% – в группе работников с профессиональным дерматитом, что значительно меньше значений, сообщаемых в литературе при анализе последствий соответствующей радиационной патологии. Обсуждается роль комплекса профессиональных факторов в этиологии профессионального дерматита у работников плутониевого производства (механический, химический и радиационный факторы).

В проблеме отдаленных последствий радиационного воздействия в настоящее время местные лучевые поражения занимают более скромное место, чем острая, хроническая лучевая болезнь и последствия инкорпорация различных радионуклидов, хотя научный и практический интерес к этой проблеме насчитывает многие десятилетия. Публикации 20–70-х гг. свидетельствовали о внимании практических врачей к последствиям лучевых ожогов, дерматитов у рентгенологов, радиологов, исследователей экспериментальных лабораторий, о поисках путей снижения онкологического риска при этих поражениях [1–4 и др.]. Новый интерес к проблеме обусловлен как медицинскими последствиями аварии на Чер-

нобыльской атомной станции, так и непрерывно случающимися случаями местных лучевых поражений при небрежном отношении к источникам ионизирующего излучения [5–7 и др.]. Оценка прошлого клинического опыта может служить основой для правильного выбора лечебно-профилактических мероприятий и для прогнозирования последствий местных лучевых поражений.

Целью настоящей работы является ретроспективная оценка последствий и исходов местных лучевых травм (ожогов) и профессиональных дерматитов у персонала, имевшего профессиональный контакт с источниками ионизирующего излучения, эффективности проведенных лечебных мероприятий на основе мно-

голетнего клинического наблюдения за группой работников, имевших местные поражения 14–50 лет назад.

### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Оценены в динамике клинические проявления лучевых ожогов разной степени тяжести у 172 работников, имевших профессиональный контакт с различными источниками ионизирующего излучения, и 59 работников, имевших диагноз профессионального дерматита. Авторы работы наблюдали пациентов как в остром периоде местных поражений, так и в периоде ближайших и отдаленных последствий и исходов. Ретроспективно проанализирована вся доступная медицинская документация: текущие и архивные медицинские книжки, амбулаторные карты, истории болезни, результаты ежегодных медицинских осмотров терапевтом и «узкими» специалистами, периодических исследований в различных стационарах. Оценивали характер и выраженность изменений кожных покровов на пораженных ранее участках, результаты дополнительных исследований (капилляроскопия, рентгенограммы костей), если они были осуществлены, лечебные и профилактические мероприятия на протяжении периода наблюдения. Инциденты с местными лучевыми поражениями (ожогами) произошли в 1949–1986 гг. на реакторном, радиохимическом, плутониевом производствах и на заводе по производству радиоактивных изотопов (ПО «Маяк»). У работников реакторов источником облучения были облученный в реакторе блок или штанги и детали аппарата, побывавшего в активной зоне реактора и обладающие наведенной активностью. Условиями облучения были непосредственный контакт руки с блоком или деталью за время, измеряемое секундами. Работники радиохимического и плутониевого заводов имели контакт с растворенными облученными урановыми блоками. Источником облучения являлся раствор высокой удельной активности. Условиями облучения был кон-

такт за счет попадания раствора на спецодежду и открытую часть тела, а также контакт с коммуникациями аппаратов при выполнении ремонтных работ. Основным видом локального облучения было гамма-бета облучение. В 2 случаях тяжелые местные лучевые поражения от крайне неравномерного гамма-нейтронного облучения сочетались с клиническими проявлениями острой лучевой болезни. Восстановление дозы локального облучения — проблема чрезвычайно сложная, т.к. каждый случай уникален по комплексу условий (источник облучения, вид излучения, способ контакта, время контакта, дополнительные факторы в виде химических, температурных, ранних лечебных и профилактических мероприятий и др.). У работников, пострадавших от локального облучения, были сделаны попытки восстановления дозы, однако, как показывает клиническая картина лучевого поражения, практически во многих случаях нет уверенности в корректности этих оценок. Предполагаемые дозы локального облучения обсуждены с отделом общей и радиационной безопасности ПО «Маяк» (рук. Е.К.Василенко) и в определенной мере служили источником клинико-дозиметрических сопоставлений.

