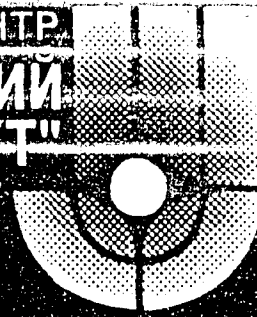


РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР

"КУРЧАТОВСКИЙ
ИНСТИТУТ"



А.Н. Киселев, А.И. Сурин,
К.П. Чечеров

ИАЭ-5783/3
RU9602120

РЕЗУЛЬТАТЫ
ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
МЕСТ СКОПЛЕНИЙ ЛАВООБРАЗНЫХ
ТОПЛИВОСОДЕРЖАЩИХ МАСС
НА 4-м БЛОКЕ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС

Москва — 1994



УДК 621.039

Ключевые слова: авария на ЧАЭС, лавообразные топливосодержащие массы, теплотрический метод, метод прямых измерений, баланс топлива.

Приводятся результаты определения количества топлива в лавообразных топливосодержащих массах полученные теплотрическим методом и методом непосредственных прямых измерений. Уточняются месторасположение и объемы ЛТСМ в местах скоплений. Приводятся обнаруженные факты взаимодействия ЛТСМ с конструкционными материалами.

The results of determination of the fuel quantity in the lava-like fuel containing masses (LFCM), obtained by the thermometric method and by direct measurements are given. The locations and volumes of LFCM in the places of their accumulation are defined the revealed facts of the LFCM-structural material interaction are presented.

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

АЗ - активная зона реактора
ББ - бассейн-барботер
БС - барабан сепаратор
КБ - конденсаторная батарея
ЛТСМ - лавообразные топливосодержащие массы
Марка - С - технологическая металлическая опора схемы "Л"
НВК - нижние водяные коммуникации
ПВК - верхние пароводяные коммуникации
ПК - паросбросной клапан
ПРК - парораспределительный коридор
ПТ - паросбросная труба в бассейн-барботер
Схема "Д" - верхняя часть кольцевого бака водяной защиты
Схема "Е" - крышка реактора
Схема "КЖ" - корпус реактора
Схема "Л" - кольцевой бак водяной защиты
Схема "ОР" - опора (дно) реактора

1. ВВЕДЕНИЕ

В конце 1989 года в Комплексной экспедиции при ИАЭ им. И.В. Курчатова были завершены работы Огородника С.С. и Попова В.Д., проводимые под руководством Борового А.А., по определению количества ядерного топлива, находящегося в лавообразных топливосодержащих массах (ЛТСМ) теплотрическим методом. Было сделано заключение, что в помещениях парораспределительного коридора (ПРК) на отметке 6,00 находится $23^+/_{11}$ тонн ядерного топлива, а в подаппаратном помещении 305/2 - $75^+/_{25}$ т. Для исходных данных к "Техническому обоснованию ядерной безопасности" экспертно определили количество топлива в других помещениях 4-го блока ЧАЭС, в итоге получилось $135^+/_{30}$ т. [1,8]

Полученные результаты определили направление работ проводимых на разрушенном 4-ом блоке (объекте "Укрытие"). Приоритет исследовательских работ был сконцентрирован на ЛТСМ, находившихся в нижних помещениях под реактором.

В лаборатории исследования топлива Комплексной экспедиции с 1988 года проводились работы по прямому измерению объемов ЛТСМ в местах их скоплений. Одновременно из этих мест брались топливосодержащие пробы. В Комплексной экспедиции, (г. Чернобыль), в РИЦ "Курчатовский институт", (г. Москва), в Радиевом институте (г. Санкт-Петербург) с использованием различных методов определялась плотность ЛТСМ и весовая концентрация UO_2 . В конце 1991 года было собрано достаточное количество данных для прямого расчета количества UO_2 в ЛТСМ. В мае 1992 года был выпущен препринт ИАЭ-5533/3, в котором количество UO_2 в ЛТСМ составило $27,8^+/_{5}$ т. [2]

Наши оппоненты не согласились с этими выводами, считая, что бетон заливший помещения 4-го блока при строительстве "Укрытия", не дает возможность точно установить границы распространения ЛТСМ и считают, что визуальный метод из-за недостаточности данных не убедителен и значительная часть топлива находится в ЛТСМ [3,4,5].

Продолжение работ по уточнению объемов ЛТСМ в местах их скоплений привело к их сокращению. По результатам измерений объемов скоплений в помещениях бассейна-барботера в 1993 году, количество UO_2 , находящегося в ЛТСМ, уменьшилось до $23,8^+/_{4,5}$ т. [6]

Впервые на Международном симпозиуме "Безопасность "Укрытия - 94" (п. Зеленый мыс, 14-18 марта 1994 г.) оппоненты уменьшили свой результат по количеству топлива в ЛТСМ до 70-90 т. (Пазухин Э.М., "Лавообразные ТСМ 4-го блока ЧАЭС"), это означает, что по любым оценкам значительное количество ядерного топлива 4-го блока, не менее 100 т, не обнаружено и, следовательно, не контролируется его состояние.

2. КОЛИЧЕСТВО ТОПЛИВА В 4-ом БЛОКЕ
ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС [7]

2.1 На момент аварии в активной зоне (АЗ) реактора находилось 1659 ТВС. Масса урана в одной ТВС - 114,7 кг.

Всего урана в АЗ реактора на момент аварии находилось:

$$114,7 \times 1659 = 190287,3 \text{ кг. урана}$$

2.2 Ядерное топливо в твэлах состояло из таблеток диоксида урана (UO_2). Масса UO_2 в одном твэле - 3,6 кг. Топливная кассета состоит из двух сборок, по 18 твэл в каждой.

Всего UO_2 в АЗ реактора на момент аварии находилось:

$$3,6 \times 18 \times 2 \times 1659 = 215006,4 \text{ кг. } UO_2$$

2.3 Топливо кроме АЗ реактора находилось и в южном бассейне выдержки. По одним данным в нем хранилось 103 ТВС, по другим - $169^{+/-}3$ ТВС. [6,7]

Следовательно, кроме топлива находившегося в АЗ реактора в 4-ом блоке ЧАЭС еще хранится:

$$114,7 \times 103 = 11814,1 \text{ кг. урана (min)}$$

$$114,7 \times 172 = 19728,9 \text{ кг. урана (max)}$$

или

$$3,6 \times 18 \times 2 \times 103 = 13348,8 \text{ кг. } UO_2 \text{ (min)}$$

$$3,6 \times 18 \times 2 \times 172 = 22291,2 \text{ кг. } UO_2 \text{ (max)}$$

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБСЛЕДОВАНИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ АКТИВНОЙ СТАДИИ АВАРИИ

3.1 26 апреля 1986 года взорвался реактор 4-го блока Чернобыльской АЭС. Схема расположения основных элементов конструкций реактора до и после аварии приведены на рис. 1, 2, 3.

Обследования в шахте реактора дали следующие результаты:

- корпус реактора (схема "КЖ") разорвался по нижней гофре компенсатора. (Фото 5);

- дно реактора (схема "ОР"), срезав мембранные кольца, соединявшие его с водяным баком биологической защиты (схема "Л"), и смяв крестообразную опору, опустилось в подаппаратное помещение 305/2 почти на 4 метра. (Фото 5, 6, 7);

- юго-восточный сектор схемы "ОР", порядка в 105° , отсутствует. (Фото 7);

- часть ядерного топлива АЗ, конструкционного материала схемы "ОР" и строительных конструкций превратилась в лавообразную топливосодержащую массу (ЛТСМ) которые растеклись по помещениям 4-го блока. (Рис. 4);

- верхняя крышка реактора (схема "Е") была сорвана со своего штатного места. (Фото 1, 2) и в настоящее время стоит на ребре, под углом в 15° к вертикали, опираясь с одной стороны на верхней торец бака водяной защиты, с другой - на упавшие под нее бетонные плиты. (Фото 1, 2), (Рис. 2, 3);

- практически вся активная зона, содержащая на момент аварии 1659 ТВС, вместе с графитовой кладкой и большей частью корпуса реактора (схема "КЖ") вылетела из шахты реактора;

- внутрь шахты реактора, на место активной зоны, попали железобетонные плиты, судя по толщине, части стен боксов барабан-сепараторов, вместе с металлической облицовкой, (Фото 4, 5) металлическая колонна шатра центрального зала и незначительная часть графитовых блоков и частей ТВС;

- в северной части схемы "ОР" сохранились в вертикальном положении 13 периферийных каналов охлаждения отражателя без графитовых блоков. (Фото 5, 6, 7);

- сверху шахта реактора закрыта схемой "Е" с отходящими от нее верхними трактами наращивания, спутанными трубопроводами пароводяных коммуникаций (ПВК), вперемежку с фрагментами стен помещений барабан-сепараторов, блоками схемы "Г" и деформированными металлоконструкциями. (Фото 3, 4);

3.2 При обследовании подаппаратного помещения 305/2 (Рис. 2,5) были обнаружены следующие последствия воздействия взрывной волны:

- металлическая облицовка на стенах помещения вдавлена, смяв находившейся под ней 300 мм. слой теплоизоляции; (Фото 7)
- откатная защитная дверь северного проема сорвана со своего места и отброшена к противоположной стене, защитная дверь южного проема развернута;
- стена шахты реактора, имеющая почти метровую толщину, сломана у пола и вдавлена в помещение 304/3; (Фото 25)
- имеются вмятины и трещина в нижней юго-восточной части на внутренней обечайке схемы "Л";
- перекрытия помещений 617 и 707, находящихся над боксами нижних водяных коммуникаций (НВК), упали вниз;

3.3 Последствия температурного воздействия обнаружены в юго-восточной части подаппаратного помещения 305/2:

- отсутствует юго-восточный сектор схемы "ОР"; (Фото 8,9)
- отсутствует металлическая облицовка на бетонной опоре схемы "Л" в юго-восточной части помещения;
- на отметке 11,5 - 13 метров на бетонной опоре схемы "Л" отсутствует не только металлическая облицовка, но и в самой стене имеется прожег в виде "грота" ;
- южная металлическая колонна (марка-С) имеет проплавление в зоне основания на отметке 12 м. (Фото 9);
- в юго-восточной части пом. 305/2 на полу лежат сильно обгоревшие графитовые блоки (Фото 10 а,б); в других местах графита со следами горения не обнаружено.
- трубы НВК на отметке 11,5 м. имеют прожеги, а щебенка, которая высыпалась из разрушенного при аварии межкомпенсаторного зазора, оплавилась, образовав стекловидную корку (фото 10 в).

Следов высокой температуры в том месте, где находилась активная зона, после взрыва не было обнаружено. Свидетельством этому может служить состояние бетонных плит, упавших в шахту реактора. Исследование образцов бетона из этих плит показало, что прочность бетона не только не уменьшилась, а даже несколько возросла. [10]

4. СОСТОЯНИЕ ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА ПОСЛЕ АВАРИИ

4.1 Ядерное топливо в 49-ом блоке ЧАЭС обнаружено главным образом в трех модификациях:

- в виде таблеток UO_2 в твэлах ТВС и в их фрагментах;
- в диспергированном виде;
- в виде лавообразных топливосодержащих масс (ЛТСМ).

В 1990 году был обнаружен уран в виде оксикарбонатных соединений, типа: UO_2CO_3 , $UO_3 \cdot 2H_2O$, $UO_4 \cdot 4H_2O$ и др. [2,11],

4.2 Именно ЛТСМ, характер их распространения, месторасположение и количество, являлись объектом исследований проводимых КЭ при ИАЭ с 1988 по 1991 годы. Установлено три потока ЛТСМ. [2] (Рис.4) Эти потоки имеют характерные различия:

- по концентрации UO_2 в ЛТСМ (1-ый поток 8-10%, 2-ой поток 5-7%, 3-ий поток 3-5%);
- по цвету ЛТСМ (коричневые, черные);
- по содержанию магния и железа;
- по содержанию урана в циркон-урано-кислородной фазе;
- по скорости генерации нейтронов.

Плотность ЛТСМ 2,2-2,3 г/см³.

4.2.1 Первый поток из юго-западной части пом. 305/2 на отм. 10,0, опускается вниз через один паросбросной клапан в помещение ПРК 210/7 на отм. 6,00, далее через 3 паросбросные трубы в помещения бассейна-барботера на отм. 2,20 (пом.012/15) и через одну паросбросную трубу до отм.-0,65 в пом.012/7. В этом потоке максимальная концентрация UO_2 8-10% и минимальная концентрация железа 0,5%.

4.2.2 Второй поток из юго-восточной части пом. 305/2 на отм. 10,0 и через два паросбросных клапана опускается в пом. 210/6 ПРК на отм. 6,00. Концентрация UO_2 в этом потоке 5-7%, а железа 8-10%. Особенность этого потока заключается в том, что через два паросбросных клапана с внутренним диаметром каждого более одного метра вытекло в 2,7 раза меньше ЛТСМ по объему, чем через один клапан в первом потоке.

4.2.3 Третий поток из юго-восточной части пом. 305/2 на отм. 10,0 и протекает через пролом стены шахты реактора в пом. 304/3 на отм. 9,30, распространившись по этому помещению он растекся по коридору обслуживания пом. 301/5, на отм. 9,30, частично залил пол в пом. 303/3 и потек в другой коридор обслуживания в псм. 301/6 на отм. 9,00. В этом помещении в полу имелись проходки в пом. 217/2 на отм. 6,00, через них ЛТСМ пролилась вниз и застыла, образовав "слоновьи ноги", "сталактиты", "натек", "каплю". Концентрация UO_2 в этом потоке минимальная 3-5 %, а магния почти в 2,5-3 раза больше, чем в первых двух потоках. [2]

4.3 При очистке крыши 3-го блока в 1986 году, на ней была обнаружена нижняя часть технологического канала Ж-887 с находившейся в нем ТВС. Этот канал стоял в ячейке 25-17, то есть в зоне ныне несуществующего основания реактора. (Схемы "ОР") Твэлы периферийного ряда в этой ТВС сохранились, а твэлы внутреннего ряда отсутствовали, их место в ТВС было занято крошкой топлива и оболочечного материала. Исследования показали, что температура твэлов при аварии находилась в интервале 1200 - 1850°C. [6]

4.4.1 В южном бассейне выдержки по одним данным находилось 103 отработанные в период компании ТВС, по другим, которые вошли в исходные данные ТОЯБ - 169⁺/- ТВС. Была попытка группы авторского надзора НИКИЭТ установить количество ТВС по рабочим журналам ЧАЭС. В итоге получили результат - 135 штук. Этот вопрос поднимался на Всесоюзном семинаре в Звенигороде в 1991 году, но ответа на него нет до настоящего времени. [6]

4.4.2 Для выяснения состояния топлива, находившегося в южном бассейне выдержки, в него были пробурены скважины. Перископические обследования бассейна через эти скважины дали следующий результат: бассейн обезвожен, кассеты с ТВС, которые оказались в зоне видимости, находятся на своих местах. Измерения МЭД на дне бассейна показало до 5000 P/час, а вверху бассейна 500-900 P/час.

