

В.Ю. Соловьев, А.Ю. Бушманов, М.А. Карамуллин, Е.А. Гудков,  
Л.Ю. Мершин, И.А. Галстян, А.С. Кретов, Н.А. Метляева

## ОСОБЕННОСТИ ПОСТРАДАЦИОННОЙ ДИНАМИКИ КОЛИЧЕСТВА НЕЙТРОФИЛОВ ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ КРОВИ ПРИ ГАММА-НЕЙТРОННОМ ОБЛУЧЕНИИ ПОСТРАДАВШИХ В АВАРИЯХ С ПОТЕРЕЙ КОНТРОЛЯ НАД КРИТИЧНОСТЬЮ

Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна ФМБА России, Москва

Контактное лицо: Владимир Юрьевич Соловьев, e-mail: soloviev.fmbc@gmail.com

### РЕЗЮМЕ

**Цель:** Исследование особенностей пострадиационной динамики количества нейтрофилов периферической крови при гамма-нейтронном облучении в результате самопроизвольной цепной реакции (СЦР).

**Материал и методы:** В качестве объекта исследования использовались материалы баз данных по радиационным авариям и по острой лучевой болезни (ОЛБ) из информационного ресурса ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России. Рассмотрены материалы четырех однотипных радиационных аварий с потерей контроля над критичностью и образованием СЦР: двух аварий 1971 г. и двух аварий 1968 г. Для аварий с СЦР характерно преобладание в ближней зоне значимой нейтронной компоненты в спектре гамма-нейтронного излучения. В этих авариях пострадало в общей сложности 11 чел. Проанализированы условия облучения и клинично-лабораторная картина ОЛБ с признаками восстановления кроветворения у семи пострадавших в этих авариях.

**Результаты:** Показано, что условия облучения пострадавших в указанных радиационных авариях существенно отличались от классической модели общего равномерного облучения, неравномерностью распределения дозы в объеме тела облученных. Изменение количества нейтрофилов в периферической крови у пострадавших в радиационных авариях с СЦР имеет особенности по сравнению с известной кинетикой при равномерном общем облучении. Фазы первичного повышения, первичного снижения, abortивного подъема и вторичного снижения количества нейтрофилов по времени наступления и продолжительности при равномерном и неравномерном облучении не различались, но фаза восстановления во втором случае наступала на 6–8 сут. раньше, сокращая наиболее опасную фазу минимума, приходящуюся на период разгара костномозговой формы ОЛБ. Это свидетельствует о большей сохранности эндогенного пула стволовых кроветворных клеток и их потомков при неравномерном распределении дозы в объеме тела пострадавших, которая обеспечивает более раннее восстановление собственного кроветворения в периоде разгара ОЛБ. Несмотря на сочетанный характер радиационного поражения и дополнительного формирования местных лучевых поражений кожи вследствие воздействия нейтронной компоненты излучения, острый период ОЛБ характеризовался более благоприятным течением инфекционных проявлений поражения.

**Ключевые слова:** радиационная авария, самопроизвольная цепная реакция, неравномерное гамма-нейтронное облучение, острая лучевая болезнь, период разгара, кинетика нейтрофилов

**Для цитирования:** Соловьев В.Ю., Бушманов А.Ю., Карамуллин М.А., Гудков Е.А., Мершин Л.Ю., Галстян И.А., Кретов А.С., Метляева Н.А. Особенности пострадиационной динамики количества нейтрофилов периферической крови при гамма-нейтронном облучении Пострадавших в авариях с потерей контроля над критичностью // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2026. Т. 71. № 2. С. 13–17. DOI:10.33266/1024-6177-2026-71-2-13-17

V.Yu. Soloviev, A.Yu. Bushmanov, M.A. Karamullin, E.A. Gudkov,  
L.Yu. Mershin, I.A. Galstyan, A.S. Kretov, N.A. Metlyaeva

## Peculiarities of Post-Irradiation Dynamics of the Absolute Peripheral Blood Neutrophil Count Following the Exposure to Gamma-Neutron Rays in Victims of Criticality Accidents

A.I. Burnazyan Federal Medical Biophysical Center, Moscow, Russia

Contact person: Vladimir Yurievich Soloviev, e-mail: soloviev.fmbc@gmail.com

### ABSTRACT

**Purpose:** Was to investigate the post-radiation dynamics of peripheral blood neutrophil count following gamma-neutron irradiation resulting from a spontaneous chain reaction (SCR).

