

А.П. Ермилов
ФЕНОМЕН ТОПЛИВНЫХ ЧАСТИЦ В ПОСЛЕДСТВИЯХ АВАРИИ НА ЧАЭС
(ОБЗОР)¹

ООО «НТЦ Амплитуда»

Контактное лицо: Алексей Павлович Ермилов, e-mail: info@amplituda.ru

Предметом исследования явились последствия взрыва активной зоны энергетического уран-графитового реактора РБМК на ЧАЭС - события уникального и, надеемся, неповторимого.

В результате ядерного взрыва, разрушившего четвёртый блок ЧАЭС, сразу после взрыва в воздухе над территорией станции возникло облако, содержавшее аэродисперсную систему, включавшую аэрозоли, образовавшиеся при взрыве. Взрыв произошел перед предполагаемой перезагрузкой активной зоны реактора. Таким образом в облаке выброса оказались радиоактивные продукты деления и активации урана, накопившиеся в топливе активной зоны реактора за время кампании. Восточный ветер в ночь 26.04.1986г понёс облако взрыва на запад, оставляя на поверхности земли радиоактивный след от аэрозольных выпадений.

Непосредственной причиной аварии было использование в ту ночь системы аварийной защиты для остановки реактора. Реактор взорвался при вводе стержней аварийной защиты в активную зону². Конструкция стержней аварийной защиты была такова², что именно их введение в активную зону в сложившихся условиях инициировало развитие неконтролируемой цепной реакции деления в активной зоне реактора. Взрыв закончился с прекращением термализации нейтронов из-за разрушения графитовой кладки.

В отличие от взрыва ядерного заряда, происходящего на мгновенных нейтронах деления со средней энергией $\sim 2 \cdot 10^6$ эВ, неконтролируемая цепная реакция деления в активной зоне реактора развивалась на термализованных мгновенных нейтронах с энергией $\sim 2,5 \cdot 10^{-2}$ эВ, т.е. со скоростью передачи цепи как минимум в $\sim 10^4$ раз медленнее. «Конкуренция» между развитием ядерного взрыва с одной стороны и разрушением графитовой кладки взрывом – с другой, привела к ядерному взрыву в активной зоне реактора с тротильным эквивалентом по разным оценкам порядка $\sim 10 \div 30$ т ТНТ.

В течение 36 часов 106 человек с показаниями на острую лучевую болезнь, оказавшиеся в момент взрыва на территории и в помещениях ЧАЭС, были госпитализированы в Клиническую больницу №6 3-го ГУ Минздрава СССР в г. Москва. Из них 26 больных умерли в течение трех месяцев после аварии. Для всех пациентов в клинике по гематологическим показателям были оценены значения дозы внешнего облучения. Что касается внутреннего облучения, то из-за отсутствия необходимых сведений о природе произошедшего дозовый его вклад в судьбу пострадавших пришлось оценивать по клиническим показателям. Итоги клинических наблюдений за время пребывания пострадавших в больнице подведены в монографии, изданной в 2011 году: А.К. Гуськова, И.А. Галстян, И.А. Гусев «Авария Чернобыльской атомной станции (1986-2011 гг.): последствия для здоровья, размышления врачей». Цитата: «Дозиметрические исследования содержания в организме цезия и йода проводились как непосредственно в палатах, так и при расширении режима в лаборатории на счетчиках излучения тела человека... Эти квалифицированные измерения подтвердили крайнюю редкость существенной инкорпорации радионуклидов и преобладающую значимость внешнего излучения в развитии изменений в состоянии здоровья пострадавших».

Приведенный вывод о незначимости внутреннего облучения не представляется бесспорным. Из-за разрушений, вызванных взрывом, сразу после взрыва возник «сквозняк», протянувший аэродисперсную смесь диспергированного ядерного топлива из разрушенного реактора через рабочие помещения, в которых находилась ночная смена работников ЧАЭС, к вентиляционной трубе высотой 110м. Свидетельством этого были немалые усилия, затраченные на дезактивацию системы вентиляции рабочих помещений ЧАЭС при запуске третьего энергоблока почти через год после взрыва четвертого энергоблока. Из общих соображений представляется очевидным, что аэродисперсная смесь содержала и фракцию грубодисперсных нерастворимых аэрозолей диспергированного взрывом ядерного топлива. При ингаляции преимущественному депонированию грубодисперсных аэрозолей подвергаются верхние дыхательные пути. Основным механизмом их естественной очистки является мукоцилеарный транспорт депонированных аэрозолей в ЖКТ в течение от нескольких десятков минут до суток после поступления с дальнейшей задержкой на ~ 2 суток в ЖКТ и фекальной экскрецией (транзитное выведение). Очевидно, что «квалифицированные измерения на СИЧ», проведенные через несколько суток, запоздали, и этот существенный фактор внутреннего облучения остался недоучтенным. То же самое можно сказать и о результатах посмертных измерений активности в тканях и органах погибших.