4.5. В 1990 году на поверхности застывшей в патрубках паросбросного клапана ЛТСМ в пом. 210/6 ПРК были обнаружены яркожелтые пятна. (фото 14,15) Пятна такого же цвета, при просмотре видеосъемок юго-восточной части пом. 305/2, были зафиксированы на днище схемы "Л", на опоре (марка "С"), на осыпи от расплавленной части схемы "ОР". [2]

В конце 1990 года рост новообразований резко увеличился: ЛТСМ в патрубках паросбросных клапанов "пожелтели" почти на 30%, затем рост новообразований прекратился, а в 1994 году желтые новообразования почти на 50% закрыли патрубки слоем толщиной около одного сантиметра. В этом же году новообразования были обнаружены на внутренней поверхности паросбросной трубы бассейна-барботера, которая выходит в помещение 210/7 ПРК.

Причины роста и источник новообразований не установлен.

Соответствующие образцы новообразований были отобраны и проанализированы в Радиевом и Курчатовском институтах методами растровой электронной микроскопии, рентгенофазового и рентгеноспектрального микроанализов. Удалось установить, что анализируемое вещество является агрегатом игольчатых кристаллов урановых минералов (оксикарбонатами):

UO_2CO_3 - ретзерфордин;

$UO_3 \cdot 2H_2O$ - эпиянтинит;

$UO_3 \cdot 16CO_3 \cdot 1,91H_2O$; $UO_4 \cdot 4H_2O$ - студитит;

$Na(UO_2)(CO_3)_3$; $NaU(CO_3)_2 \cdot 2H_2O$.

Эти вторичные минералы урана являются крайне нестойкими химическими соединениями, хорошо растворимыми в воде. В пробах содержание UO_2 до 55%. [11]

4.6 Количество UO_2 в ЛТСМ, определенное прямыми измерениями и уточненное в 1993 году, составило $23,8^+/-4,5$ т. [6]

Таблица 1

СОПОСТАВЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА UO_2 В ЛТСМ,
ОПРЕДЕЛЕННОЕ ТЕПЛОМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ
И В РЕЗУЛЬТАТЕ ПРЯМЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

НАИМЕНОВАНИЕ ПОМЕЩЕНИЯ	ВЫС. ОТМ. (М)	ТЕПЛОМЕТРИЧ.		ПРЯМЫЕ ИЗМЕРЕН.		M(V)теп. ----- M(V)прям
		V (МЗ)	КОЛИЧ. (Т)	V (МЗ)	КОЛИЧ. (Т)	
ББ-этаж 1	-0,65	7	$1,5^+/-0,5$	2	$0,4^+/-0,1$	x3,8
ББ этаж 2	2,20	54	$11^+/-4$	10	$2,2^+/-0,3$	x5
ПРК	6,00	139	$23^+/-7$	25	$4,1^+/-0,7$	x5,6
п.305/2	10,00	483	$75^+/-25$	74	$11,6^+/-1,9$	x6,5
304/3 и др.	9,30	221	$20^+/-7$	57	$5,2^+/-1,4$	x3,8
217/2	6,00	43	$4^+/-1$	3	$0,3^+/-0,1$	x13
ИТОГО:		947	$135^+/-30$ ($134,5^+/-44,5$)	171	$23,8^+/-4,5$	x5,7

В таблице представлены результаты расчета количества UO_2 в ЛТСМ по итогам 1992 года [2,6], с внесенными уточнениями 1993 года по помещениям бассейна-барботера.

В нее не внесены результаты дополнительных исследований 1994 года по помещениям ПРК, где обнаружено большое количество газовых пустот в скоплениях ЛТСМ.

**5. МЕСТА СКОПЛЕНИЯ ЛТСМ
В АКТИВНОЙ ЗОНЕ РЕАКТОРА
И В ПОДАППАРАТНОМ ПОМЕЩЕНИИ**

5.1 Наивысшая высотная отметка 21 м., где обнаружено скопление ЛТСМ, находится в северо-восточной части подаппаратного помещения 305/2 на верхнем торце части бетонной стены упавшей в шахту реактора, ЛТСМ стекая с плиты образовал "сталагмит", диаметром менее 200 мм. и высотой около 1,0 метра на изломе нижней гофры компенсатора схемы "КЖ". (Фото 6,7). (Рис.5)

По факту существования ЛТСМ на верхнем торце бетонной плиты, которая упала в шахту реактора в тот момент, когда крышка схема "Е" была открыта, можно сделать вывод о времени образования ЛТСМ - начальная стадия аварии.

5.2 ЛТСМ на схеме "ОР" не обнаружено, хотя для этой цели было пробурено несколько скважин.

5.3 Пол подаппаратного помещения 305/2 разделен железобетонным крестообразным фундаментом высотой в 1,3 м. Этот фундамент служит преградой для свободного перетекания расплавов из одной части помещения в другую. Возможно поэтому, в северной части пом. 305/2, по результатам бурения скважин на отм. 9, 10, 11 м и измерения в них гамма-полей, топливных скоплений не обнаружено. (Рис 5,6)

5.4 В юго-западной части помещения в зоне между осями Л и К топливных скоплений нет. Подтверждением этому может служить тот факт, что в этой зоне расположен паросбросной клапан, через который в нижерасположенное помещение протекал в 1986 году только чистый бетон, в настоящее время внутренняя полость этого клапана пустая.

В другой клапан, который расположен между осями К и И, проливалась обогатенная до 8-10% UO_2 ЛТСМ вместе с расплавленным металлом. Можно предположить, что этот поток протекал в момент разрушения части схемы "ОР", нижняя плоскость которой остановилась на отм. 12,0 м и если в процессе разрушения она своими металлическими конструкциями перекрыла два клапана в юго-восточной части помещения и образовала насыпь, высотой более одного метра, то фундамент "креста" не являлся препятствием для потока ЛТСМ.

Скопления ЛТСМ были залиты бетоном в 1986 году, поэтому зону растекания можно установить, учитывая результаты бурения, лишь условно. Площадь скопления ЛТСМ не более 43 кв. м, толщина слоя ЛТСМ, с учетом отверстия в 1,2 м паросбросного клапана на полу, вряд-ли превышает 0,5 м (по аналогии открытых скоплений в нижнем помещении ПРК).

Объем ЛТСМ в юго-западной части пом. 305/2 - 21,5 м³.
Количество UO_2 - 4,4⁺/_{-0,6} т

5.5 В юго-восточной части пом. 305/2 скопления ЛТСМ залиты бетоном в 1986 году. Площадь растекания ЛТСМ ограничена стенами и фундаментом "креста" и не превышает 92 м². Учитывая возможность перекрытия паросбросных клапанов при разрушении схемы "ОР", примем толщину слоя ЛТСМ на площади 46 кв. м не более 0,9 м, а в зоне растекания у стен - 0,3 м (толщина слоя ЛТСМ в коридоре обслуживания 0,2 м).

Объем ЛТСМ в юго-восточной части пом. 305/2 - 52 м³.

Количество UO₂ - 7,2⁺/1,3 т

Есть сомнение в том, что большие объемы ЛТСМ могли остаться в пом. 305/2: вытекание ЛТСМ проходило через пролом стены в пом. 304/3 и через три открытых отверстия паросбросных клапанов на полу, диаметром более одного метра, вряд ли это обстоятельство могло способствовать удержанию расплавов металла и ЛТСМ.

Ссылки в некоторых работах о возможности проплавления плиты перекрытия шахты реактора на 1,5 метра [8], не подтверждаются составом кернов из скважины Ю-9-Б, которая на отметке 8,8 м. прошла через весь юго-восточный сектор. (Рис.5) Керны до глубины 17,24 м состояли из целого бетона, а с глубины 17,24 до 19,7 м - из деструктурированного бетона. Максимальный МЭД от керна с деструктурированным бетоном не превышал 75 Р/ч, что свидетельствует об отсутствии в нем ЛТСМ.

5.6 Вынос ЛТСМ из пом. 305/2 через южные откатные ворота, предполагаемый в одном из вариантов в 1986 г., не подтвердился. Во-первых - пом. 305/2 имеет порог высотой в 0,5 метра, во-вторых - наклонная скважина Ю-12-81 пробуренная перед входом в помещение 308/2 в своих кернах имела только бетон.

6. МЕСТА СКОПЛЕНИЙ ЛТСМ В ПОМЕЩЕНИЯХ ПРК НА ОТМ. 5,00

6.1 В помещении ПРК 210/7 ЛТСМ попали вместе с расплавленным металлом через паросбросной клапан. (Рис.7) В застывших струях ЛТСМ, которые вытекали из клапана, есть и застывшие струи и капли металла и металлические цепи на которых отсутствуют следы оплавления. (Фото 11) В 1986 году часть скопления ЛТСМ была залита бетоном. В зоне оси И бетона нет и граница распространения ЛТСМ четко фиксируется. В зоне оси К растекание ЛТСМ определяется двумя фактами:

1 - в керне наклонной скважины 3-9-У проходящей сверху через пол помещения по оси К+500 был только бетон и высокоактивный металл 55 Р/ч.;

2 - наложение контура скопления ЛТСМ в пом. 012/15 бассейна-барботера, которая проливалась через паросбросные трубы из пом.210/7, дает основание предположить что ЛТСМ не распространялась далее оси К.

Площадь скопления ЛТСМ - 22 кв.м.

Максимальная толщина слоя ЛТСМ вместе с металлом, который находится под ней - 0,5 м. (Фото 16)

В 1994 году в скоплениях ЛТСМ в помещения ПРК было обнаружено большое количество газовых пустот. Верх скопления ЛТСМ представлял собой корку толщиной в 10-20 мм, а под ней пустая полость. Между клапаном и конденсаторной батареей над ЛТСМ выступает торец паросбросной трубы бассейна-барботера (труба выступает над полом на 350 мм). Внутри труба пустая, но на внутренней поверхности видны яркожелтые пятна, видимо это оксикарбонатные соединения урана.

С учетом обнаруженных газовых пустот в скоплениях ЛТСМ и считая, что внутренняя полость клапана полностью заполнена лавой, суммарный объем ЛТСМ в пом.210/7 не более $10,3 \text{ м}^3$.

Количество $\text{UO}_2 = 2,1^{+}/_{-0,3} \text{ т.}$

6.2 В помещении ПРК 210/6 ЛТСМ попали вместе с большим количеством металла, через два паросбросных клапана. (Рис.8) Вероятно металл протекал в начальной стадии аварии без ЛТСМ. Фактами может служить металл заливший соседнее помещение 210/5 через два люка в стене на полу в зоне оси Л (Фото 18); высокоактивный (200 Р/ч) металл из керна наклонной скважины 3-9-Т с пола пом 210/6 по оси Л+500 без следов ЛТСМ (Фото 17); 4 паросбросных трубы бассейна-барботера диаметром 425 мм в зоне оси Л заполненные высокоактивным металлом; выжженная краска на стене напротив патрубка клапана (Фото 13).

ЛТСМ вероятно попала в помещение на заключительной стадии аварии, так как объем скопления ЛТСМ пролившийся через два клапана в 2,7 раза меньше чем объем пролившийся через один клапан в соседнее помещение 210/7.

Два паросбросных клапана вместе с металлической облицовкой потолка опустились вниз на 0,3 м. Под опустившимся металлом потолка виброакустический метод (простукивание) показывает пустоты.

Площадь скопления ЛТСМ - 35 м^2

Толщина слоя ЛТСМ не превышает 0,25 м, в скоплениях ЛТСМ так же как и в соседнем пом.210/7 обнаружены в 1994 году газовые пустоты.

Суммарный объем ЛТСМ - $12,2 \text{ м}^3$.

Количество UO_2 - $1,65^{\pm} / \pm 0,3 \text{ т}$.

6.3 В помещении ПРК 210/5 ЛТСМ нет. Через два люка в стене на уровне пола в районе оси Л из пом. 210/6 протекал расплавленный металл. Вероятно на полу была вода, это можно предположить, потому что поверхности стены, конденсаторной батареи и даже потолок покрыты коркой застывшего металла (Фото 19). На юг металл проник почти до оси К, на север граница его распространения не известна, так как эта часть помещения залита бетоном в 1986 году. (Фото 18), (Рис.9)

7. МЕСТА СКОПЛЕНИЯ ЛТСМ В ПОМЕЩЕНИЯХ БАСЕЙНА-БАРБОТЕРА

7.1 ЛТСМ в помещениях бассейна-барботера были обнаружены в 1986 году. Первые исследователи приняли их за кучи глины по внешнему виду, а уровень мощности дозы, в то время, был везде высокий. В первые дни аварии считалось, что наибольшую опасность представляет наличие воды в бассейне-барботере. Предполагалось, что возможно проплавление перекрытий и попадание расплавленных топливных масс в воду может вызвать паровой взрыв с выбросом высокоактивных аэрозолей. Предпринимались срочные усилия по откачке воды из бассейна-барботера и 6 мая 1986 года заслонки открыли и вода была слита [9].

Результаты дальнейших обследований помещений бассейна-барботера и мест скоплений ЛТСМ дают основание предполагать, что расплавы ЛТСМ попадали в воду. Это подтверждается наличием только в этих помещениях пемзообразных ЛТСМ, плотность которых 0,14 - 0,18 г/см. Скопления ЛТСМ, "Кучи", покрыты сверху коркой "пемзы", толщина которой достигает более 100 мм. Куски "пемзы" находятся в разных местах помещений бассейна-барботера. Некоторые куски лежат на горизонтальных поверхностях металлоконструкций и труб на высоте более одного метра. "Пемза" отнесена от места скопления ЛТСМ на 60 метров. Это можно объяснить наличием воды, которая и разнесла плавующую "пемзу" по разным углам, до сливных люков, которые расположены по оси Т. (Фото 23,24)

7.2.1 Место скопления ЛТСМ на втором этаже бассейна-барботера (Отм. 2,20) находится в пом. 012/15, которые попали в него из пом. 210/7 ПРК через три паросбросные трубы диаметром 425 мм каждая. (Рис. 10) По объему это скопление ЛТСМ превосходит скопление на первом этаже в 5 раз. Из-за большого гамма-фона до 2000 Р/ч это скопление изучалось до 1991 года только на расстоянии и результаты оказались завышенными в три раза. Вода, попадая в это помещение не задерживаясь стекала вниз. ЛТСМ по своей твердости и прочности превосходит все известные ЛТСМ в других местах. "Куча" ЛТСМ покрыта сверху коркой "пемзы" толщиной более 100 мм. Но в отличие от 1-го этажа разброс кусков "пемзы" незначительный. В 1993 году были уточнены границы скопления ЛТСМ и ее толщина. По полученным результатам измерений количество топлива уменьшилось по сравнению с ранее опубликованными результатами, с $6,1^{+}/-0,8$ т. до $2,2^{+}/-0,3$ т. [2,6] (фото 20)

Площадь скопления ЛТСМ - 16 м².