Поскольку задачей исследования была оценка последствий и исходов локального облучения, основной акцент в работе сделан на анализе клинических данных в динамике.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Как было указано выше, местные лучевые поражения (лучевые ожоги) произошли на заводах различного типа, в том числе:

- радиохимический — 78 случаев (45,3%);
- реакторный — 54 случая (31,4%);
- плутониевый — 17 случаев (9,9%);
- завод по производству радиоизотопов — 21 случай (12,2%);
- исследовательская лаборатория — 1 случай (0,6%);
- случайный свидетель радиационного инцидента — 1 случай (0,6%).

Таблица 1

Периоды диагностики лучевых ожогов

Годы	Основные заводы		Радиоизотопный завод		Другие инциденты		Всего	
	n	%	n	%	n	%	n	%
1949–1953	117	78,5	–	–	1	50,0	118	68,6
1954–1958	15	10,1	–	–	1	50,0	16	9,3
1960–1970	12	8,1	16	76,2	0	0	28	16,3
1971–1986	5	3,3	5	23,8	0	0	10	5,8
Всего	149	100,0	21	100,0	2	100,0	172	100,0

Таблица 2

Возраст работников на период радиационного инцидента

Возраст, лет	Мужчины		Женщины		Всего	
	n	%	n	%	n	%
<20	4	2,8	1	3,7	5	2,9
20–25	51	35,2	16	59,3	67	39,0
26–30	47	32,4	7	25,9	54	31,4
31–35	18	12,4	0	0,0	18	10,5
36–40	10	6,9	1	3,7	11	6,4
>40	15	10,3	2	7,4	17	9,8
Всего	145	84,3	27	15,7	172	100,0

Эти данные свидетельствуют о том, что почти половина случаев лучевых ожогов имела место на радиохимическом заводе, треть случаев – на реакторном производстве и значительно меньшее число случаев – на радиоизотопном заводе и плутониевом производстве. Ретроспективный анализ показал, что наибольшее число радиационных инцидентов с местными поражениями (78,5%) произошло в первые годы освоения сложнейших технологий на основных заводах ядерного цикла (1949–1953 гг.) – табл. 1.

Последний случай лучевого ожога на основных заводах ПО «Маяк» зарегистрирован в

1986 г. В изучаемой когорте женщины составили 15,7% (27 человек), мужчины – 84,3% (145 человек). Возраст на момент лучевой травмы у большинства (73,3%) не превышал 30 лет (табл. 2).

Локализация местных лучевых поражений представлена в табл. 3.

Более половины случаев местных поражений локализовались на верхних конечностях (51,5%), преимущественно на кистях (44,2%). В 1/3 случаев ожоги локализовались на коже нижних конечностей (33,6%), преимущественно на стопах (29,0%). Таким образом, основной локализацией ожогов были

Таблица 3  
Локализация местных лучевых поражений

Локализация	Количество случаев	Процент от общего числа случаев
Кисти	76	44,2
Стопы	50	29,0
Предплечье	8	4,7
Лицо, небо, конъюнктива	8	4,7
Локтевой сустав	4	2,3
Бедро	4	2,3
Голень	3	1,7
Ягодицы	2	1,2
Коленный сустав	1	0,6
Лопатка	1	0,6
Паховая область	1	0,6
Несколько локализаций (2-4)	14	8,1
Всего	172	100,0

Таблица 4  
Характеристика степени тяжести клинических проявлений при лучевых ожогах

Степень поражения	Число случаев	Процент от общего числа случаев
Первая (I)	34	19,8
Первая-вторая (I-II)	42	24,4
Вторая (II)	71	41,3
Вторая-третья (II-III)	11	6,4
Третья (III)	9	5,2
Третья-четвертая (III-IV)	3	1,7
Четвертая (IV)	2	1,2
Всего	172	100,0

верхние и нижние конечности.