**Material and methods:** Databases (on radiation accidents and acute radiation sickness (ARS)) from the information resource of the A.I. Burnazyan Federal Medical Biophysical Center of the Federal Medical and Biological Agency of Russia were used for the study. Data from four similar radiation accidents involving loss of criticality control and the formation of a spontaneous chain reaction (SCR) were reviewed: two accidents in 1971 and two accidents in 1968. SCR accidents are characterized by the predominance of a significant neutron component in the near-field gamma-neutron spectrum. A total of 11 people were injured in these accidents. The irradiation conditions and clinical and laboratory findings of ARS with signs of hematopoiesis recovery in seven victims of these accidents were analyzed.

**Results:** It was shown that the irradiation conditions of victims in these radiation accidents differed significantly from the «classical» model of uniform general irradiation, with uneven dose distribution across the body volume of the exposed individuals. Changes in neutrophil count in the peripheral blood of victims of radiation accidents with sequential chain reaction (SCR) exhibited distinctive features compared to the known kinetics for uniform general irradiation. The phases of initial increase, initial decrease, abortive rise, and secondary decline in neutrophil count did not differ in onset and duration under uniform and uneven irradiation, but the recovery phase in the latter case occurred 6–8 days earlier, shortening the most dangerous minimum phase, which occurs during the peak of the bone marrow form of ARS. This sug-

gests greater preservation of the endogenous pool of hematopoietic stem cells and their progeny with uneven dose distribution throughout the body of the victims, which ensures earlier restoration of endogenous hematopoiesis during the peak of ARS. Despite the combined nature of radiation injury and the additional formation of local radiation-induced skin lesions due to exposure to the neutron component of the radiation, the acute period of ARS was characterized by a more favorable course of infectious manifestations of the injury.

**Keywords:** radiation accident, SCR, self-reactive crises, non-uniform gamma-neutron irradiation, ARS, peak period, neutrophil kinetics

**For citation:** Soloviev VYu, Bushmanov AYu, Karamullin MA, Gudkov EA, Mershin LYu, Galstyan IA, Kretov AS, Metlyayeva NA. Peculiarities of Post-Irradiation Dynamics of the Absolute Peripheral Blood Neutrophil Count Following the Exposure to Gamma-Neutron Rays in Victims of Criticality Accidents. Medical Radiology and Radiation Safety. 2026;71(2):13–17. DOI:10.33266/1024-6177-2026-71-2-13-17

## Введение

В прошлом имело место несколько аварийных ситуаций на предприятиях Росатома, связанных с потерей контроля над критичностью и возникновением самопроизвольной (самоподдерживающейся) цепной реакции (СЦР) [1, 2]. Особенностью радиационного поражения пострадавших при этом являлось наличие значимой нейтронной компоненты в спектре излучения и, как следствие, крайне неравномерное по телу облучение.

При клинически значимом радиационном поражении в суб- и окололетальных дозах возникает костномозговая форма ОЛБ. Критическим органом при костномозговой форме ОЛБ является красный костный мозг, локализованный в костях скелета человека. В случаях, когда неравномерность распределения дозы в теле облученного человека затрагивает области активного костномозгового кроветворения, сохраняется значительное количество неповрежденных стволовых кроветворных клеток и их потомков по сравнению с равномерным облучением в той же средней дозе [2–4, 5].

В радиационных авариях с потерей контроля над критичностью облучение пострадавших происходит в результате возникновения СЦР (с преимущественно нейтронной компонентой в спектре излучения), обуславливающей неравномерность распределения дозы в объеме тела пострадавших, что клинически приводит к формированию вариантов сочетанной радиационной патологии (ОЛБ и местных лучевых поражений кожи – МЛП кожи) [3–6, 8].

Цель настоящей работы – оценка влияния особенностей условий облучения у пострадавших в радиационных авариях с потерей контроля над критичностью на динамику нейтропении и восстановления костномозгового кроветворения при сочетанном радиационном поражении (в варианте ОЛБ и МЛП кожи) в различные периоды поражения.

## Материал и методы

Объектом исследования послужили две базы данных из информационного ресурса ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России – по радиационным авариям и по острой лучевой болезни.