Толщина слоя ЛТСМ от 0,3 до 1,1 м. Средняя толщина слоя без пемзообразной ЛТСМ - 0,55 м.

Суммарный объем ЛТСМ = 12 м³.

Количество UO₂ - $2,2^{+}/-0,3$ т.

Следует отметить, что в трех паросбросных трубах вибранкустическим методом (простукиванием) обнаружено заполнение, предположительно ЛТСМ, но поверхность труб не покрылась окисной пленкой, как этого следовало бы ожидать, учитывая что температура плавления ЛТСМ составляет 1200°C , а трубы имеют естественный металлический блеск.

7.2.2 В пом. 012/14, в районе оси Л, четыре паросбросных трубы покрыты окалиной и имеют черный цвет. Виброакустический метод показал наличие в этих трубах заполнения, предположительно застывшего металла. МЭД возле этих труб больше 200 Р/ч.

7.2.3 В пом. 012/13 по оси Л потоком металла расплавлена часть вертикально стоящей технологической трубы (фото 21) МЭД в зоне этой трубы в 1988 году составлял 1200 Р/ч.

7.3.1 Место скопления ЛТСМ на 1 этаже бассейна-барботера (Отм.-0,65) находится в пом. 012/7 в районе оси И (фото 22), которая протекла через одну паросбросную трубу диаметром 385 мм из пом.210/7 ПРК. Следует отметить, что в нижних помещениях постоянно скапливалась вода. Вероятно по этому скопления ЛТСМ очень не прочное, расползается под воздействием пробоотборника. Границы скопления ЛТСМ и ее профиль уточнены в 1993-94 годах. (Рис. 11)

Площадь скопления ЛТСМ - $3,25 \text{ м}^2$.

Суммарный объем ЛТСМ = $1,5 \text{ м}^3$.

Количество $\text{UO}_2 = 0,4^+/_- 0,1 \text{ т}$.

7.3.2 В пом. 012/5 на вертикальной технологической трубе на оси Л застыла "капля" металла, активность которой в 1988 году была 320 Р/ч.

8. ОПИСАНИЕ ТРЕТЬЕГО ПОТОКА ЛТСМ

8.1 Третий поток ЛТСМ начался из юго-восточной части подапаратного помещения 305/2 (отметка бетонного пола 9,70) через пролом стены шахты реактора в пом. 304/3. (отм. 9,30) (Рис.12) Стена при взрыве реактора была срезана в месте соединения с полом пом. 305/2, треснула и отошла в сторону пом. 304/3 под углом в 5° . (Фото 25) Скважина 3-9-Ф пробуренная в этой стене на отм. 9,3 м. в своих кернах с глубины 16,05 имела ЛТСМ. Электрошкаф, стоящий у этой стены, был сорван с места установки и опрокинут. (Фото 25) Поток ЛТСМ был видимо очень бурным, так как металлическое ограждение, находившееся в пом. 304/3, было сорвано с места, деформировано и вынесено к проему двери. (Фото 26) ЛТСМ, залившее помещение, по своей структуре высокопористое и включает много газовых пустот. Были проведены обмеры толщин слоев ЛТСМ и проверка целостности пола под слоем ЛТСМ методом прямого вертикального сверления. (Фото 27) Средняя толщина слоя ЛТСМ 0,5 метра. Пол под ЛТСМ сохранил свою твердость и прочность. В пом. 304/3 практически не попал бетон в 1986 году. В помещении много сажи и копоти. Следует отметить, что при регулярных осмотрах этого помещения, проводимых не реже нескольких раз в год, ни разу не было зафиксировано в нем наличия воды. Помещение очень сухое и запыленное, но когда сняли заглушку со скважины 3-9-Ф (высотная отметка 9,3 м - уровень пола пом.304/3) из нее вылилось несколько ведер воды, в которой плавали частички ЛТСМ.

Площадь растекания ЛТСМ - 63 м².

Объем ЛТСМ = 31,5 м³.

Количество UO₂ 2,9⁺/-0,8 т. [2]

8.2 Из помещения 304/3 ЛТСМ протекла в коридор обслуживания 301/5 (отм. 9,30). Здесь только небольшой участок скоплений ЛТСМ не залит бетоном в 1986 году (Фото 28), который поступал в этот коридор с двух сторон. Граница растекания ЛТСМ под бетоном установлена при бурении скважин 3-9-64 и 3-9-66, которые проходили по уровню пола и заканчивались когда в кернах появлялась ЛТСМ.

В том месте, где ЛТСМ не залита бетоном неоднократно проверялась твердость и прочность пола методом прямого вертикального сверления, деструктированного бетона пола не обнаружено. В этом месте определялась средняя толщина слоя ЛТСМ и состояние пола под ней. Средняя толщина слоя ЛТСМ = 0,25 м. Пол под ЛТСМ сохранил свою твердость и прочность.

В коридоре много сажи и копоти. Изоляция электрокабелей, проложенных вдоль стен, сильно обгорела. Возможно, что процессы проходившие в этом коридоре в период активной стадии аварии были очень бурными. Свидетельством этому, может служить сорванная с петель т.желая защитная дверь пом. 303/3.

В помещение 303/3 из пом.301/5 попала ЛТСМ. которая в 1986 году был залита бетоном. Граница растекания установлена при бурении скважин З-10-Г и З-9-94. Толщина слоя ЛТСМ такая же, как в пом. 301/5 - 0,25 м. (Рис. 11)

Площадь растекания ЛТСМ в пом.301/5 и 303/3 = 42 м².

Объем ЛТСМ = 14 м³.

Количество UO₂ = 0,9[±]/-0,3 т. [2]

8.3 Из пом. 301/5 (отм. 9,30) ЛТСМ потекла в другой коридор обслуживания, пом.301/6 (отм. 9,00), который в 1986 году был полностью залит бетоном. Граница распространения ЛТСМ определялась протеканием ЛТСМ через трубные проходки в полу этого коридора. Поток ЛТСМ с одной стороны остановился у проходки где "капля", а с другой - где "натек". Толщина слоя ЛТСМ по аналогии с пом.301/5 = 0,25 м.

Площадь растекания ЛТСМ = 7,5 м².

Объем ЛТСМ = 15,6 м³.

Количество UO₂ = 1,4[±]/-0,4 т. [2]

8.4 В помещении 217/2 на отметке 6,00 м скопления ЛТСМ имеют самый живописный вид. Протекая потолочные проходки из пом.301/6 и одновременно застывая ЛТСМ образовал "слоновые ноги", "сталактиты", "натек" и "каплю". (Рис.13)

Блестящие поверхности скоплений ЛТСМ в 1986 - 1988 годах, уже в 1989 году стали матовыми. Застывший вертикальный поток "Слоновой ноги" стал саморазрушаться (Фото 30). В скоплениях ЛТСМ образовались многочисленные трещины, и когда была сделана попытка исследовать пылеобразование на поверхности ЛТСМ с помощью липкой ленты, то к ней прилипли целые куски лавы.

Объем ЛТСМ в пом.217/2 = 3 м³.

Количество UO₂ = 0,3[±]/-0,1 т.

В ы в о д ы

9.1 Ядерное топливо после аварии на 4-ом блоке Чернобыльской АЭС обнаружено в различных помещениях главным образом в трех модификациях:

- топливо в виде таблеток UO_2 в твэлах ТВС и их фрагментах;
- в диспергированном виде;
- в лавообразных топливосодержащих массах. (ЛТСМ)

9.2 ЛТСМ в 4-ом блоке ЧАЭС обнаружены в открытом виде, залитые бетоном 1986 года и внутри паросбросных труб и клапанов.

9.3 По результатам прямых измерений объемов ЛТСМ в местах их скоплений и полученных результатов по концентрации UO_2 (3-10%) и ее плотности (2,2-2,3 г/см³) количество UO_2 в ЛТСМ:

Таблица 2

НАИМЕНОВАНИЕ ПОМЕЩЕНИЯ	ВЫСОТНАЯ ОТМЕТКА (М)	ОБЪЕМ ЛТСМ (М ³)	КОЛИЧЕСТВО UO_2 (Т)
ББ этаж 1	-0,65	2	0,4 +/-0,1
ББ этаж 2	2,20	10	2,2 +/-0,3
ПРК	6,00	22,5	3,75 +/-0,6
Пом. 305/2	10,0	74,5	11,6 +/-1,9
Пом. 304/3, 301/5, 303/3,	9,30		
301/6	9,00	57	5,2 +/-1,4
217/2	6,00	3	0,3 +/-0,1
ИТОГО:		169,0	23,45 +/-4,4

Количество UO_2 в ЛТСМ составляет 9-13% от загрузки реактора на момент аварии.

Если учесть объемы газовых пустот, пористости и возможных инородных включений, которые оказались залитыми ЛТСМ, то объем ЛТСМ может еще уменьшиться.

9.4 Следует признать, что выводы сделанные по результатам тепловых измерений в 1991 году, что значительная часть топлива содержится в ЛТСМ - 135⁺/- 30 т. - не подтвердились. Например, прямые измерения объемов скоплений ЛТСМ в помещениях ПРК дают результаты в 5,5 раза меньшие. На фото 11, пом. ПРК 210/7 видно, что объема самого помещения не хватает для размещения такого количества ЛТСМ, которое бы соответствовало результатам тепловых измерений.

9.5 Скопления ЛТСМ в течении времени растрескиваются и саморазрушаются. Их поверхности, которые были блестящими, в

настоящее время стали матовыми, исследования показали, что на них образуются чешуйки, которые увеличивают количество топливной пыли и аэрозолей в помещениях 4-го блока ЧАЭС.

9.6 На поверхности ЛТСМ и металлоконструкциях (опора "марка-С", схема "Л", внутренняя поверхность паросбросной грубы бассейна-барботера) в 1992 году обнаружены яркожелтые новообразования.

Было установлено, что это вещество является агрегатом игольчатых кристаллов урановых минералов:

UO_2CO_3 - ретзерфордин;

$UO_3 \cdot 2H_2O$ - эпиянтиннит;

$UO_3 \cdot 16CO_3 \cdot 1,91H_2O$; $UO_4 \cdot 4H_2O$ - студитит;

$Na(UO_2)(CO_3)_3$; $NaU(CO_3)_2 \cdot 2H_2O$.

Эти вторичные минералы урана являются крайне не стойкими химическими соединениями, хорошо растворимыми в воде. Весовое содержание UO_2 достигает в них до 55%.

Наблюдение за местами скоплений оксикарбонатов урана в помещении 210/6 ПРК показали, что их количество со временем растет.

В каких модификациях топлива 4-го блока: фрагментах ТВС, диспергированном или в ЛТСМ проходят процессы этого преобразования, а также динамика и характер этого процесса пока не определены.

9.7 Современные технологические возможности позволяют перевести керамические ЛТСМ в сыпучую смесь, собрать в герметичные пеналы и организовать их строго контролируемое хранение. Свои услуги в этом направлении предлагали РНЦ "Курчатовский институт", Южмаш, Институт проблем прочности.

9.8 Задача поиска ТВС и их фрагментов до сих пор не ставилась. К настоящему времени количество найденных ТВС определяется несколькими десятками из 1659 находившихся в активной зоне реактора на момент аварии, но не определялось сколько в них осталось топлива и в каком оно находится состоянии.

Предположение о том, что значительное количество топлива попало в завал у северной стены и было замуровано в каскадную стену в 1986 году, не подтвердилось при измерении гамма-полей в исследовательских скважинах пробуренных специально для этой цели.

9.9 Количество топлива находящегося в диспергированном топливе определено экспертно в 15 тонн. [1] Методика и

расчеты по определению количества топлива в этой модификации нигде не опубликованы.

9.10 Так как шахта реактора пуста, можно предположить, что часть топлива находится в центральном зале за бассейнами выдержки под вертолетной засыпкой из песка, свинца, доломита и т.д. Бурение исследовательских скважин в центральный зал пока безрезультативные.

9.11 До настоящего времени не определено сколько отработанных за период компании 4-го блока ЧАЭС ТВС находится в южном бассейне выдержки. По разным данным это 103 или 135 или 169⁺/_ ТВС, в каждой из которых находится 114,7 кг урана.

9.12 Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод, что значительная часть топлива 4-го блока ЧАЭС еще не найдена, следовательно, не контролируется и не известно в каком состоянии оно находится и какую опасность представляет.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Чернобыль. Пять трудных лет. Сборник материалов. Москва, ИздАТ, 1992 г.
2. Киселев А.Н., Ненагляднов А.Ю., Сурин А.И., Чечеров К.П.
Экспериментальные исследования лавообразных топливосодержащих масс на 4-ом блоке Чернобыльской АЭС. Препринт ИАЭ-5533/3, Москва, 1992 г.
3. Описание объекта "Укрытие" и требования к его преобразованию. Исходные данные для выполнения конкурсной работы на проект и техническое решение по преобразованию объекта "Укрытие", Чернобыльской АЭС в экологически безопасную систему. Минчернобыль Украины, АН Украины, Киев, Наукова думка, 1992.
4. Барьяхтар В.Г., Бицкий А.А., Боровой А.А.
"Саркофаг" сегодня и завтра. Препринт МНТЦ "Укрытие"-92-28, Киев, 1992.
5. Андерсон Е.Б., Богатов С.А., Боровой А.А.
Лавообразные топливосодержащие массы объекта "Укрытие". Препринт МНТЦ "Укрытие"-93-17, Киев, 1993 г.
6. Киселев А.Н., Чечеров К.П.
Лавообразные топливосодержащие массы на 4-ом блоке Чернобыльской АЭС. Доклад на Международном симпозиуме "Безопасность "Укрытия-94", 14-18 марта 1994 г., п. Зеленый мыс.
7. Киселев А.Н.
Послеаварийный баланс ядерного топлива на 4-ом блоке Чернобыльской АЭС. Препринт ИАЭ-5716/3, Москва, 1994 г.
8. Избранные труды Международной конференции "Ядерные аварии и будущее энергетики. Уроки Чернобыля". Москва, ИАЭ им. И.В. Курчатова, 1992 г.
9. Игнатенко Е.Г.
В год Тигра и кометы Галлея. Газета "Вестник Чернобыля" N19-47, 1991 г.
10. Карасев В.С.
Концепция преобразования объекта "Укрытие" и проблемы воздействия высоких радиационных полей на конструкции и материалы объекта. Доклад на научно-практической конференции "Проблемы преобразования объекта "Укрытие" Чернобыльской АЭС. Киев, 23-25 марта 1993 г.
11. Андерсон Е.Б., Бураков Б.Е., Пазухин Э.М.
Вторичные изменения топливосодержащих масс 4-го блока ЧАЭС. СП, Радиохимия, Том #: , вып.: , 1992 г.

