

РЕФЕРАТ «Лавообразные топливосодержащие массы объекта «Укрытие» подготовлен авторским коллективом под руководством директора ОЯИРБ, заместителя генерального директора МНТЦ «Укрытие» Александра БОРОВОГО и отвечает на вопросы о распространении лавообразных топливосодержащих масс (ЛТСМ) по помещениям четвертого блока ЧАЭС, физико-химических свойствах ЛТСМ и количестве содержащегося в них ядерного топлива.

◆ НА ПЕРЕКРЕСТКЕ МНЕНИЙ

Ядерное топливо в „саркофаге“:

сколько и в каком виде?

Результаты этих исследований могут быть использованы при разработке методов разборки четвертого энергоблока и захоронения топлива. Печатается с сокращениями.

С высокоактивным, напоминающим черное стекло материалом, исследователи, работавшие на четвертом блоке ЧАЭС, столкнулись впервые осенью 1986 года. В одном из подреакторных помещений была обнаружена гигантская застывшая капля, впоследствии получившая название «Слоновая нога». Анализ ее материала показал, что в основном она состоит из двуоксида кремния с примесью других соединений, в том числе и соединений урана. Спектральный состав активности образцов «Слоновой ноги» полностью совпадал со спектральным составом облученного ядерного топлива, имеющим среднее для четвертого блока выгорание.

Впоследствии ЛТСМ были обнаружены во многих подреакторных помещениях. В их составе содержалась значительная часть урана, находившегося до аварии в активной зоне, и значительная часть наработанных в реакторе радионуклидов. Поэтому ЛТСМ стали предметом изучения, которое преследовало

несколько целей. В том числе, определение ядерной опасности больших скопленных лав, радиационной опасности как самих лав, так и продуктов их разрушения, а также с целью использовать информацию о составе и структуре ЛТСМ для восстановления сценария протекания активной стадии аварии.

Все указывает на то, что процесс образования лавы происходил в юго-восточной части подаппаратного помещения 305/2 (отм. 9.00). В ходе этого процесса были расплавлены часть металлоконструкций схемы основания реактора («ОР») и ее серпентинитовая засыпка.

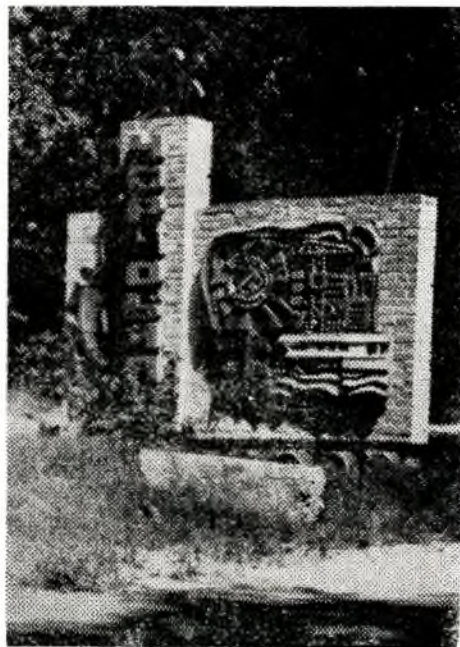
По мере увеличения массы расплава он распространялся по полу помещения 305/2, достигал краев паросбросных клапанов, переливался внутрь и попадал в нижние помещения, созданные для локализации пара при проектной аварии. Эти помещения, парораспределительный коридор (ПРК) и два этажа бассейна-барботера (ББ-2 и ББ-1), расположены на отметках 6,00 м, 3,00 м и 0,00 м соответственно.

Одновременно расплав мог распространяться и в горизонтальном направ-

(Окончание на 2 стр.)

Ядерное топливо в „саркофаге“:

сколько и в каком виде?