Из первой базы данных были отобраны радиационные аварии, характеризовавшиеся сходными спектрами гамма-нейтронного излучения и условиями облучения пострадавших в них лиц (4 аварии на экспериментальных водо-водяных критсборках), при которых неконтролируемому сверхнормативному облучению, приведшему к возникновению острых радиационных поражений, в общей сложности подверглось 11 чел. Из второй базы данных были получены и изучены истории болезни 7 пациентов из числа пострадавших в этих авариях, у которых наблюдали признаки восстановления кроветворения с периода разгара лучевого поражения.

В проведенном исследовании изучали изменение содержания в периферической крови нейтрофилов в раз-

ные периоды течения при сочетанном остром радиационном поражении (ОЛБ от неравномерного облучения в сочетании с МЛП кожи) в результате неравномерного гамма-нейтронного внешнего облучения при авариях с СЦР. Для сравнения использовали усредненные данные изменения содержания в периферической крови нейтрофилов при ОЛБ в результате равномерного облучения тела в сопоставимой средней дозе у пострадавших при аварии на ЧАЭС 1986 г., где условия облучения соответствовали модели относительно равномерного воздействия на все тело гамма-излучения [7]. Номера клинических наблюдений, представленные в статье, соответствуют номерам пациентов в базе данных ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России по острой лучевой болезни [2].

## Результаты и обсуждение

### Описание аварийных ситуаций

Исходным материалом для анализа являются данные пострадиационной динамики количества нейтрофилов в периферической крови пострадавших в четырех радиационных авариях с потерей контроля над критичностью: двух аварий 1971 г. (далее обозначены как аварии № 1 и № 2) и двух аварий 1968 г. (далее обозначены как аварии № 3 и № 4).

Две аварии на экспериментальных водо-водяных критсборках имели место в 1971 г. Авария №1 произошла 15.02.1971 г. [1,6]. Критсборка была смонтирована в бетонном помещении площадью 6,4×3,7 м<sup>2</sup> и высотой 13 м. Она состояла из урановых стержней, помещенных в цилиндрический бак с водой диаметром 1,8 м и высотой 1,6 м. На высоте 5 м от пола в помещении был сделан настил из рифленого железа, на котором в момент возникновения СЦР находились три оператора (№ 3030, № 3036, № 3037 – здесь и далее коды пострадавших соответствуют их нумерации в базе данных [2]). Вторая авария произошла на этом же предприятии примерно через 3 месяца после первой (авария № 2, 26.05.1971) в сопоставимых условиях. В ней пострадало 4 человека (двое погибших). Фрагмент клинической картины dvoих пострадавших в этой аварии (№ 3008, № 3009) анализируется в настоящей работе.

Рассматриваемая авария № 3 произошла 05.04.1968 г., когда во время проведения эксперимента на критсборке (состоящей из сферы из высокообогащенного урана (90 % <sup>235</sup>U) с полостью, заполненной полиэтиленом в центре, и внешним отражателем из природного урана), при опускании верхней полусферы внешнего отражателя система стала критической и произошла СЦР (источник находился на высоте 1,7 м от пола) [1]. Пострадали два человека, один из них умер через 55 ч после облучения. Вторым пострадавшим (№ 3047) умер на 53-и сутки, но у него было отчетливое восстановление кроветворения [2].

Радиационная авария № 4 имела место 10.12.1968 г., когда при переливании раствора высокообогащенного <sup>235</sup>U с помощью стеклянной бутылки произошел скачок критичности, вызвавший вспышку СЦР. Рабочий, увидев вспышку, уронил бутылку, и она разбилась, после чего рабочий быстро вышел из помещения. Второй, более мощный, скачок критичности произошел, когда руководитель (№ 3046) зашел в помещение и попытался переместить сосуд; при этом произошел выброс раствора плутония, который накрыл человека [1]. Пострадавший получил высокую дозу облучения, смерть наступила на 36-е сутки после облучения, однако, при этом у него имели место явные признаки восстановления кроветворения.

Описание реконструированных условий облучения, результаты расчетной физической дозиметрии и биологической индикации дозы (цитогенетика) и клинических диагнозов при рассмотренных примерах радиационных аварий представлены в табл. 1 [1–3, 8].

**Описание сравнительной динамики содержания нейтрофилов в периферической крови у пострадавших в радиационных авариях с СЦР в различных сроки после облучения**

При рассмотрении особенностей динамики нейтрофилов в периферической крови после облучения у семи пострадавших в радиационных авариях с СЦР, приведшего к формированию у них сочетанной острой радиационной патологии в виде ОЛБ и МЛП кожи, сравнивали фактические данные пациентов с установленными дозовыми зависимостями для пострадавших при аварии на ЧАЭС 1986 г., где условия облучения соответствовали модели относительно равномерного воздействия на все тело гамма излучения [7].