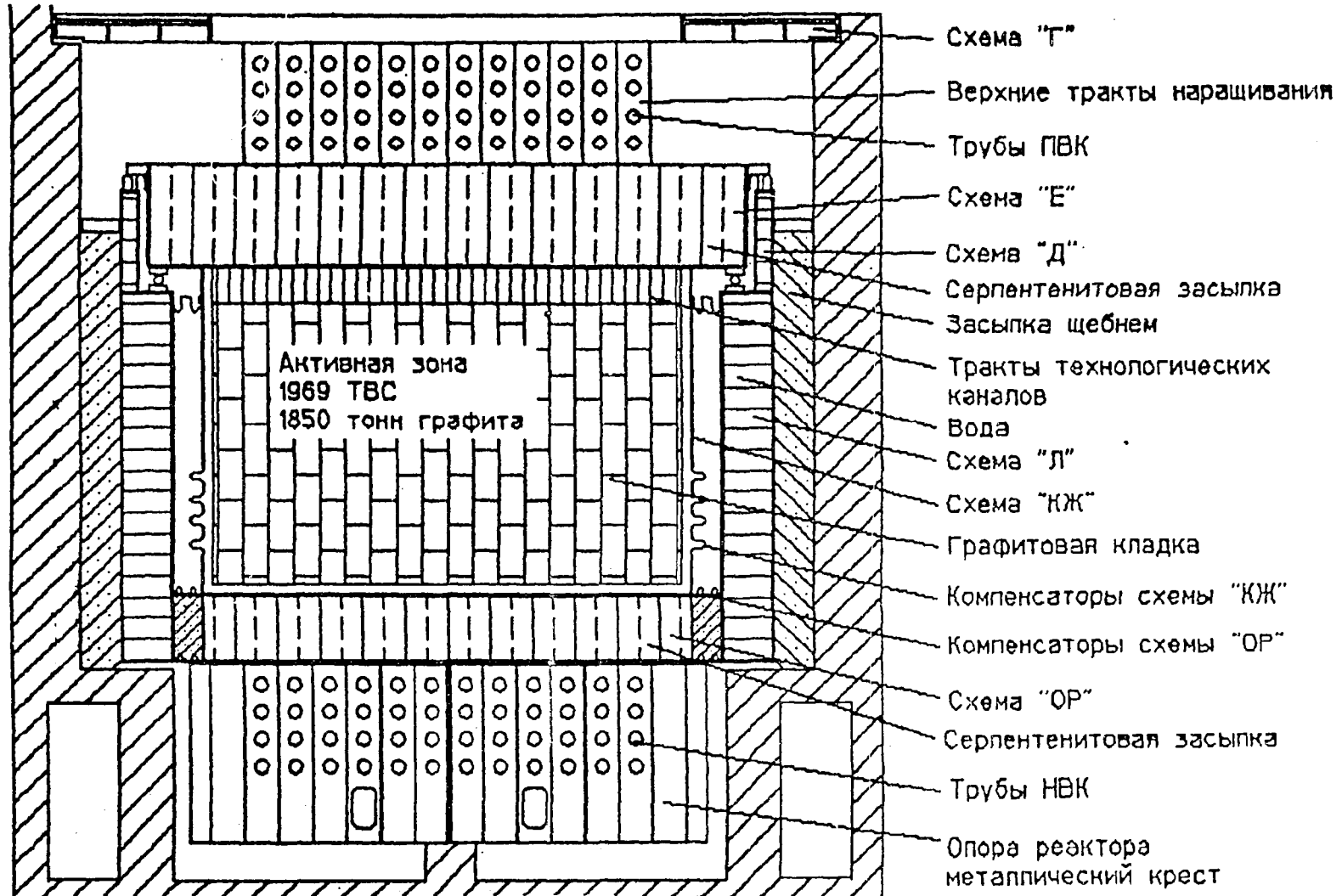


Рис.1 ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ КОНСТРУКЦИИ АКТИВНОЙ ЗОНЫ РЕАКТОРА ДО АВАРИИ

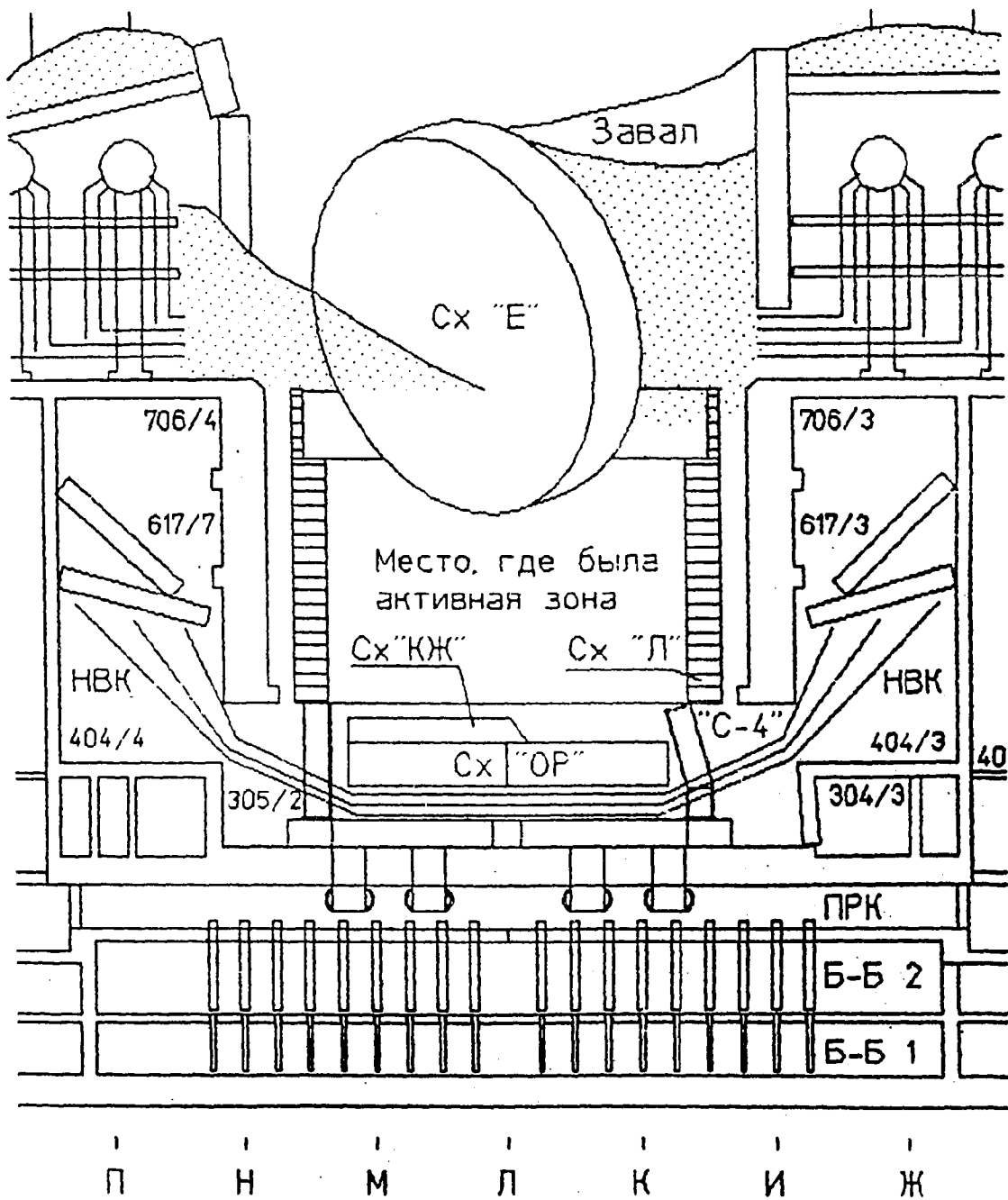


Рис. 2 РАЗРЕЗ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ 4-ГО БЛОКА ПОСЛЕ АВАРИИ

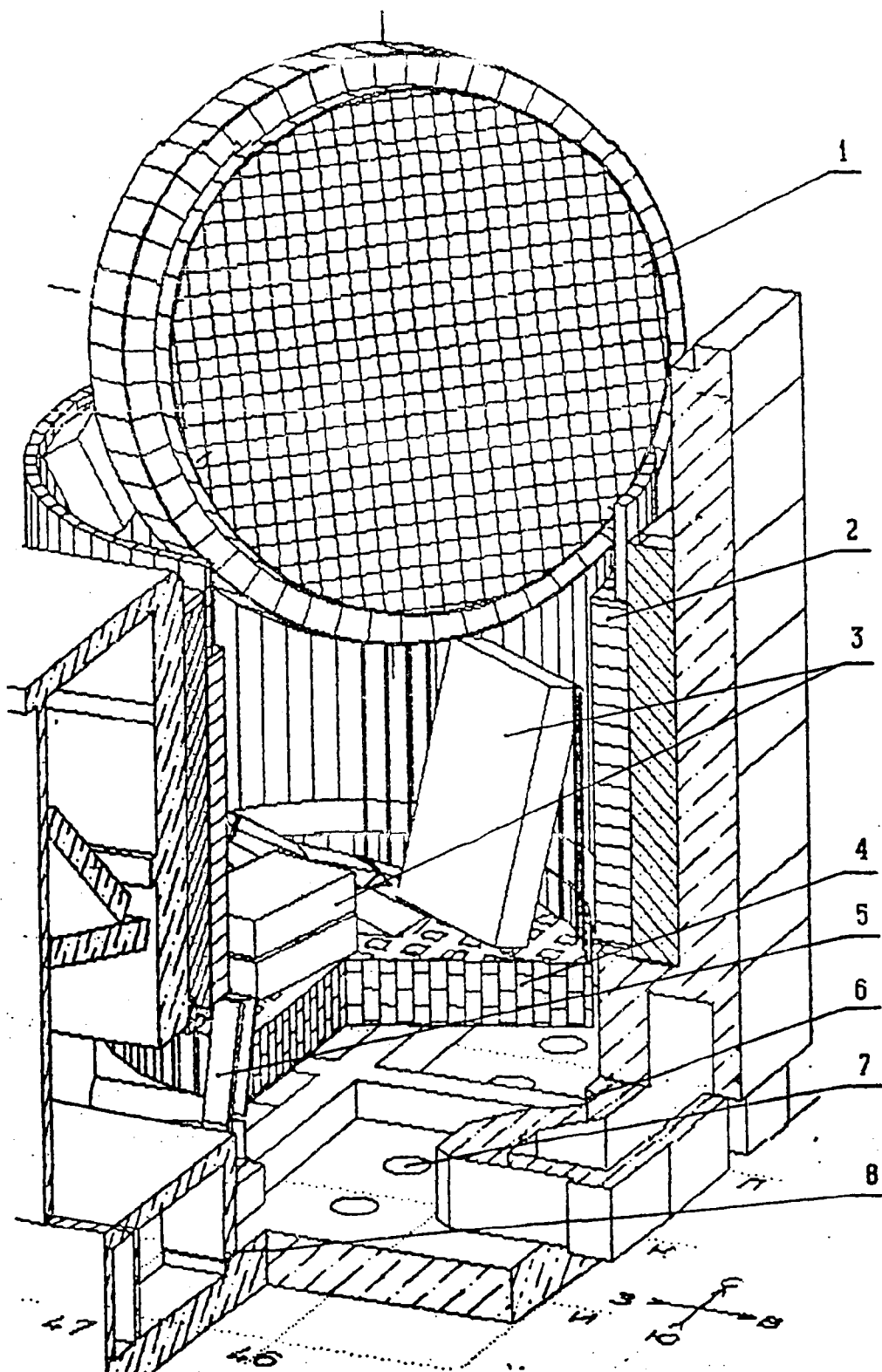


Рис.3 ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ КОНСТРУКЦИИ АКТИВНОЙ ЗОНЫ РЕАКТОРА ПОСЛЕ АВАРИИ (1 - схема "Е", 2 - схема "Л" (1/4 часть условно удалена), 3 - ш/б плиты, 4 - оставшаяся часть схемы "ОР", 5 - марка "С-4", 6 - "грот", 7 - паросбросные клапаны, 8 - пролом стены в пом. 304/3.