лении, так как в стене между помещениями 305/2 и 304/3 образовался пролом или прожог (точно не известно). По подреакторным помещениям растекался уже сформировавшийся расплав (металл + ТСМ), при этом металл оставался неизменным по составу, а керамические массы по мере растекания взаимодействовали с конструктивными материалами.

Исследования, проведенные в 1987 — 1989 годах, позволили выяснить места расположения основных скоплений ЛТСМ в нижних помещениях блока, описать их физико-химические свойства, обнаружить и начать изучение процессов разрушения ЛТСМ. Основные результаты этих исследований были использованы при написании «Технического обоснования ядерной безопасности объекта «Укрытие» (ТОЯБ).

За прошедшие годы благодаря проводившимся экспериментальным и расчетным работам накопилась новая информация о ЛТСМ и стало ясно, что часть старых данных должна быть пересмотрена или откорректирована.

Обследования помещений четвертого блока показали, что условно можно выделить три потока ЛТСМ: большой вертикальный, малый вертикальный и большой горизонтальный.

Начало большого вертикального потока — южный паросбросной клапан в юго-западной части помещения 305/2. Далее — паросбросной клапан в ПРК, помещения 210/7. Все паросбросные клапаны в ПРК заканчиваются тремя короткими патрубками, развернутыми под углом 120 градусов друг к другу.

В первом патрубке четвертого клапана наблюдается своеобразный застывший водопад коричневой керамики с крупными каплями и струями металла.

Второй патрубок — застывшая струя угольно-черной керамики.

Третий патрубок — шоколадно-коричневая масса, которая на полу помещения прикрывает расплавленный и застывший металл толщиной до 50 сантиметров.

Из пола ПРК выступают на 30 сантиметров верхние торцы паросбросных труб, перевалив через которые ТСМ протеки ниже — на второй) этаж бассейна-барботера (ББ). Здесь образовалась застывшая шоколадно-коричневая керамика. Еще ниже, на первом этаже ББ, наблюдается еще одно скопление ЛТСМ, также шоколадно-коричневая керамика.

Малый вертикальный поток берет начало в третьем и четвертом южных паросбросных клапанах в юго-восточной части помещения 305/2. Далее он проходит по ПРК, где застывшая угольно-черная керамика вытекает из патрубков третьего и четвертого клапанов.

Начало большого горизонтального потока — пролом в стене между помещениями 305/2 и 304/3 и далее помещение 304/3. Поверхность угольно-черной керамики сильно волнистая, в трещинах, имеются очень крупные пустоты. Далее через открытую дверь помещения 304/3 поток ЛТСМ попал в помещение 301/5 и разделился по двум направлениям: на запад и восток. В западном направлении поток прошел немного и затек лишь в помещение 303/3 через сорванную с пе-

тель дверь. В восточном направлении лавовый поток проделал путь значительно больше, около 50 метров.

Все ЛТСМ, обнаруженные в разрушенном энергоблоке, по внешним признакам могут быть разделены на несколько типов.

Коричневая стеклообразная масса (коричневая керамика), хрупкая, пронизана множеством пор различного диаметра. Структура поверхности чаще всего блестящая, иногда матовая, встречалась в виде слоя, расположенного над расплавленным и застывшим металлом, как флюс в металлургических процессах. В большом количестве содержит мельчайшие металлические шарики правильной формы. Обнаруживается главным образом в большом вертикальном потоке с основной локализацией в парораспределительном коридоре.

Черная стеклообразная масса (черная керамика) имеет угольно-черный цвет. Структура поверхности в некоторых случаях матовая с очень большим количеством газовых пор и пустот большого размера. Чаще всего такого вида керамика наблюдается ближе к центру образования ЛТСМ. В других случаях черная керамика имеет блестящую поверхность и напоминает антрацит. Чаще всего эта разновидность встречается на достаточном расстоянии от центра развития процессов.