На рис. 1–3 представлена пострадиационная динамика количества нейтрофилов периферической крови семи пострадавших в четырех радиационных авариях с потерей контроля над критичностью, где индивидуальные фазовые колебания показателей у конкретных пострадавших (фазы первичного подъема, первичного опустошения, abortивного подъема, вторичного опустошения, минимума и восстановления) сравниваются с установленной динамикой изучаемого показателя для различных значений поглощенной дозы при общем равномерном облучении от источника преимущественно гамма-излучения, полученной на модели радиационной аварии на Чернобыльской АЭС (1986 г.).

Как видно из рис. 1, количество нейтрофилов в периферической крови пострадавших в аварии № 1 пациентов № 3030, 3036, 3037 в динамике после острого облучения демонстрирует формирование к концу скрытого периода ОЛБ фазы т.н. «вторичного опустошения» [5], что в целом соответствует динамике этого показателя для ОЛБ, возникшей при условиях относительно равномерного гамма-облучения.




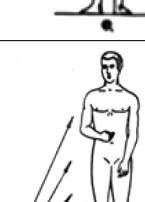
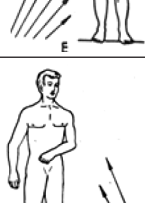
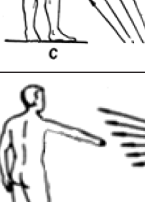

Так у пациентов № 3030 и № 3036 она располагается между дозовыми кривыми 1 и 2 Гр при относительно равномерном облучении, примерно соответствуя дозе 1,5 Гр. А в случае пациента № 3037 кривая динамики количества нейтрофилов в периферической крови после облучения расположена между дозовыми кривыми 2 и 3 Гр для условий равномерного облучения.

Обращают внимание отличия динамики рассматриваемого лабораторного показателя после облучения для ОЛБ, возникшей при радиационной аварии с СЦР, от ситуаций равномерного общего гамма-облучения: 1) меньшая выраженность нейтропении во все фазы костномозгового синдрома, в т.ч. в периоде разгара заболевания;

Таблица 1

**Условия и последствия облучения пострадавших в авариях с потерей контроля над критичностью**

**Conditions and consequences of irradiation of victims in criticality loss accidents**

| Код пострадавших [2] | Условия облучения [3]  | Дозы и последствия облучения [2]   |
|----------------------|--|--|
| 3030 (авария № 1)    |    | Доза расчет/цитогенетика – 2–4 / 3,6 Гр, доза расчет: левая нога – 20 Гр. Диагноз: ОЛБ средней степени от неравномерного облучения: КМС III степени тяжести. МЛП кожи II–III степени (лицо, левая стопа, голень, ягодицы, задняя часть бедер)  |
| 3036 (авария № 1)    |    | Доза расчет/цитогенетика – 2–4 / 3,3 Гр, доза расчет: правая нога – 16 Гр. Диагноз: ОЛБ средней степени от неравномерного облучения: КМС II степени. МЛП кожи III–IV степени (правые ягодица, бедро, стопа). Желудочно-кишечный синдром  |
| 3037 (авария № 1)    |   | Доза расчет/цитогенетика – 1,8 / 3,7 Гр. Предположительная доза (в соответствии с первичной реакцией) – 3–4 Гр. Диагноз: ОЛБ средней степени: КМС II степени тяжести. МЛП кожи I–II степени (лицо, шея, верхняя половина груди, левая половина спины, левая половина шеи сзади)  |
| 3008 (авария № 2)    |  | Доза расчет/цитология – 9,5 / 3,8 Гр (спереди – 10 Гр, сзади – 5 Гр). Диагноз: ОЛБ тяжелой степени от неравномерного облучения: КМС III степени. ОФС I степени. Желудочно-кишечный синдром. МЛП кожи I–II степени (лицо, правая кисть, правая паховая область)   |
| 3009 (авария № 2)    |  | Доза расчет/цитогенетика – 8,5 / 5,4 Гр, расчет: спереди – более 5 Гр, сзади – 3 Гр. Диагноз: ОЛБ тяжелой степени в результате облучения γ-излучением. Желудочно-кишечный синдром. Паренхиматозный гепатит. МЛП кожи I степени (лицо, кисти (тыльная и ладонная поверхность), стопы). Алопеция   |
| 3047 (авария № 3)    |  | Дозы (расчет): грудь – 14 Гр, голова – 15 Гр, ноги – 12 Гр, правая рука – 31 Гр, кисть правой руки – 52 Гр. Диагноз: ОЛБ крайне тяжелой степени: КМС крайне тяжелой степени. МЛП кожи IV степени (голова, левая рука), III степени (левые половина груди и половина кожи живота, пах, нога, ягодица). Смерть на 53-и сут.                |
| 3046 (авария № 4)    |  | Доза расчет/цитогенетика – 13,0 / 7,4 Гр; доза на кожу от контакта с раствором Pu не оценивалась. Диагноз: ОЛБ крайне тяжелой степени от неравномерного облучения: КМС IV степени. МЛП кожи IV степени – голова, шея, обе кисти, левая нога; III степени (левая половина груди). Ампутация левой голени на 22-е сут. Смерть на 36-е сут. |