СХЕМА РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЛАВООБРАЗНЫХ ТОПЛИВОСОДЕРЖАЩИХ МАСС
ПО ПОМЕЩЕНИЯМ 4-ГО БЛОКА ЧАЭС

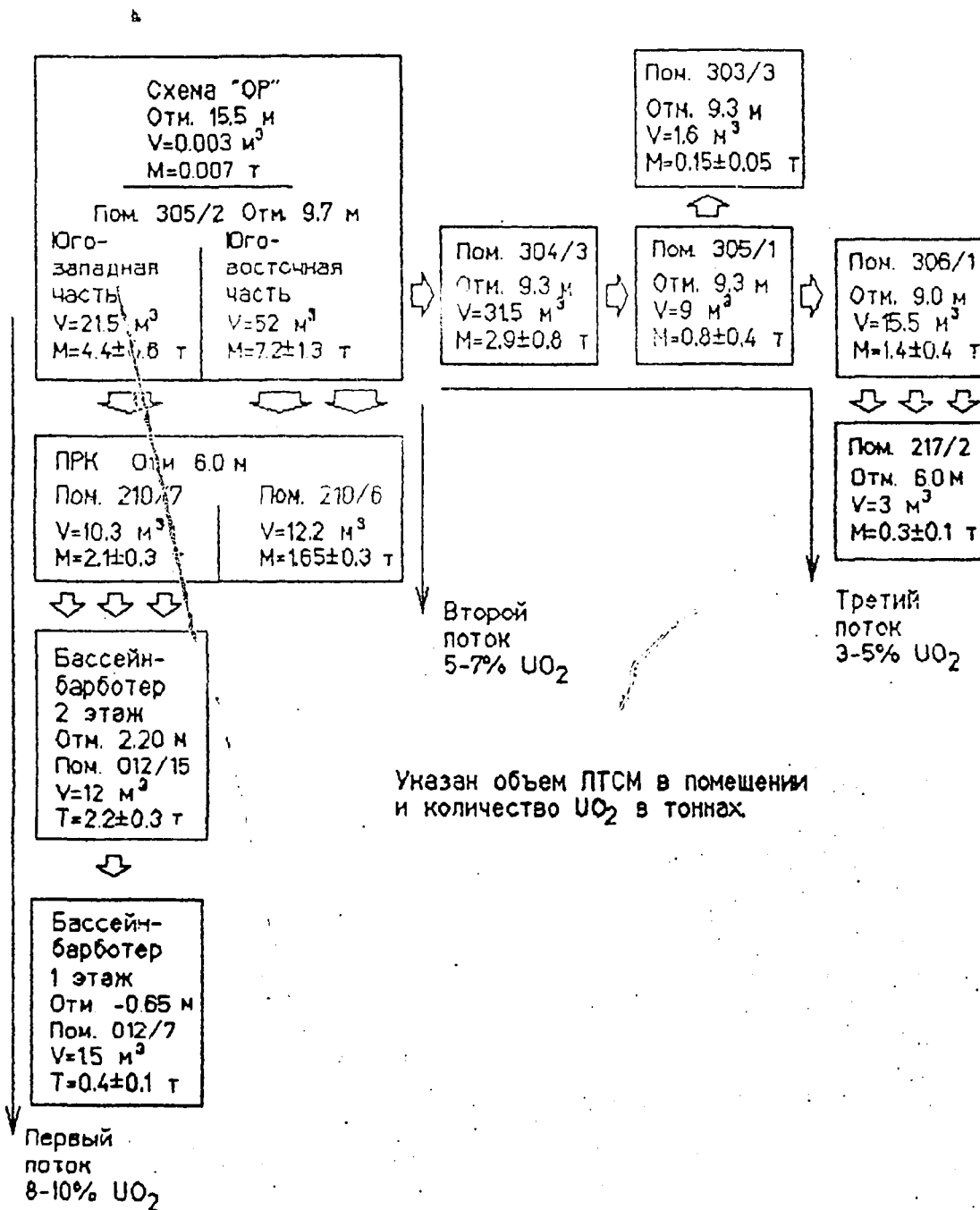


Рис. 4 СХЕМА РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЛТСМ ПО ПОМЕЩЕНИЯМ 4-ГО БЛОКА

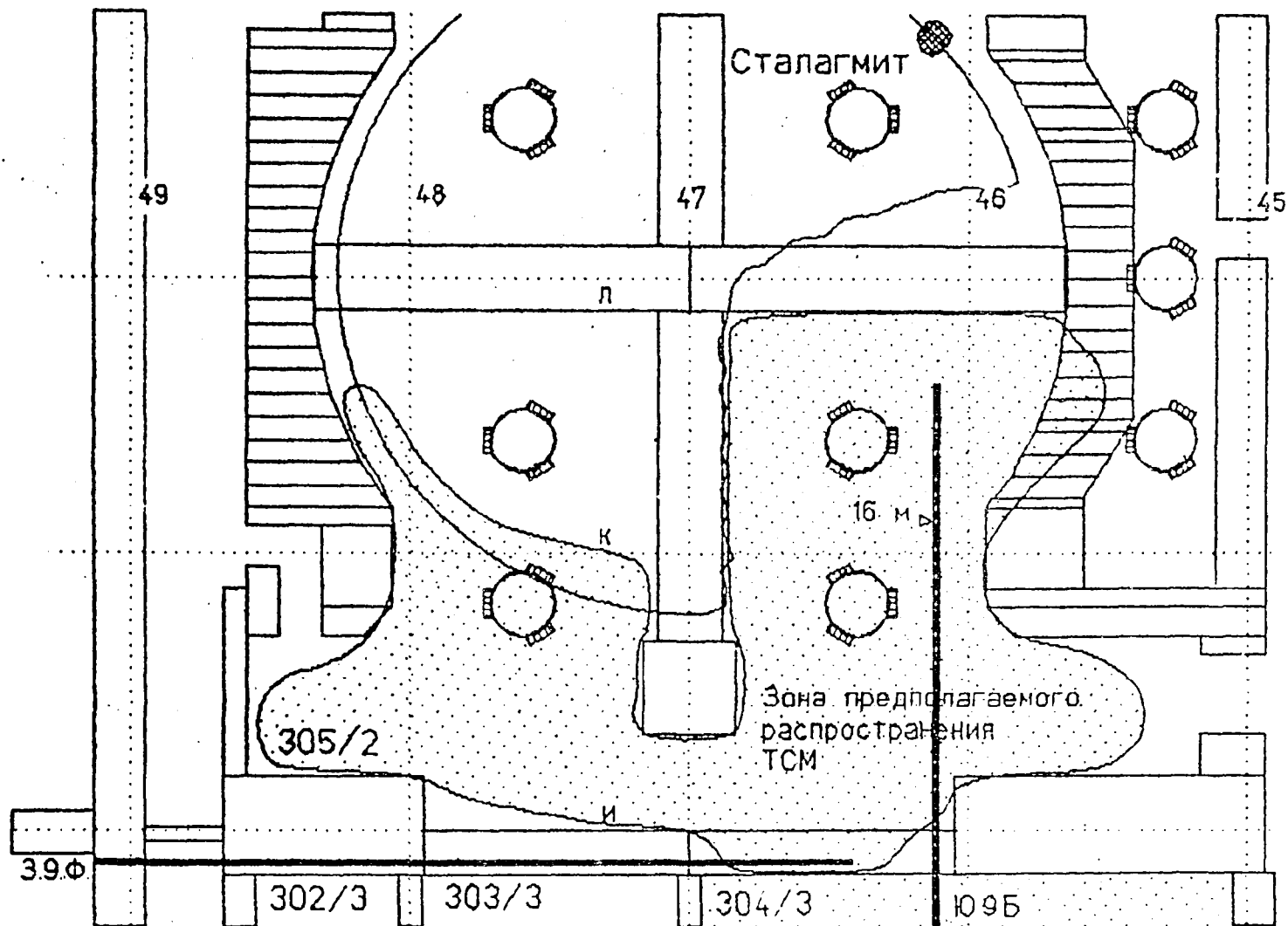


Рис. 5 СХЕМА РАСПОЛОЖЕНИЯ ЛТСМ НА ОТМ. 9.70 М, ПОМ. 305/2.

Гамма-поле в скважинах [р/ч]
 на отметке 9 метров.
 Измерения выполнены в 1988 г.
 Приведены максимальные
 значения гамма-поля в скважинах.

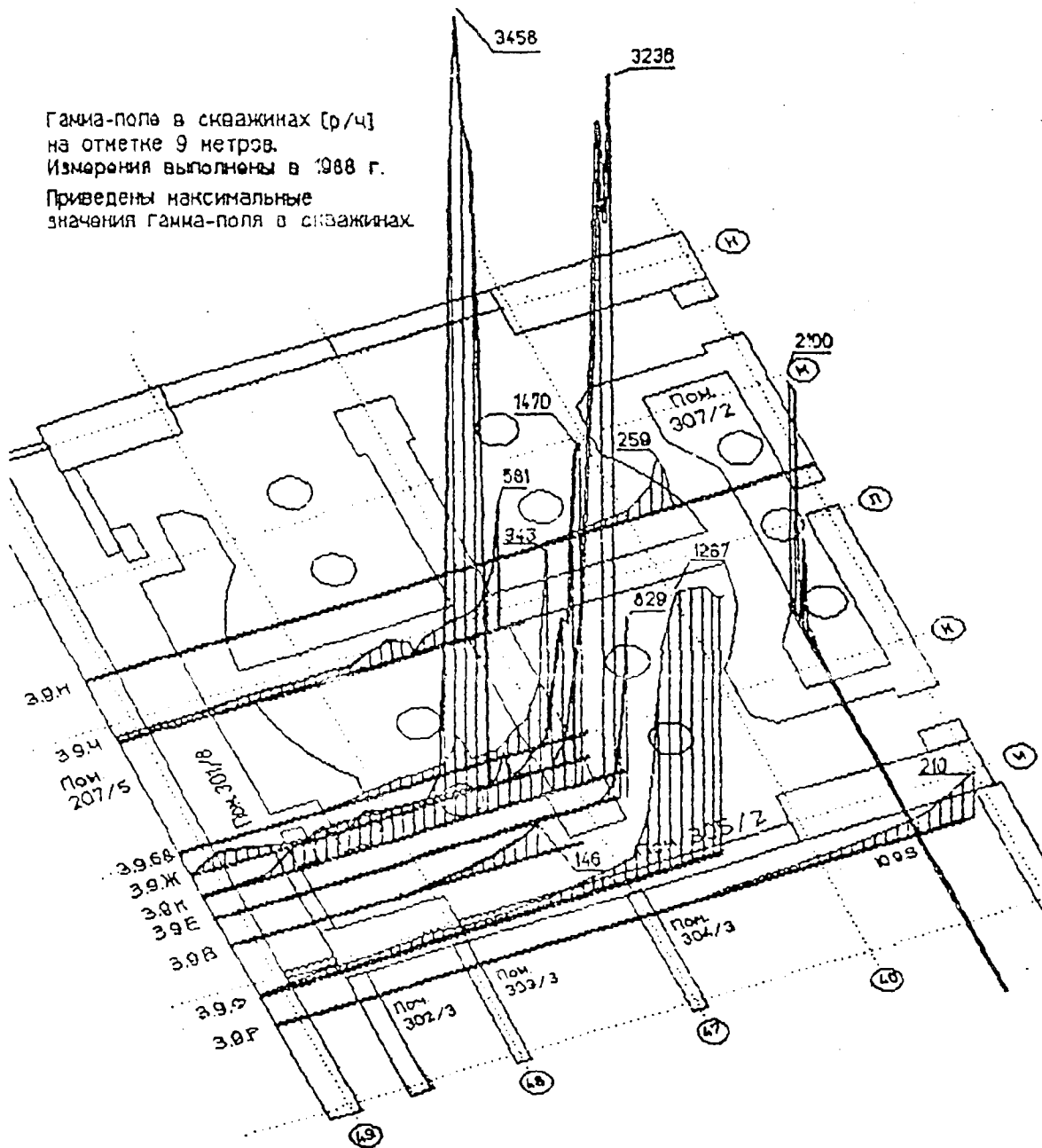


Рис. 6 ГАММА-ПОЛЯ В СКВАЖИНАХ НА ОТМЕТКЕ 9 МЕТРОВ.

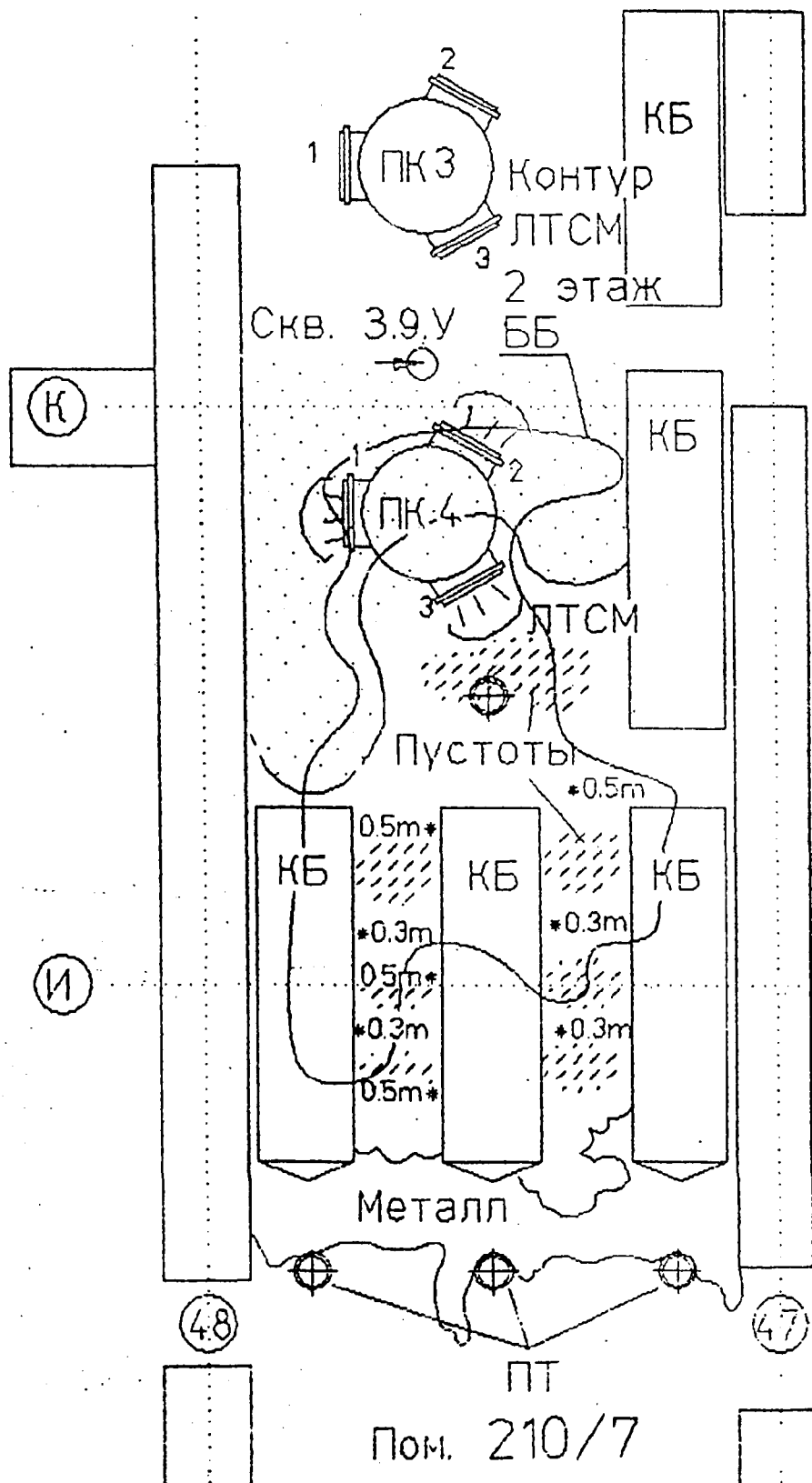


Рис. 7 СХЕМА РАСПОЛОЖЕНИЯ ЛТСМ НА ОТМ. 6.00 М, ПОМ. 210/7.