При оценке степени поражения учитывали продолжительность латентного периода, характер и выраженность кожных изменений в периоде клинических проявлений лучевой травмы и последующую динамику процесса. Определенную долю составляли клинические проявления, которые можно было оценить как переходные от одной стадии к другой. Табл. 4 характеризует структуру поражений с учетом тяжести (степени) поражения.

Клинические проявления местных лучевых травм в большинстве случаев (85,5%) соответствовали I-II степени тяжести. 14 рабочих (8,1%) имели наиболее тяжелую степень поражения (III-IV), из них в 2 случаях обширные поражения кожи конечностей сочетались с клиническими проявлениями острой лучевой болезни средней степени тяжести, как это было указано выше. Из 172 человек у 146 (84,9%) установлен жизненный статус на 01.01.2000 г. Находились под медицинским наблюдением в одном медицинском учреждении 89 человек (51,7%), остальные 83 человека выбыли из города в разное время, из них у 57 человек установлен жизненный статус на последний период наблюдения. Из 146 человек с известной судьбой 86 человек (58,9%) умерли, остальные (31 человек) проживают в городе Озерске или других городах России и СНГ. Период медицинского наблюдения от клинических проявлений лучевой травмы до настоящего времени или даты выбытия из города, даты смерти значительно варьировал и составил соответственно:

- менее 5 лет – 48 человек (27,9%);
- 5–10 лет – 21 человек (12,2%);
- 11–20 лет – 20 человек (11,6%);
- 21–30 лет – 17 человек (9,9%);
- 31–40 лет – 27 человек (15,7%);
- 41–50 лет – 39 человек (22,7%).

Таким образом, у большинства работников (72,1%) период медицинского наблюдения превышает 10 лет и почти в половине случаев (48,3%) составляет 20–50 лет, т.е. достаточно длительный период для оценки реализации возможных опухолевых последствий

Таблица 5

Клиническая характеристика последствий  
лучевых ожогов разной степени тяжести

Степень поражения	Период наблюдения, годы	Клинические симптомы
I степень	1–50	Через 3–6 месяцев и в последующий период наблюдения не регистрируется макроскопических изменений кожи
I–II и II степень	1–50	Сухость кожи, умеренные атрофические изменения, участки депигментации, гиперкератоз, телеангиэктазии
II–III и III степень	2–7	Сухость кожи, трещины, гиперкератоз, телеангиэктазии, остеопороз, нарушение периферического кровообращения, повторные трофические язвы, требующие оперативного лечения (удаление язв с последующей аутопластикой в 76%, ампутация фаланг – в 44,0%)
	8–50	Сухость кожи, атрофические изменения, кожа тонкая, блестящая, неравномерность пигментации, телеангиэктазии, рубцовые (послеоперационные) изменения, без нарушения функции или со сгибательной контрактурой пальцев и ограничением их функции, хорошее состояние трансплантатов
IV степень	32–46	После ранней ампутации пораженных конечностей ампутационные культы в удовлетворительном состоянии, в области послеоперационных рубцов кожа истончена, блестящая, редко возникают трофические язвы, поддающиеся консервативному лечению. В одном случае (высокая ампутация бедра) периодически возникают фантомные боли

локального облучения. Анализ локальной клинической симптоматики в отдаленном периоде наблюдения показал, что выраженность кожных изменений на участках бывших местных лучевых травм коррелирует со степенью поражения в периоде клинических проявлений. В табл. 5 представлена общая характеристика зарегистрированных последствий облучения.

Из 141 человека с установленным жизненным статусом на последний период наблюдения рак кожи развился у одного работника, имевшего в 1951 г. (в возрасте 25 лет) бета-ожог пальцев левой кисти I–II степени. В последующие годы на участках поражения развились явления выраженного дерматита с су-