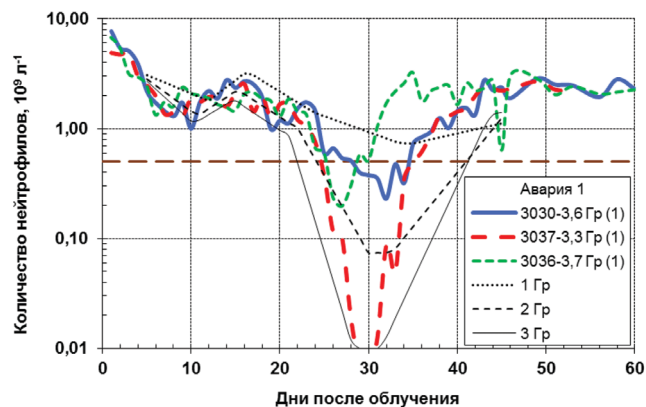


Рис. 1. Пострадиационная динамика количества нейтрофилов в периферической крови пострадавших (№ 3030, № 3037 и № 3036) в аварии № 1 с СЦП; черным цветом обозначены графики для относительно равномерного облучения гамма-излучением: D=1 Гр, 2 Гр и 3 Гр

Fig. 1. Post-irradiation dynamics of absolute peripheral blood neutrophil count of victims (# 3030, # 3037 and # 3036) involved in criticality accident # 1; compared to the cases of relatively uniform gamma exposure (shown in black): D = 1, 2 and 3 Gy

2) меньшая продолжительность фазы минимума в периоде разгара заболевания.

Соответственно: восстановление количества нейтрофилов в периферической крови до границы клинически значимого уровня тяжелой нейтропении ( $0,5 \times 10^9 \text{ л}^{-1}$ ) в пострадиационной динамике для рассматриваемых пострадавших наступает гораздо раньше, чем для соответствующей динамики при относительно равномерном гамма облучении (для пациента № 3037 примерно на 7 сут. раньше).

Схожее отличие от условий равномерного облучения динамики количества нейтрофилов в периферической крови после облучения наблюдается для двух выживших в аварии №2 пациентов № 3008 и № 3009, рис. 2.

Первые 4 фазы динамики изменения количества нейтрофилов в периферической крови после облучения у указанных пациентов в целом соответствуют таковым при относительно равномерном облучении в дозе порядка 5–6 Гр. Но восстановление кроветворения у этих пострадавших (№ 3008 и №3 009), подобно пострадавшим

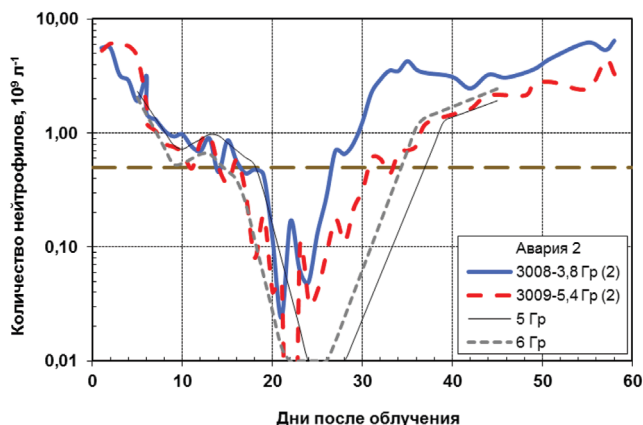


Рис. 2. Пострадиационная динамика количества нейтрофилов в периферической крови двух пострадавших (№ 3008 и № 3009) в аварии № 2 с СЦП; черным цветом обозначены графики для относительно равномерного облучения гамма-излучением: D=5 Гр и 6 Гр