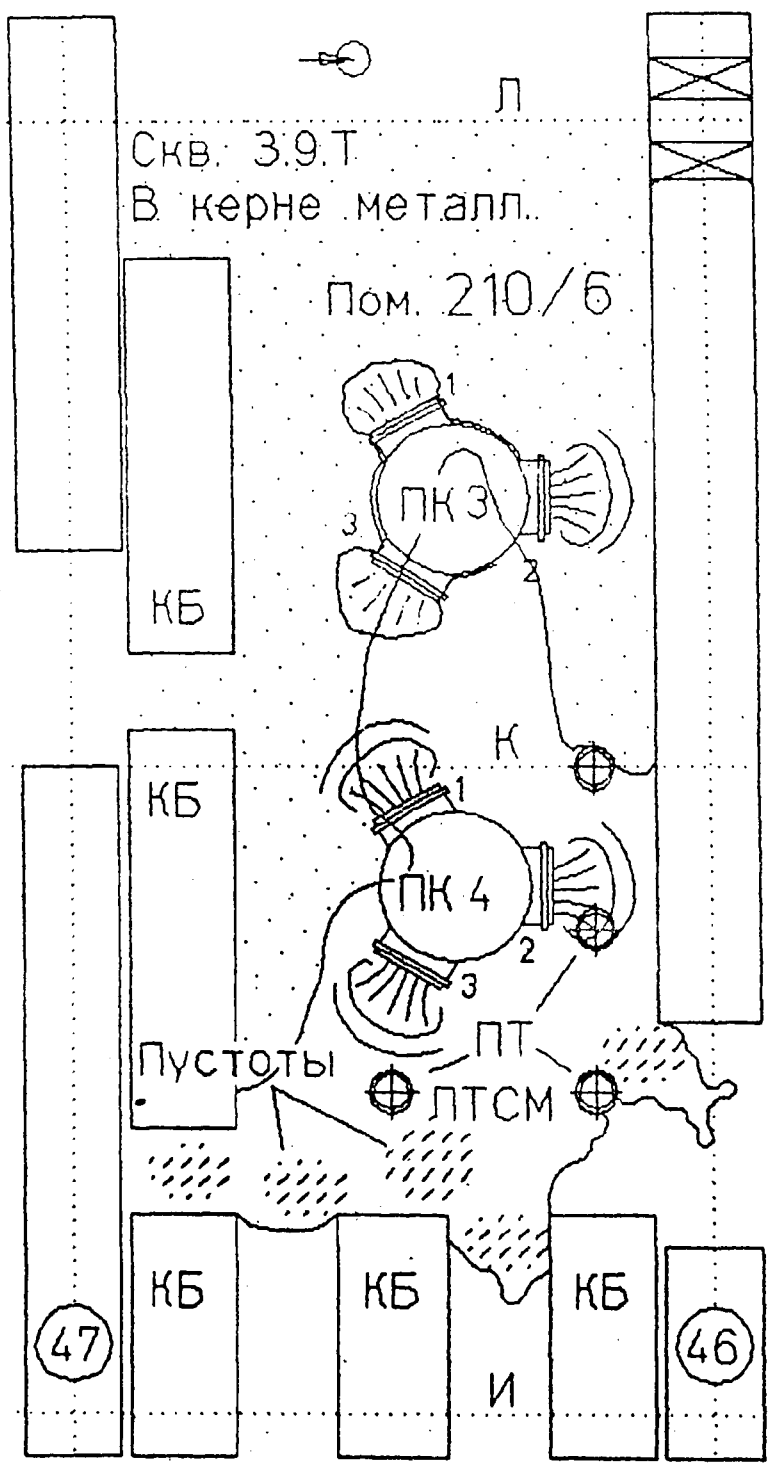


Рис. 8 СХЕМА РАСПОЛОЖЕНИЯ ЛТСМ НА ОТМ. 6.00 М, ПОМ. 210/6.

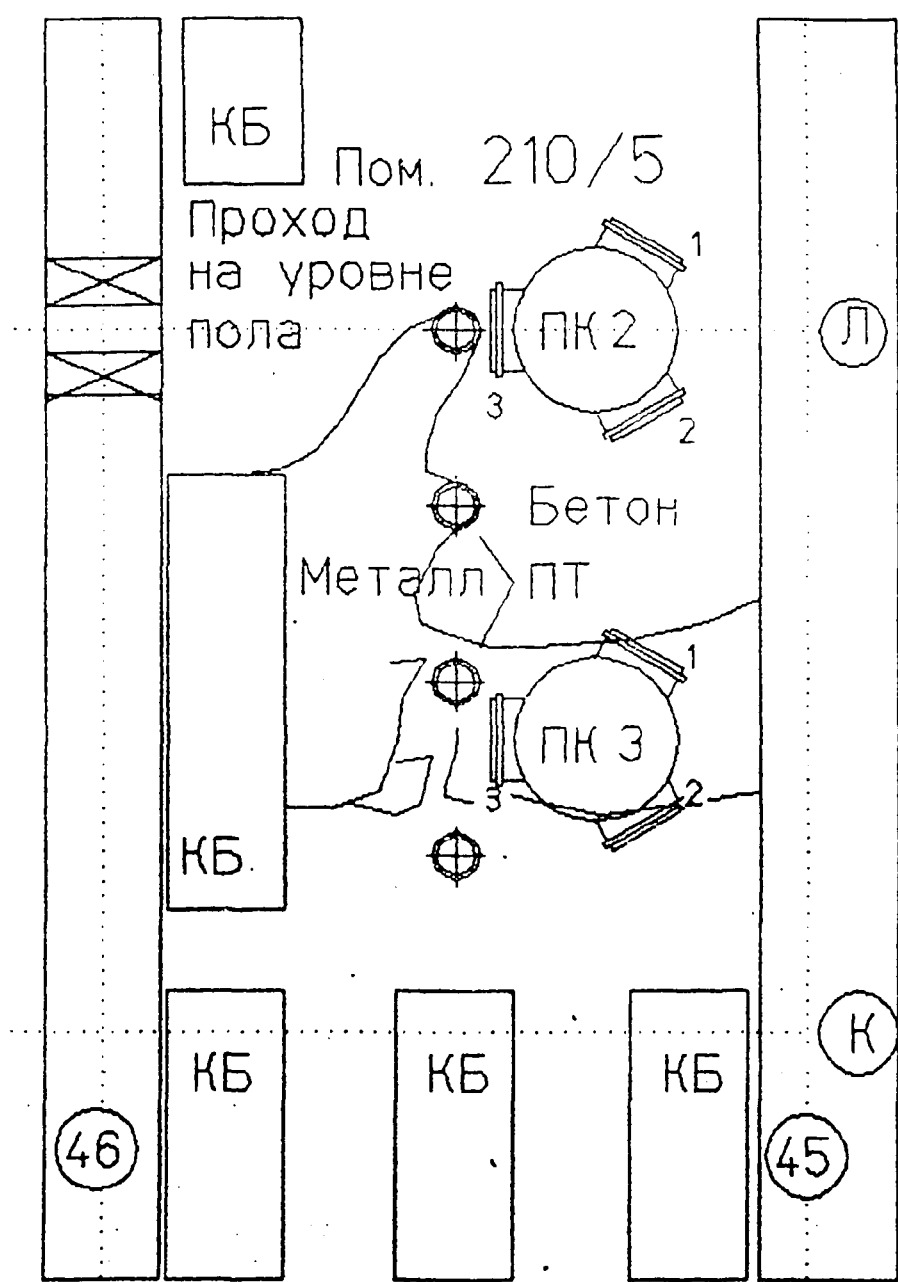


Рис. 9 СХЕМА РАСПОЛОЖЕНИЯ ЛТСМ НА ОТМ. 6.00 м, ПОМ. 210/5.

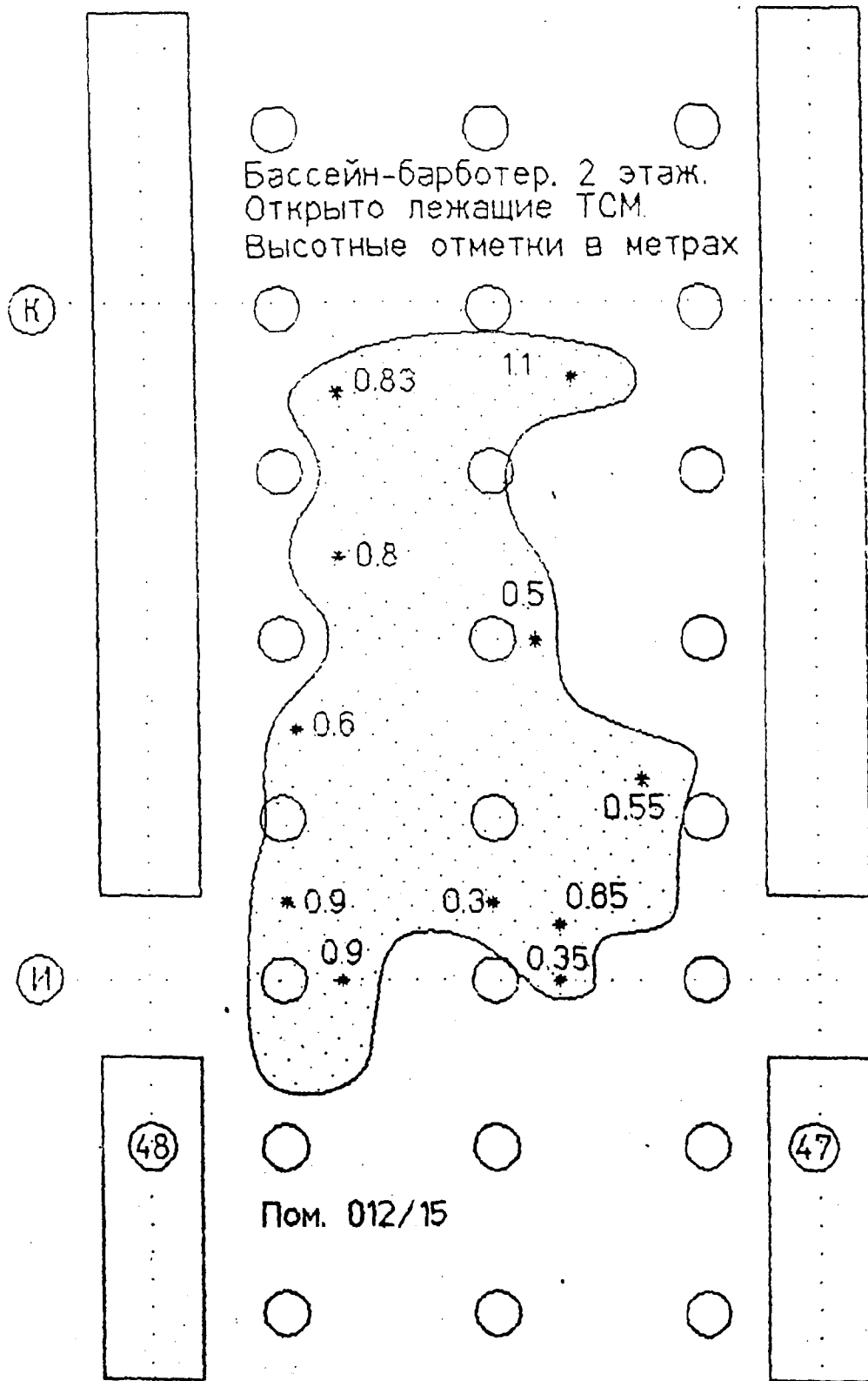
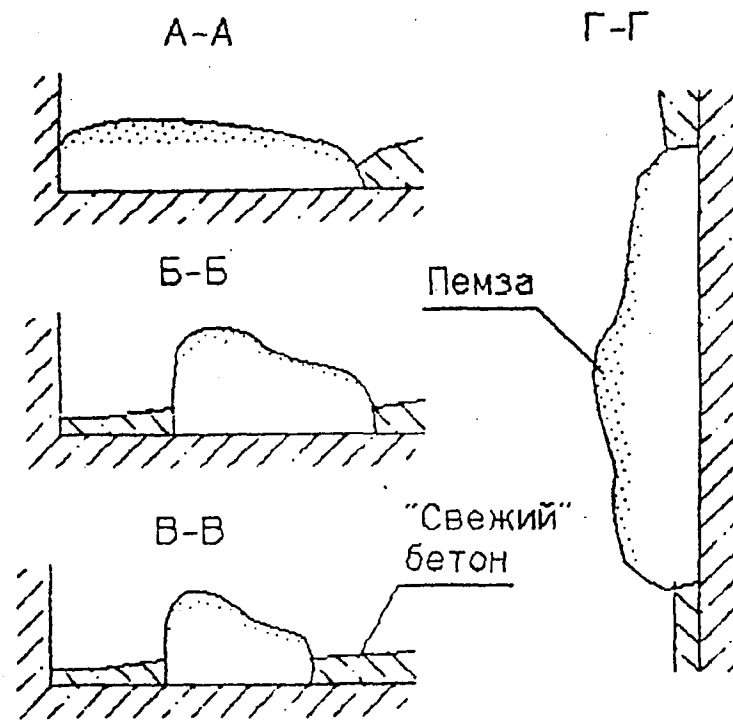
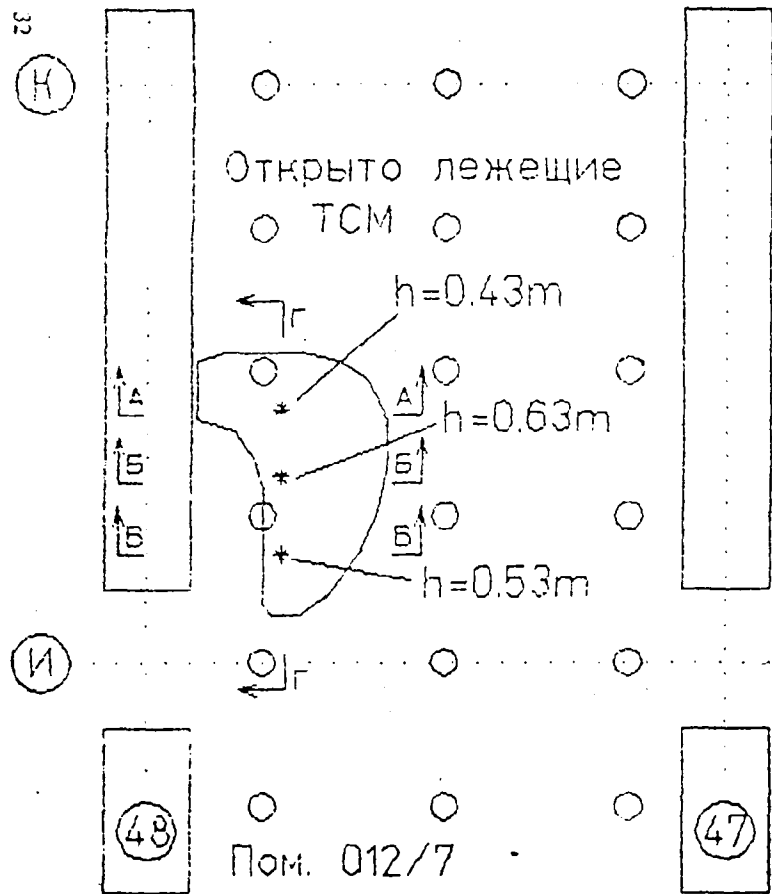


Рис. 10 СХЕМА РАСПОЛОЖЕНИЯ ЛТСМ НА ОТМ. 2.20 М, ПОМ. 012/17.