Рассыпчатые куски, встречающиеся только в ББ под названием пемза. Образование серо-коричневого цвета, предположительно возникли при самом первом контакте высокотемпературной лавы с водой и вспененные мгновенно выделившимся паром. Эти образования пред-

ставляют собой хрупкий неоднородный материал, расположены они в районе проходок, через которые происходил сброс воды из ББ.

Переплавленный и застывший металл не содержит частиц топлива, а лишь отдельные осколки деления, например, рутений-106. Все типы ЛТСМ содержат в себе металлические шарики очень правильной формы и разного диаметра.

При детальном исследовании ЛТСМ выяснилось, что это гетерогенные твердые растворы, представляющие собой стекловидную матрицу с различного рода включениями. Физико-химические свойства ЛТСМ изучались как на макро- так и на микроуровне.

В зависимости от пористости плотность коричневой керамики колеблется от 1,6 до 2,8 г/см куб. Черная керамика имеет плотность в пределах 2,0 г/см куб. Плотность пемзы составляет 0,14 — 0,18 г/см куб. Для отдельных образцов ЛТСМ наблюдались и более высокие значения объемной плотности.

Процентное содержание топлива в ЛТСМ определялось двумя методами: химическим анализом и по результатам гамма-спектрометрического анализа. В абсолютном большинстве случаев результаты совпадали. Выяснилось, что количество топлива в ЛТСМ зависит от их цвета. Коричневая керамика содержит приблизительно в два раза больше урана, чем черная.

Проведенные рентгеноспектральный микроанализ и растровая электронная

микроскопия показали, что на микроуровне ЛТСМ представляют собой гетерогенный твердый раствор, «растворителем» которого является стеклообразная силикатная матрица с большим количеством разнообразных включений, среди которых установлены окислы урана, уранцирконий-кислородная фаза так называемый «чернобылит», металлические глобулы. «Чернобылит» представляет собой ураносодержащий силикат циркония явно техногенного происхождения. Он образует как отдельные дипирамидальные кристаллы размером от 5 до 500 микрон, так и их микродрузы. Распределение урана в кристаллах «чернобылита» неравномерное и контролируется зонами роста. Характерно обогащение ураном краевых частей кристалла. Его кристаллизация происходила при температуре значительно более высокой, чем температура плавления металла крышки основания реактора (1500°C).

Определение количества топлива в ЛТСМ на нижних этажах объекта «Укрытие» производилось теплотрическим методом, методом оценки по балансу цезия-137 и по содержанию магния. Полученные результаты говорят о том, что в ЛТСМ содержится от 90 до 60 тонн урана. Приведенная оценка достаточно грубая, сюда не входит топливо, находящееся на основании реактора или в шахте реактора.

Проведенные исследования показывают, что к выводам о количестве топлива, содержащегося в ЛТСМ, следует подходить с большой осторожностью. В исследованиях 1989 — 1992 годов особенно ясно проявилась их сложная структура и неоднородность. Эти свойства усугубляются начавшимися быстро развиваться процессами деградации лав. Поэтому, сделанные сейчас оценки все еще содержат большие неопределенности. Оценки эти приводятся в публикуемой ниже таблице.

Помещения	Количество топлива	Оценка погрешно.	Примечания
305/2 + ОР + шахта реактора	75	+25 -35	Теплотрический метод (Т). В погрешность включены неопределенности, связанные с влиянием тепловых потоков от других пом. на отм. 9,00, топлива на ОР и выше в шахте реактора.
ПРК	25	+11 -11	(Т). С учетом топлива в клапанах.
ББ-2	8	+3 -3	Визуальный метод (В).
ББ-1	1,5	+0,7 -0,7	(В).
304/3, 303/3, 301/5, 301/6, «Слоновая нога» и др.	11	+5 -5	(В).

Полное количество топлива (урана): наиболее вероятный интервал от 150 до 70 т.

Подготовил к публикации

Юрий ДРОНЖКЕВИЧ.

Фото Валерия КУЗЕНКОВА.