Fig. 2. Post-irradiation dynamics of absolute peripheral blood neutrophil count of victims (# 3008 and # 3009) involved in criticality accident # 2; compared to the cases of relatively uniform gamma exposure (shown in black): D = 5 and 6 Gy

в аварии № 1, также наступило значительно раньше, чем ожидаемое для условий относительно равномерного облучения (на 8 дней и на 4 дня, соответственно), повторяя особенности у пострадавших в аварии № 1.

Такая же закономерность в пострадиационном восстановлении количества нейтрофилов в периферической крови наблюдалась у двух пострадавших в авариях 1968 г. № 3 и № 4 (пациенты № 3047 и № 3046, соответственно), рис. 3. Хотя в обоих случаях исход ОЛБ оказался неблагоприятным, но по результатам прижизненного и посмертного обследования наблюдали превышение количества нейтрофилов  $10 \times 10^9/\text{л}$  в периферической крови к 22 и 32 сут., соответственно, с последующим восстановлением до исходного уровня. Этого, как правило, не наблюдается при общем равномерном облучении в такой дозе. Разница во времени наступления фазы восстановления гранулоцитарного роста кроветворения для обоих случаев, по сравнению с ожидаемым при равномерном облучении в той же дозе, оценивалась в 8–10 сут.

Обнаруженные на примере 4 радиационных аварий с возникновением СЦП особенности динамики количества нейтрофилов в периферической крови у 7 пострадавших после факта воздействия гамма-нейтронных излучений при различной расчетной средней дозе облучения на все тело, убедительно свидетельствуют о существенных особенностях формирования и течения ОЛБ, связанными с условиями облучения.

С одной стороны, установленные условия облучения при радиационных авариях такого типа, свидетельствуют о неравномерности распределения поглощенной дозы в объеме тела облученного (см. таблицу 1), что позволяет отнести поражение, возникшее у пострадавших к группе нозологических форм ОЛБ от неравномерного облучения [8].

С другой стороны, анализируемые особенности динамики количества нейтрофилов в периферической крови после облучения в рассмотренной группе пораженных [2–4], отличающие их от пострадавших в радиационной аварии на Чернобыльской АЭС [7] и существенно влияющие на течение ОЛБ, её прогноз и содержание лечебных мероприятий демонстрируют биологические эффекты такого неравномерного облучения.

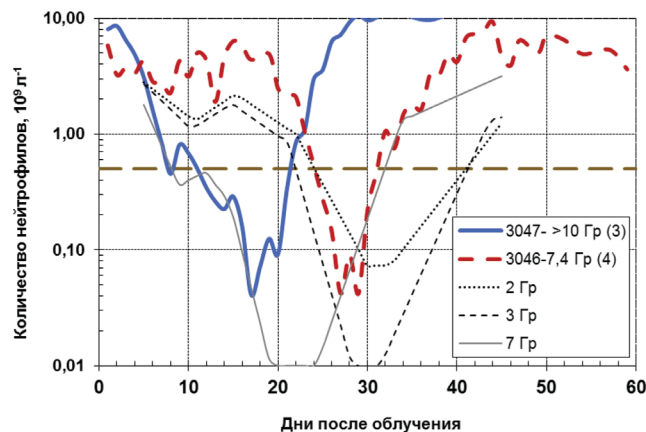


Рис. 3. Пострадиационная динамика количества нейтрофилов в периферической крови пострадавших в авариях 1968 г. № 3 (№ 3047) и № 4 (№ 3046) с СЦП; черным цветом обозначены графики для относительно равномерного облучения гамма-излучением: D=2 Гр, 3 Гр и 7 Гр

Fig. 3. Post-irradiation dynamics of absolute peripheral blood neutrophil count of victims involved in criticality accidents # 3 (# 3047) and # 4 (# 3046), compared to the cases of relatively uniform gamma exposure (shown in black): D = 2, 3 and 7 Gy

Представляется очевидным, что при неравномерном общем (в отличие от равномерного общего) облучении при одинаковой средней дозе на все тело, в организме пострадавших в радиационной аварии с СЦР сохраняются области, где локальная доза в активном красном костном мозге, оказывается существенно ниже средней на все тело. Соответственно, пациенты с ОЛБ от неравномерного облучения сохраняют больший потенциал для регенерации костного мозга, что выражается в более раннем восстановлении количества клеток в периферической крови.