Разрезы скопления ТСМ
на 1 этаже Б-Б. Отм. -0.65м.

Рис. 11 СХЕМА РАСПОЛОЖЕНИЯ ЛТСМ НА ОТМ. -0.65 м, ПОМ. 012/7.

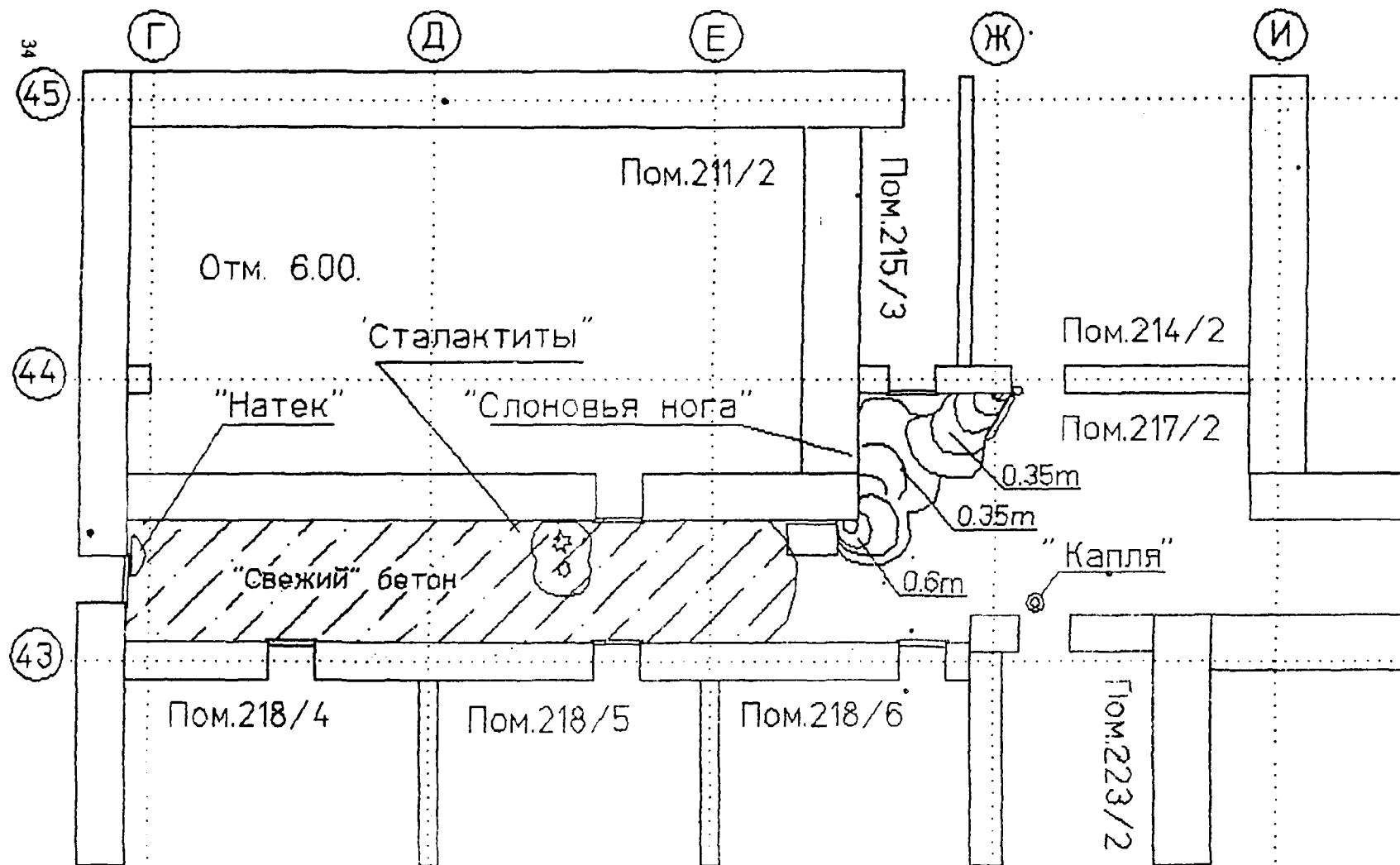


Рис. 13 СХЕМА РАСПОЛОЖЕНИЯ ЛТСМ НА ОТМ. 6.00 м, ПОМ. 217/2.

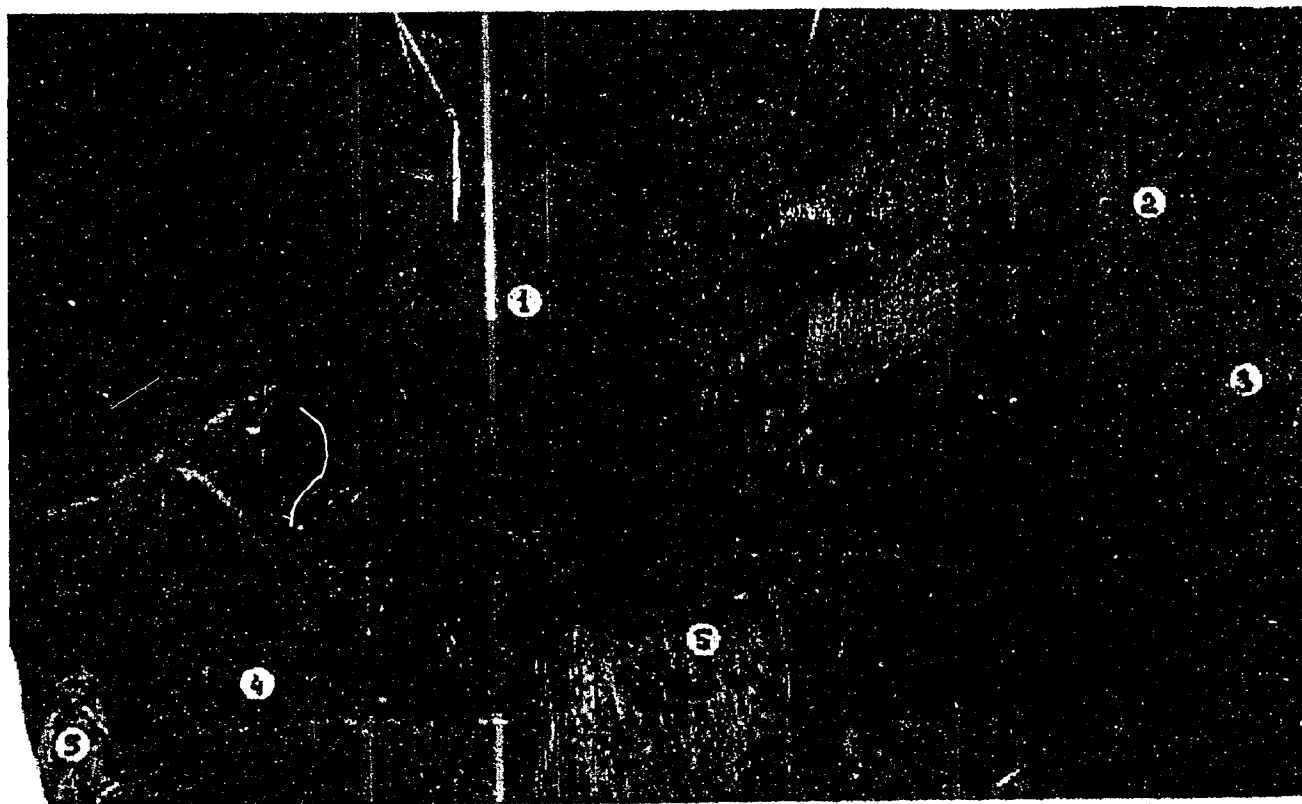


Фото 1. ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ЗАЛ. ОТМ.35,5. КРЫШКА РЕАКТОРА (Схема "Е"). ШАХТА РЕАКТОРА ПЕРЕКРЫТА СВЕРХУ ТРУБАМИ ПАРОВОДЯЩИХ КОММУНИКАЦИИ (ПВК).
1. Схема "Е"; 2. Верхняя плоскость схемы "Е"; 3. Тракты наращивания; 4. Трубы ПВК;
5. Дарашутная ткань, в которой сбрасывали с вертолетов песок и свинец.

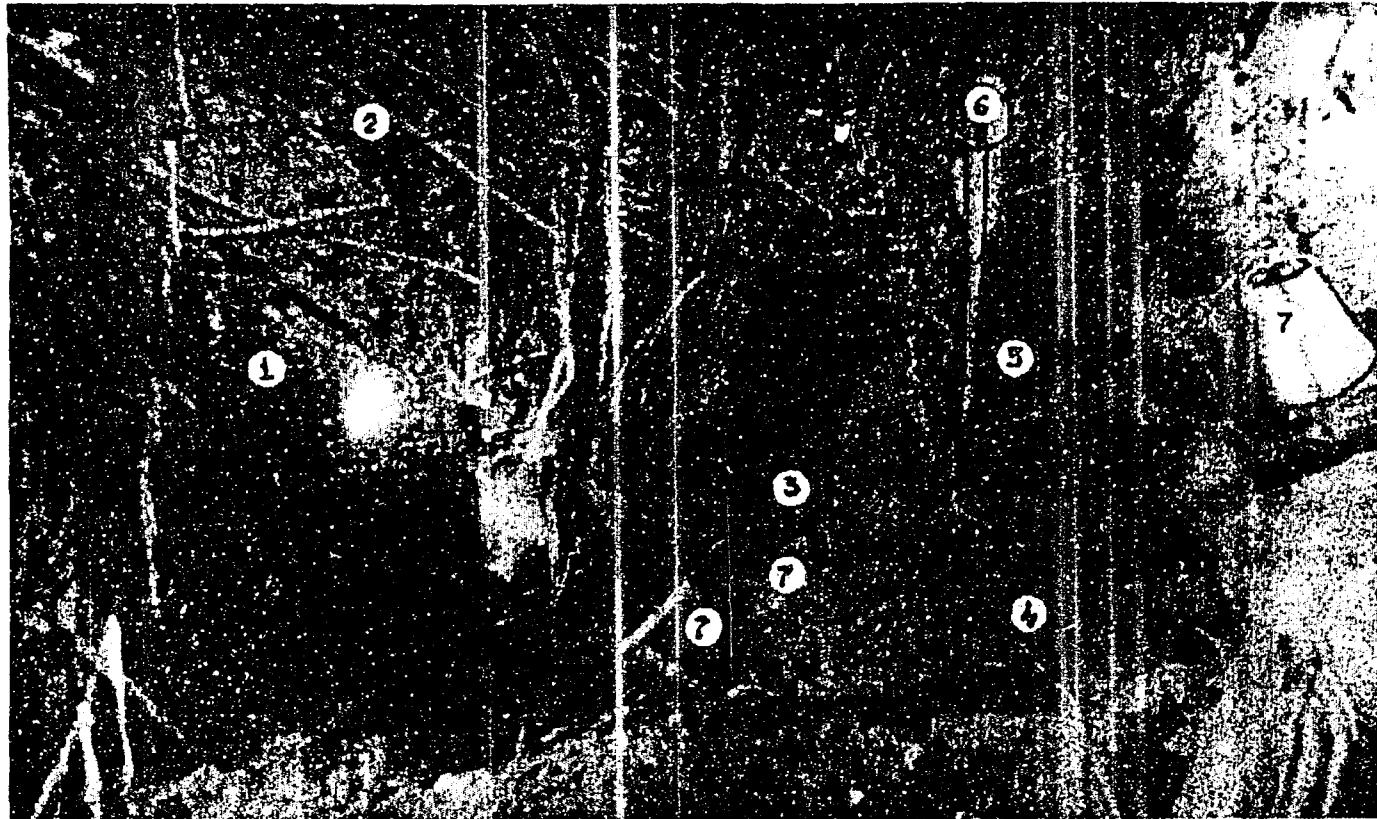


Фото 2. ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ЗАЛ. КРЫШКА РЕАКТОРА (Схема "Е"). ВСЯ ЦЕНТРАЛЬНАЯ ЧАСТЬ СХЕМЫ "Е" НЕ ИМЕЕТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КАНАЛОВ. СТАЛЬНЫЕ БЛОКИ БИОЗАЩИТЫ ОСТАЛИСЬ НА СВОИХ ШТАТНЫХ МЕСТАХ.

1. Нижняя плоскость схемы "Е"; 2. Каналы охлаждения стражателя, среди них могут находиться технологические периферийные каналы с ТВС; 3. Шахта реактора; 4. Южный бассейн выдержки, где находятся отработанные ТВС; 5. Северный бассейн выдержки; 6. Диагностическая "Игла"; 7. Диагностические "Буи".