На основе анализа результатов собственных исследований аварийных выпадений и результатов клинических наблюдений, проведенных в Клинической больнице №6, установлено наличие существенного дозового вклада от транзита топливных частиц, и сделана его оценка для тех, кто оказался в момент аварии в помещениях ЧАЭС и позже погиб. Показано, что причиной смерти части из них была кишечная форма острой лучевой болезни, обусловленная сочетанным воздействием внешнего фотонного излучения и бета-излучения ингалированных радионуклидов на систему воспроизводства однослойного цилиндрического эпителия тонкого кишечника при транзите ингалированных топливных частиц через ЖКТ.

Получено объяснение причины «чернобыльского кашля» - детерминированного эффекта, распространявшегося летом 1986 г. и летом 1987 г. среди людей, оказавшихся на территориях, подвергшихся интенсивным аварийным радиоактивным выпадениям ЧАЭС.

Таким образом, удалось дополнить существенными деталями общую картину одного из самых значимых радиационных инцидентов атомного века.

Ключевые слова: Чернобыльская АЭС, авария, ядерное топливо, топливные частицы, «горячие» частицы, «летучая» фракция, острая лучевая болезнь

Для цитирования: Ермилов А.П. Феномен топливных частиц в последствиях аварии на ЧАЭС // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2021. Т.66. №6. С. 119–120. https://medradiol.fmbafmbc.ru/journal_medradiol/abstracts/2021/6/ap_ermilov.pdf

DOI: 10.12737/1024-6177-2021-66-6-119-120

¹ Полная версия статьи А.П. Ермилова, опубликована в общем доступе на сайте журнала https://medradiol.fmbafmbc.ru/journal_medradiol/abstracts/2021/6/ap_ermilov.pdf

² А.С. Дятлов. Чернобыль. Как это было, Научтехлитиздат, Москва, 2003, ISBN5-93728-006-7.



A.P. Ermilov
THE PHENOMENON OF FUEL PARTICLES IN CONSEQUENCES OF THE CHNPP ACCIDENT
(OVERVIEW)¹

LLC "STC Amplitude"

Contact person: Alexey Pavlovich Ermilov, e-mail: info@amplituda.ru

The subject of the study was the consequences of the explosion of the core of the RBMK power uranium-graphite reactor at the Chernobyl NPP - a unique event and, we hope, unrepeatability.

As a result of a nuclear explosion that destroyed the fourth unit of the Chernobyl nuclear power plant, immediately after the explosion, a cloud appeared in the air above the station's territory, containing an aerodispersed system that included aerosols formed during the explosion. The explosion occurred before the proposed reloading of the reactor core. Thus, the emission cloud contained radioactive fission and uranium activation products that had accumulated in the fuel of the reactor core during the campaign. The east wind on the night of 04/26/1986 carried the explosion cloud to the west, leaving a radioactive trail from aerosol fallouts on the earth's surface.

The immediate cause of the accident was the use of an emergency protection system that night to shut down the reactor. The reactor exploded when the emergency protection rods were inserted into the core². The design of the emergency protection rods was such² that it was their introduction into the core under the prevailing conditions that initiated the development of an uncontrolled fission chain reaction in the reactor core. The explosion ended with the termination of neutron thermalization due to the destruction of the graphite stack.

In contrast to the explosion of a nuclear charge occurring on prompt fission neutrons with an average energy of $\sim 2 \times 10^6$ eV, an uncontrolled chain fission reaction in the reactor core developed on thermalized prompt neutrons with an energy of $\sim 2.5 \times 10^{-2}$ eV, i.e. with a chain transfer rate at least $\sim 10^4$ times slower. "Competition" between the development of a nuclear explosion on the one hand and the destruction of the graphite stack by an explosion, on the other, led to a nuclear explosion in the reactor core with TNT equivalent, according to various estimates, on the order of ~ 10 -30 t TNT.