Представляется примечательным, что различия в протекании костномозгового синдрома ОЛБ при общем неравномерном облучении, по сравнению с неравномерным, помимо глубины нейтропении, проявляются в периоде разгара ОЛБ в виде разной длительности фазы максимальной нейтропении, а в периоде восстановления в виде возвращения количества нейтрофилов практически к исходному уровню.

### Выводы

1. Радиационные аварии с потерей контроля над критичностью характеризуются условиями облучения, приводящими к неравномерному распределению дозы гамма нейтронного облучения в объеме тела пострадавших.
2. Неравномерность облучения при средней дозе на все тело, сопоставимой с равномерным общим облучением, приводит к существенному разбросу локальных доз облучения активного костного мозга в различных областях тела.

3. Существенные различия в динамике количества нейтрофилов в периферической крови при общем равномерном и неравномерном облучении, начинают проявляться в периоде разгара ОЛБ в виде разной продолжительности фазы максимальной нейтропении, а в последующем – в разной степени восстановления показателей (от исходного уровня).
4. Эти различия (условий облучения и динамики количества нейтрофилов в периферической крови после облучения) следует учитывать при дифференциальной диагностике ОЛБ от равномерного и неравномерного облучения и установлении окончательного клинического диагноза поражения.

### Заключение

Ретроспективный анализ клинических случаев ОЛБ, возникшей в результате различных радиационных аварий и инцидентов, содержащийся в базах данных ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России по радиационным авариям и по ОЛБ, дает возможность исследовать особенности клинико-лабораторной картины этой патологии при различных условиях облучения и распределения дозы в объеме тела пострадавших.

В условиях возвращения острой радиационной патологии в повестку дня отечественной системы здравоохранения выявление особенностей её формирования при неравномерном общем облучении с целью оптимизации диагностических инструментов и разработки критериев персонализации лечения при ОЛБ.

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Маклафлин Т.П., Монахан Ш.П., Прувост Н.Л., Фролов В.В., Рязанов Б.Г., Свиридов В.И. Обзор ядерных аварий с возникновением СЦР. Лос-Аламос: Лос-Аламосская национальная лаборатория, 2003. 155 с.
2. Барабанова А.В., Баранов А.Е., Бушманов А.Ю., и др. Острая лучевая болезнь человека. Атлас. Часть II. Пострадавшие при других радиационных авариях, кроме радиационной аварии на ЧАЭС 1986 г. / Под ред. А.С.Самойлова и В.Ю.Соловьева. М.: ФМБЦ им. А.И.Бурназяна ФМБА России, 2017. 111 с.
3. Воробьев А.И., Бриллиант М.Д. Клиника и лечение острой лучевой болезни, вызванной гамма-нейтронным облучением (1973) // Избранные материалы «Бюллетеня радиационной медицины». Том II. М.: ФМБЦ им. А.И.Бурназяна ФМБА России, 2016. С. 300-343.
4. Селидовкин Г.Д., Барабанова А.В. Острая лучевая болезнь от общего облучения / Под ред. Л.А.Ильина // Радиационная медицина. Т.2. М.: ИздАТ, 2001. 72 с.
5. Воробьев А.И., Бриллиант М.Д., Друтман Р.Д., и др. Восстановление положения пострадавших при аварийной ситуации и дозовых нагрузок на отдельные участки тела (1974) // Избранные материалы «Бюллетеня радиационной медицины». Том II. М.: ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, 2016. С. 353-368.
6. Соловьев В.Ю., Баранов А.Е., Кончаловский М.В., Чистопольский А.С. Прогнозирование пострадиационной динамики концентрации нейтрофилов в периферической крови человека при неравномерном облучении // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 1997. Т.42. №3. С. 17-23.
7. Вловова Н.А., Иванов Т.А., Покровская В.Н., Суворова Л.А. Динамика аплазии костного мозга при острой лучевой болезни, вызванной сочетанным бета-, гамма-излучением // Избранные материалы «Бюллетеня радиационной медицины». Том I. М.: ФМБЦ им. А.И.Бурназяна ФМБА России, 2016. С. 333-345.
8. Соловьев В.Ю., Баранов А.Е., Хамидулин Т.М. База данных по острым лучевым поражениям человека. Сообщение 2. Прогнозирование пострадиационной динамики концентрации нейтрофилов периферической крови человека при неравномерном по телу аварийном облучении // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2011. Т.56. №4. С. 24-31.