хостью кожи, шелушением, гиперкератозом, бородавчатыми разрастаниями, язвочками. В 1975 г. диагностирован рак кожи IV пальца левой кисти (гистологически – плоскоклеточный ороговевающий). Произведена дезартикуляция IV пальца с последующей пластикой операционного дефекта. Через 9 месяцев развился рецидив рака с прорастанием в подлежащие ткани и распространением на III–V пальцы левой кисти. Произведена ампутация кисти, предплечья на границе средней и верхней трети его. Через год выявлены метастазы рака кожи в подмышечную область, предложено оперативное лечение, от которого больной категорически отказался. Распространение метастатического процесса осложни-

лось повторными кровотечениями из эрозированной подмышечной артерии. Произведенное в последующем оперативное лечение по жизненным показаниям (ампутация культи левой руки, резекция ключицы, лопатки) не остановило распространение метастатического процесса. Больной скончался через 4 года 10 месяцев после первичной диагностики рака кожи.

В целом в наблюдаемой когорте частота рака кожи в отдаленном периоде наблюдения составила 0,7% от числа лиц с известным жизненным статусом или 1,1% от числа работников с местными лучевыми травмами, наблюдающихся (наблюдавшихся) в одном медицинском учреждении.

Другой формой профессиональных местных поражений были профессиональные дерматиты. Ретроспективно рассмотрены первичные данные медицинского наблюдения в 59 случаях профессионального дерматита с целью оценки отдаленных последствий, прежде всего возможного развития рака кожи. Распределение этих случаев в зависимости от характера производств было следующим:

- плутониевое производство — 39 человек (66,1%);
- радиохимическое производство — 3 человека (5,1%);
- реакторное производство — 1 человек (1,7%);
- радиоизотопный завод — 16 человек (27,1%).

Обращает внимание тот факт, что большинство случаев профессионального дерматита было диагностировано на плутониевом производстве. Процесс локализовался на кистях и имел достаточно сходную картину (сухость кожи, шелушение, трещины, атрофические изменения, участки гиперкератоза, в единичных случаях — эрозии, изъязвления). На 01.01.00 жизненный статус установлен у 41 работника (69,5%), из них 34 человека наблюдались в одном медицинском учреждении. Сроки медицинского наблюдения составили менее 5 лет у 16 человек (27,1%), 5–10 лет — 8 человек (13,5%), 11–20 лет — 4 человека

(6,8%), 21–30 лет — 8 человек (13,6%), 31–47 лет — 23 человека (39,0%). Таким образом, почти в 60,0% длительность наблюдения превышает 10 лет, а в 39% случаев составляет 31–47 лет. В связи с тем, что процесс локализовался на кистях, особое внимание было уделено оценке средств дезактивации рук, которые использовались в первые годы освоения новых технологических процессов. До внедрения манипуляторов (1973) работа с радиоактивными растворами проводилась вручную с использованием резиновых перчаток, что создавало риск попадания растворов на кожу. В случаях обнаружения радиоактивного «загрязнения» кожных покровов кистей использовали комплекс различных отмывающих средств (вода с мылом, щавелевая кислота, карбонат аммония, иногда керосин, позднее — различные достаточно эффективные пасты). Нередко процедура отмывания проводилась очень интенсивно и многократно повторялась до достижения допустимого уровня «загрязнения» кожных покровов. С внедрением автоматизации ведения технологических процессов, манипуляторов при проведении ручных операций риск развития профессионального дерматита был сведен к нулю. С конца 60-х гг. не диагностировано ни одного нового случая профессионального дерматита в условиях регламентной деятельности предприятий. При улучшении условий труда в ближайшие 2–7 лет у каждого девятого работника (11,7%) явления дерматита не определялись, и в последующем не наблюдалось каких-либо патологических изменений кожи кистей. В остальных случаях в отдаленном периоде наблюдения выявляется сухость кожи (26,0%), шелушение (18,6%), сглаженность кожного рисунка (11,6%), атрофические изменения (14,0%). В двух случаях гиперкератоза было проведено оперативное лечение. При гистологическом исследовании биоптатов не выявлено опухолевой трансформации клеток. В одном случае на фоне торпидного течения дерматита (продолжавшийся контакт с источниками бета-гамма излучения в дозах более допустимых при работе в исследовательской группе) сформир-

ровалась глубокая язва на IV пальце левой руки. Гистологически диагностирован плоскоклеточный ороговевающий рак кожи, проведено оперативное лечение. Послеоперационное течение гладкое, функция кисти не нарушена. Таким образом, в отдаленном периоде наблюдения работников, имевших профессиональный дерматит, злокачественное новообразование кожи выявлено у одного человека из 41 с известной на 01.01.00 г. судьбой, т.е. в 2,4% случаев.