Within 36 hours, 106 people with indications of acute radiation sickness, who were at the time of the explosion on the territory and in the premises of the Chernobyl nuclear power plant, were hospitalized in Clinical Hospital No. 6 of the 3rd GU of the USSR Ministry of Health in Moscow. Of these, 26 patients died within three months after the accident. For all patients in the clinic, the values of the external radiation dose were assessed according to the hematological parameters. As for internal exposure, due to the lack of necessary information about the nature of the incident, its dose contribution to the fate of the victims had to be assessed by clinical indicators. The results of clinical observations during the stay of the victims in the hospital are summarized in a monograph published in 2011: A.K. Guskova, I.A. Galstyan, I.A. Gusev «The accident of the Chernobyl nuclear power plant (1986-2011): consequences for health, a doctor's thoughts.» Quote: "Dose-metric studies of the content of cesium and iodine in the body were carried out both directly in the wards and during the expansion of the regime in the laboratory on the radiation meters of the human body ... These qualified measurements confirmed the extreme rarity of significant incorporation of radionuclides and the predominant importance of external radiation in the development of changes in the state of health victims «.

The above conclusion about the insignificance of internal exposure does not seem to be indisputable. Due to the destruction caused by the explosion, immediately after the explosion, a «draft» arose that pulled the aero-dispersed mixture of dispersed nuclear fuel from the destroyed reactor through the working rooms, where the night shift of Chernobyl NPP workers was located, to a ventilation pipe 110 m high. This was evidenced by the considerable efforts spent on deactivation of the ventilation system of the working rooms of the Chernobyl nuclear power plant when the third power unit was launched almost a year after the explosion of the fourth power unit. From general considerations, it seems obvious that the aerodispersed mixture also contained a fraction of coarsely dispersed insoluble aerosols of nuclear fuel dispersed by the explosion. During inhalation, the upper respiratory tract is exposed to the predominant deposition of coarse aerosols. The main mechanism of their natural purification is mucociliary transport of deposited aerosols in the gastrointestinal tract for several tens of minutes to a day after admission, with a further delay of ~ 2 days in the gastrointestinal tract and fecal excretion (transient excretion). It is obvious that the «qualified measurements at the SIR», carried out several days later, were late, and this significant factor of internal irradiation remained underestimated. The same can be said about the results of postmortem measurements of activity in the tissues and organs of the deceased.

Based on the analysis of the results of our own studies of accidental fallouts and the results of clinical observations carried out in Clinical Hospital No. 6, the presence of a significant dose contribution from the transit of fuel particles was established, and its assessment was made for those who were at the time of the accident in the premises of the Chernobyl NPP and later died. It was shown that the cause of death of some of them was the intestinal form of acute radiation sickness, caused by the combined effect of external photon radiation and beta radiation of inhaled radionuclides on the reproduction system of the single-layer columnar epithelium of the small intestine during transit of inhaled fuel particles through the gastrointestinal tract.

An explanation was obtained for the cause of the «Chernobyl cough» - a deterministic effect that spread in the summer of 1986 and in the summer of 1987 among people who found themselves in the territories subjected to intensive emergency radioactive fallout from the Chernobyl nuclear power plant.

Thus, it was possible to add essential details to the general picture of one of the most significant radiation incidents of the atomic age.

Key words: *Chernobyl nuclear power plant, accident, nuclear fuel, fuel particles, "hot" particles, "volatile" fraction, acute radiation sickness*

For citation: Ermilov AP. The Phenomenon of Fuel Particles in Consequences of the CHNPP Accident. Medical Radiology and Radiation Safety. 2021;66(6):119-120. https://medradiol.fmbafmbc.ru/journal_medradiol/abstracts/2021/6/ap_ermilov.pdf

DOI: 10.12737/1024-6177-2021-66-6-119-120

¹The full version of the article by Ermilova A.P. published in the public domain on the journal's website https://medradiol.fmbafmbc.ru/journal_medradiol/abstracts/2021/6/ap_ermilov.pdf

²Dyatlov AS. Chernobyl, How It Was. Nauchtekhlitizdat. Moscow, Russia. 2003. ISBN5-93728-006-7.