### REFERENCES

1. Maklaffin T.P., Monakhan S.H.P., Pruvost N.L., Frolov V.V., Ryazanov B.G., Sviridov V.I. *Obzor Yadernykh Avariyy s Возникновением SCSR = Review of Nuclear Accidents with the Occurrence of Self-Sustaining Chain Reaction*. Los Alamos, Los Alamos National Laboratory, 2003. 155 p. (In Russ.).
2. Barabanova A.V., Baranov A.Ye., Bushmanov A.Yu., et al. *Ostraya Luchevaya Bolezny' Cheloveka. Atlas. Chast' II. Postradavshiy pri drugikh Radiatsionnykh Avariyyakh, krome Radiatsionnoy Avarii na CHAES 1986 g.* = Acute Radiation Sickness in Humans. Atlas. Part II. Victims of other Radiation Accidents, Except for the 1986 Chernobyl Accident. Ed. A.S.Samoylov, V.Yu.Soloviev. Moscow, FMBTS im. A.I.Burnazyana FMBA Rossii Publ., 2017. 111 p. (In Russ.).
3. Vorob'yev A.I., Brilliant M.D. Clinic and Treatment of Acute Radiation Sickness Caused by Gamma-Neutron Irradiation (1973). *Izbrannyye Materialy Byulletenya Radiatsionnoy Meditsiny* = Selected Materials of the Bulletin of Radiation Medicine. Volume II. Moscow, FMBTS im. A.I.Burnazyana FMBA Rossii Publ., 2016. P. 300-343. (In Russ.).
4. Selidovkin G.D., Barabanova A.V. Acute Radiation Sickness from General Irradiation. Ed. L.A.Ill'in. *Radiatsionnaya Meditsina* = Radiation Medicine. Vol. 2. Moscow, IzdAT Publ., 2001. 72 p. (In Russ.).
5. Vorob'yev A.I., Brilliant M.D., Drutman R.D., et al. Reconstruction of the Position of Victims in an Emergency Situation and Dose Loads on Individual Parts of the Body (1974). *Izbrannyye Materialy Byulletenya Radiatsionnoy Meditsiny* = Selected Materials of the Bulletin of Radiation Medicine. Volume II. Moscow, FMBTS im. A.I.Burnazyana FMBA Rossii Publ., 2016. P. 353-368. (In Russ.).
6. Soloviev V.Yu., Baranov A.Ye., Konchalovskiy M.V., Chistopol'skiy A.S. Prediction of Post-Radiation Dynamics of Neutrophil Concentration in Human Peripheral Blood under Non-Uniform Irradiation. *Meditsinskaya Radiologiya i Radiatsionnaya Bezopasnost'* = Medical Radiology and Radiation Safety. 1997;42;3:17-23 (In Russ.).
7. Vyalova N.A., Ivanov T.A., Pokrovskaya V.N., Suvorova L.A. Dynamics of Bone Marrow Aplasia in Acute Radiation Sickness Caused by Combined Beta and Gamma Radiation. *Izbrannyye Materialy Byulletenya Radiatsionnoy Meditsiny* = Selected Materials of the Bulletin of Radiation Medicine. Volume I. Moscow, FMBTS im. A.I.Burnazyana FMBA Rossii Publ., 2016. P. 333-345 (In Russ.).
8. Soloviev V.Yu., Baranov A.Ye., Khamidulin T.M. Database of Acute Radiation Injuries to Humans. Report 2. Forecasting Post-Radiation Dynamics of Neutrophil Concentration in Human Peripheral Blood under Uneven Emergency Irradiation Throughout the Body. *Meditsinskaya Radiologiya i Radiatsionnaya Bezopasnost'* = Medical Radiology and Radiation Safety. 2011;56;4:24-31 (In Russ.).

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Финансирование.** Исследование не имело спонсорской поддержки.

**Участие авторов.** Статья подготовлена с равным участием авторов.

**Поступила:** 20.01.2026. **Принята к публикации:** 25.02.2026.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

**Financing.** The study had no sponsorship.

**Contribution.** Article was prepared with equal participation of the authors.

**Article received:** 20.01.2026. **Accepted for publication:** 25.02.2026.