Результаты проведенного анализа показали, что основная доля лучевых ожогов и случаев профессионального дерматита пришлось на ранний период становления основных заводов ядерного цикла. Совершенствование технологических процессов, автоматизация производства, внедрение эффективных средств индивидуальной защиты привели к резкому снижению частоты случаев этой профессиональной патологии. В последние 15 лет на основных заводах ПО «Маяк» не зарегистрировано новых случаев местных лучевых травм и профессионального дерматита. Мы не описываем в настоящей работе комплекс лечебных мероприятий, т.к. это сделано в ранних публикациях [8–11]. Современные подходы к лечению лучевых ожогов у пострадавших во время радиационной аварии на ЧАЭС описаны в работах [5–7]. Оценка последствий местных поражений у работников ПО «Маяк» дает основание сделать вывод о том, что своевременно начатое (с момента радиационного инцидента) местное и общеукрепляющее лечение, раннее оперативное лечение при торпидном течении трофических язв и профилактические меры, принятые на последующих этапах медицинского наблюдения (повторные курсы витаминотерапии, препараты, повышающие общую реактивность организма, местное применение питательных мазей, систематическое санаторно-курортное лечение и др.), позволили во многих случаях предупредить тяжелые последствия, восстановить трудоспособность работников, способствовать их полной социальной реабилитации. Раннее оперативное лечение при торпидном течении ранних и

поздних трофических язв с последующей аутопластикой способствовало прекращению патологического процесса, надежному заживлению раневой поверхности, восстановлению функции. Еще в 60-х гг. большое внимание уделялось проблеме своевременного хирургического лечения трофических язв при лучевых ожогах [9–10]. Следует отметить также, что в случаях обширных лучевых ожогов IV степени поражения (2 случая) своевременно принятое решение об ампутации пораженных конечностей сохранило жизнь пациентов. В последующем удалось достичь их полной социальной реабилитации.

Литературные данные свидетельствуют о высокой частоте в структуре последствий лучевых ожогов злокачественных новообразований. Так, в ранних обобщающих работах, охватывающих более 400 случаев рака кожи после локального облучения, было обращено внимание на высокий процент исходов в рак (10,0–80,0%) и достаточно широкий временной диапазон латентного периода [4]. В нашем наблюдении, как мы полагаем, лечебная тактика в остром периоде местного поражения, своевременное хирургическое лечение в случаях трофических язв, систематическое диспансерное наблюдение явились эффективными мерами профилактики бластомогенных эффектов (низкий процент злокачественного перерождения).

В меньшей степени в последние десятилетия в литературе поднимается вопрос о профессиональном дерматите при работе с источниками ионизирующего излучения. Эта проблема широко обсуждалась до 70-х гг. (лучевые дерматиты радиологов, рентгенологов, рентгентехников). Обращалось внимание на высокий выход рака кожи с локализацией на пораженных участках. В обобщающих работах [12–14] анализируются последствия лучевого дерматита у 60–104 человек (преимущественно медицинский персонал). Процент злокачественного перерождения составил 10,0–55,7% с латентным периодом от одного до 37 лет. Гистологическими исследованиями подтверждена стадийность процесса с перехо-

дом в диспластическую стадию. К сожалению, мы не располагаем в наших наблюдениях результатами гистологических исследований, но отдаленные результаты свидетельствуют о том, что в большинстве случаев диагностированного дерматита удалось остановить процесс на стадии простого дерматита [13]. Такому благополучному исходу способствовали значительное улучшение условий труда, комплекс средств местного лечения. Мы предполагаем, что этиологическими факторами профессионального дерматита на плутониевом производстве явились микротравматизация кожных покровов рук при их обработке, химические факторы и локальное радиационное воздействие. Об этом свидетельствует и низкий выход трофических язв с торпидным течением, которые более характерны для «чисто» лучевых дерматитов. В одном случае рака кожи IV пальца левой руки (злокачественное перерождение трофической язвы на фоне выраженного дерматита) было получено подтверждение факта периодического локального переоблучения пальцев левой кисти при проведении исследовательской работы. Оперативное лечение было успешным.

Известно, что дерматиты способствуют развитию экзематозного процесса, повышают чувствительность кожи к действию микробных факторов и предрасполагают к грибковым поражениям. Система диспансерного наблюдения за работающими (работавшими) в контакте с источниками ионизирующего излучения позволяет предупреждать эти осложнения.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основная доля местных профессиональных поражений кожи в когорте персонала ПО «Маяк» имела место в первые годы освоения новых сложных технологий (50–60-е гг.). Лучевые ожоги диагностированы преимущественно у работников радиохимического и реакторного производств, тогда как профессиональный дерматит — у работников плутониевого производства. Опухолевая трансформация поздних трофических язв выявлена в 1,1% после

лучевых ожогов и 2,4% — в группе работников с профессиональным дерматитом, что значительно меньше значений, сообщаемых в литературе при анализе последствий соответствующей радиационной патологии. Обсуждается роль комплекса профессиональных факторов в этиологии профессионального дерматита у работников плутониевого производства.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Неменов М.И. Рентгенология. — М. — 1933. — Ч.1. — С. 300–316.
2. Краевский Н.А. Патологическая анатомия радиационных поражений. — М.: Медгиз. — 1955. — С. 257–275.
3. Власова Е.Ф. Лучевые поражения кожи рук. I–II серии наблюдений / Вопросы клиники лучевой болезни. — М. — 1955. — С. 140–152.
4. Побединский М.Н., Кудрицкий Ю.К. Реакция кожи на действие ионизирующей радиации. — М.: Медгиз. — 1958. — 160 с.
5. Guskova.A.K. Basic principles of the treatment of local radiation injuries // Brit. J. Radiat. 19 (Suppl). — 1986. — P. 122–125.
6. Barabanova A., Guskova A.K. The diagnosis and treatment of skin injuries and other non bone marrow syndromes in Chernobyl Victims. In.: Medical Basis for Radiological Accident: Preparedness II. Clinical Experience and Follow-up Since 1979. Elsevier; New York, Amsterdam, London. — 1990. — P. 183–189.
7. Barabanova A. Treatment and of Radiation Injury to Skin. In.: Advances in the treatment of Radiation injuries. Eds: T.J. MacVittie, J.F. Weiss, D. Browne. — 1994. — V.94. — P. 241–247.
8. Еманова Е.А. К вопросу о лечении отдаленных последствий острых лучевых повреждений кожи // Бюл. рад. мед. — 1961. — № 2а. — С. 42–46.
9. Петушков В.Н. Радиационные ожоги // Хирургия. — 1952. — № 10. — С. 11–15.
10. Петушков В.Н. Развитие и течение местной радиационной травмы тканей / Острая радиационная травма у человека. М. 1965. —



С. 183–207.

11. Шевкунов В.А., Мороз Г.С. Отдаленные последствия местной острой лучевой травмы тканей и вопросы лечения (предварительные данные) // Бюл. рад. мед. – 1971. – № 1. – С. 92–96.

12. Monfort J., Duperrat B. Radiodermites. Etude de 60 cas personnels // Sem. Hop. Paris. – 1965. – V.41. – № 8/2. – P. 465–472.

13. Lagrot F., Mussini-Montpellier J., Streit R. Etude histopatologique et evolutive des radiodermites chroniques professionnelles des doigts // Sem. Hop. Paris. – 1970. – V. 46. – № 13. – P. 866–878.

14. Lagrot F. Notes recueillies au cours de la conference du professeur Lagrot. Le 21 avril 1970 // Radioprotection. – 1971. – V. 6. – № 3. – P. 187–207.