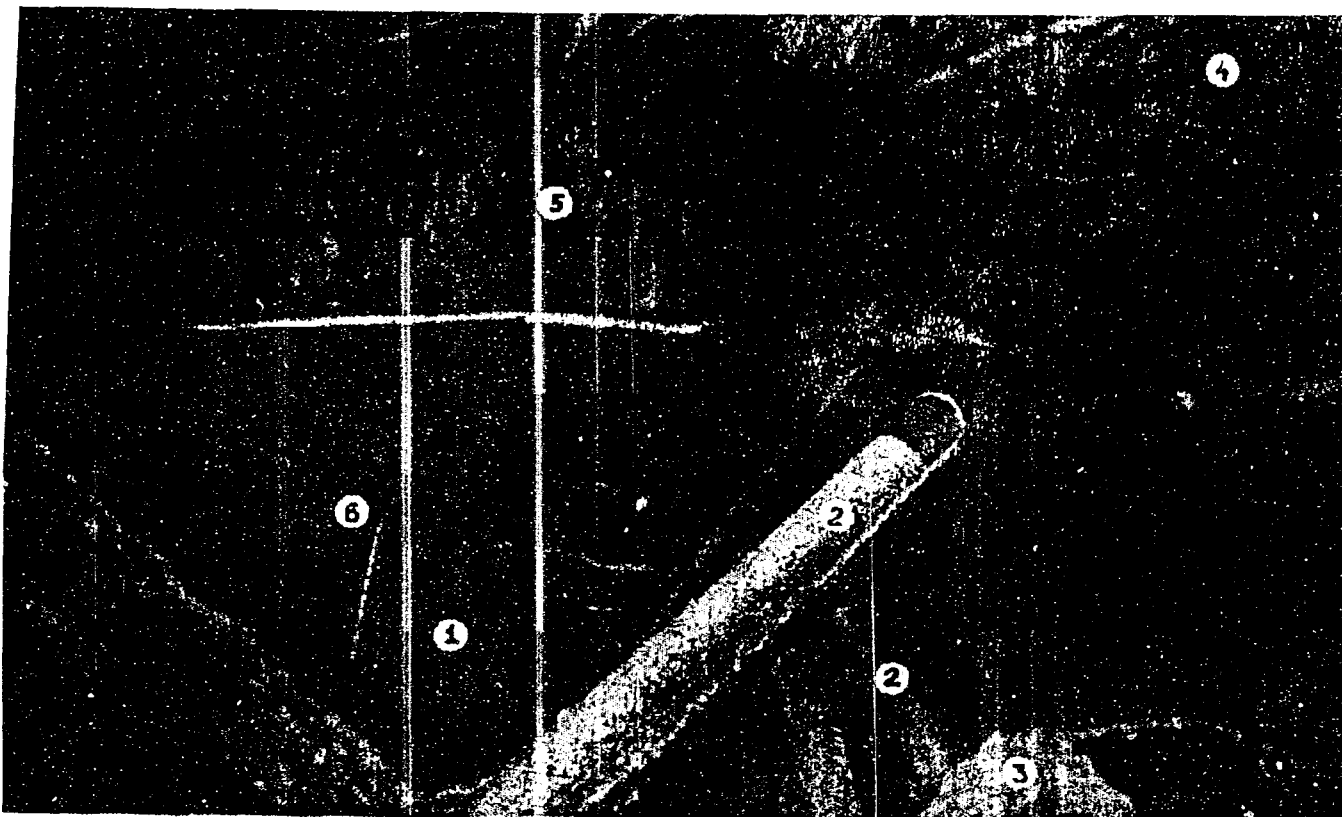


Фото 3. ВИД ИЗ АКТИВНОЙ ЗОНЫ РЕАКТОРА ВВЕРХ. ШАХТА РЕАКТОРА СО СТОРОНЫ ЦЕНТРАЛЬНОГО ЗАЛА (ЦЗ) ПЕРЕКРЫТА ПЕРЕПУТАННЫМИ ТРУБАМИ ПАРОВОДЯЩИХ КОММУНИКАЦИИ (ПВК), ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫМИ БЛОКАМИ, ПЛИТАМИ ПЕРЕКРЫТИЯ ЦЗ.
1. Водяной бак защиты реактора (Схема "Л"); 2. Канал охлаждения отражателя;
3. Графитовый блок, облитый в 1986 г. раствором бетона; 4. Трубы ПВК;
5. Ж/б плита; 6. Плита перекрытия ЦЗ.

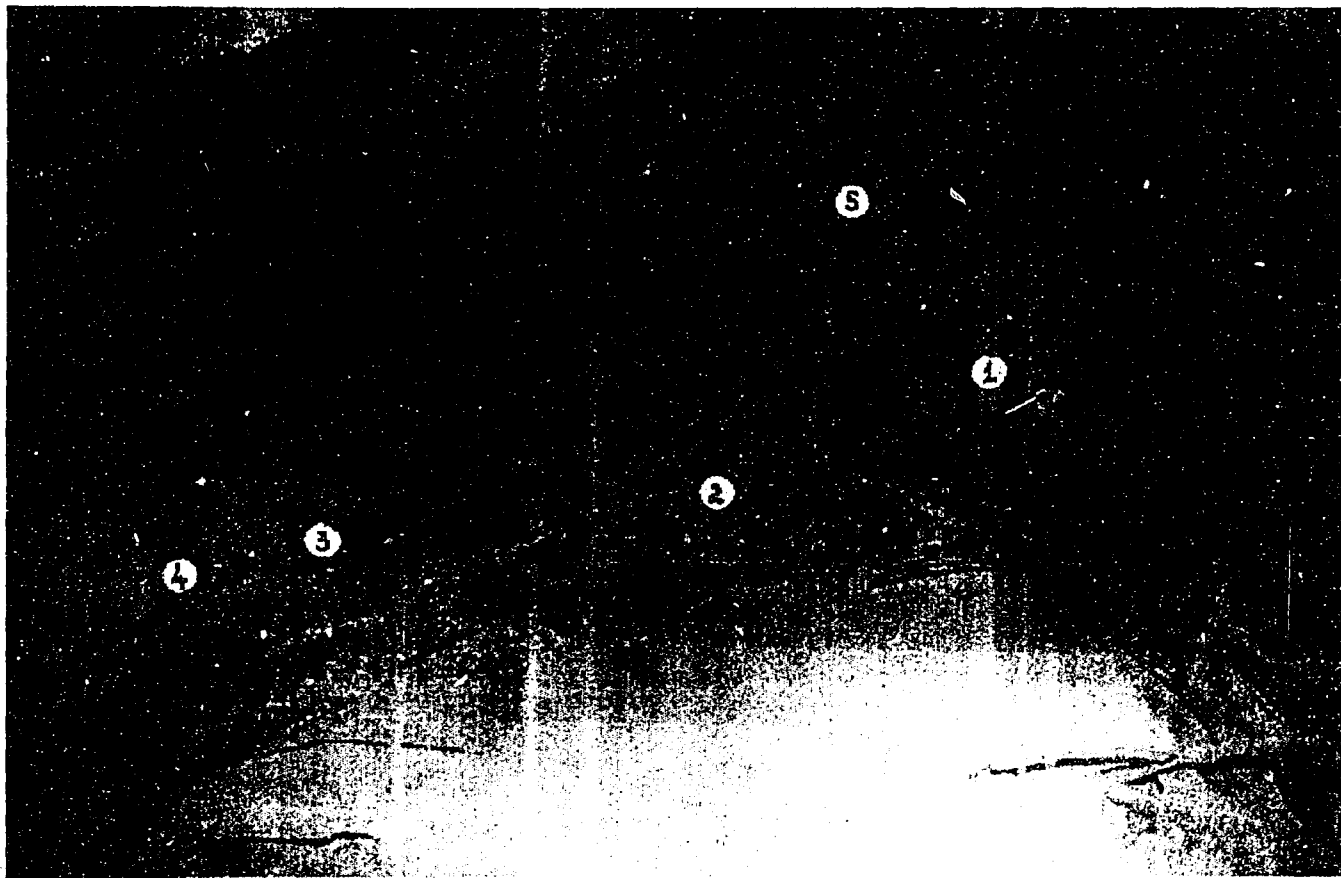


Фото 4. ВИД ВВЕРХ ИЗ АКТИВНОЙ ЗОНЫ РЕАКТОРА. ВЕРХНЯЯ ЧАСТЬ Ш/Б ПЛИТЫ, ВЕРОЯТНО ИЗ СТЕНЫ БОКСА БАРАБАН-СЕПАРАТОРА, НА ВЕРХНЕМ ТОРЦЕ КОТОРОЙ ОБНАРУЖЕНА ЛТСМ. 1. Схема "Л"; 2. Ш/б плита; 3. Канал охлаждения отражателя; 4. Графитовый блок; 5. "Перекрытие" шахты реактора со стороны ЦЗ.

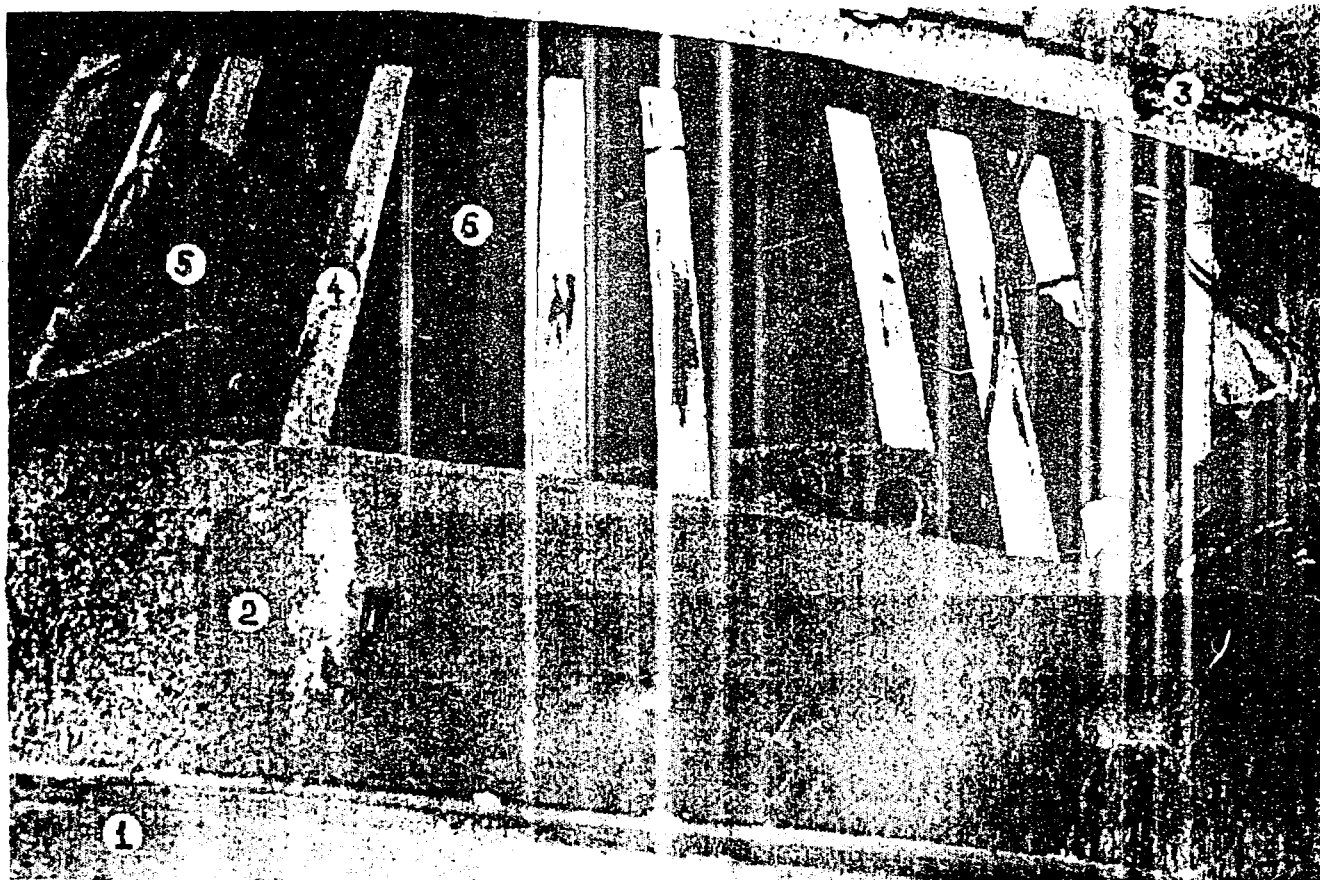


Фото 5. СЕВЕРНАЯ ЧАСТЬ ПОДАППАРАТНОГО ПОМЕЩЕНИЯ 305/2, ОТМ.10,0.

1. Схема "ОР"; 2. Корпус реактора (Схема "КЖ"); 3. Дно схемы "Л"; 4. Канал охлаждения отражателя; 5. Графитовый блок; 6. Ж/б плита, на верхнем торце которой есть ЛТСМ.

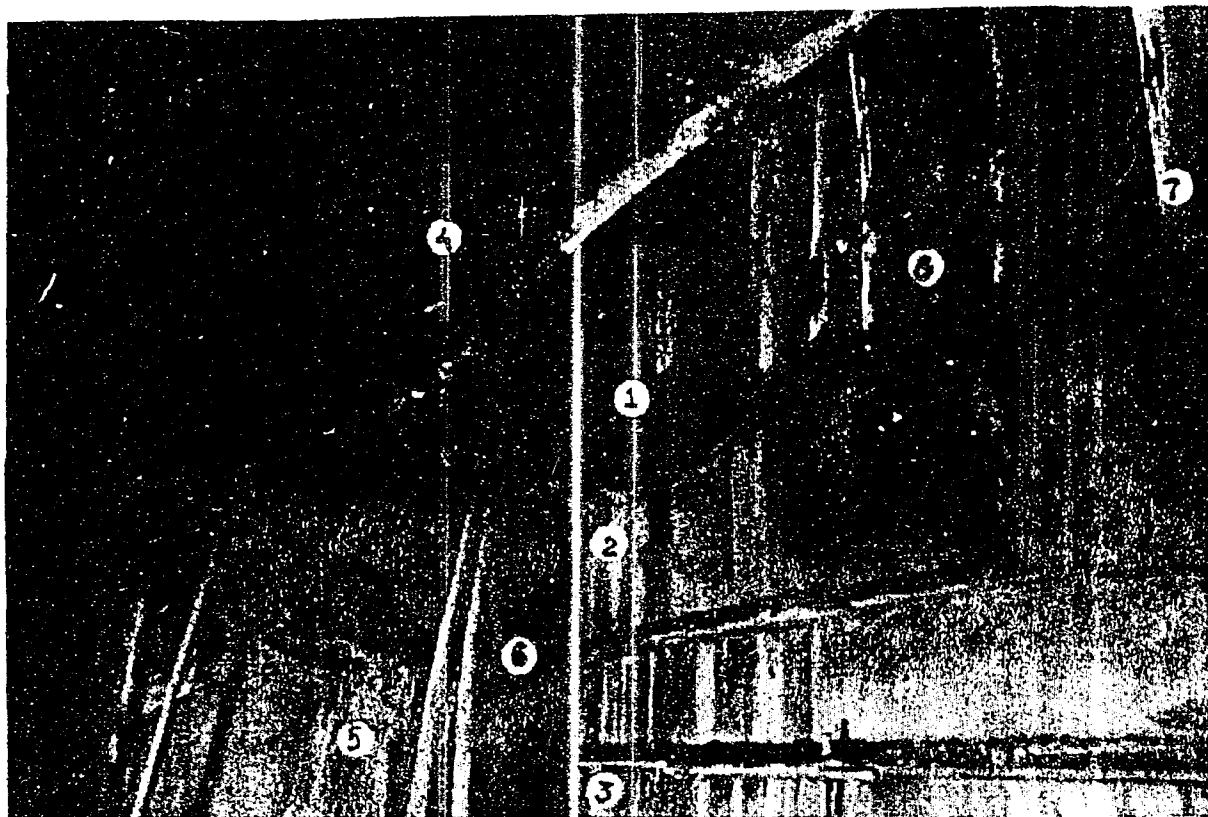


Фото 6. СЕВЕРО-ВОСТОЧНАЯ ЧАСТЬ ПОМ. 305/2, ОТМ. 10,0.

1. "Сталагмит" из ЛТСМ; 2. Схема "КЖ"; 3. Дно реактора (Схема "ОР"); 4. Дно схемы "Л";
 5. Смятая взрывной волной, металлическая облицовка стены; 6. Щебенка, выпавшая из
 межкомпенсаторного зазора между помещениями 305/2 и 504/2; 7. Канал охлаждения отража-
 теля; 8. Графитовый блок.

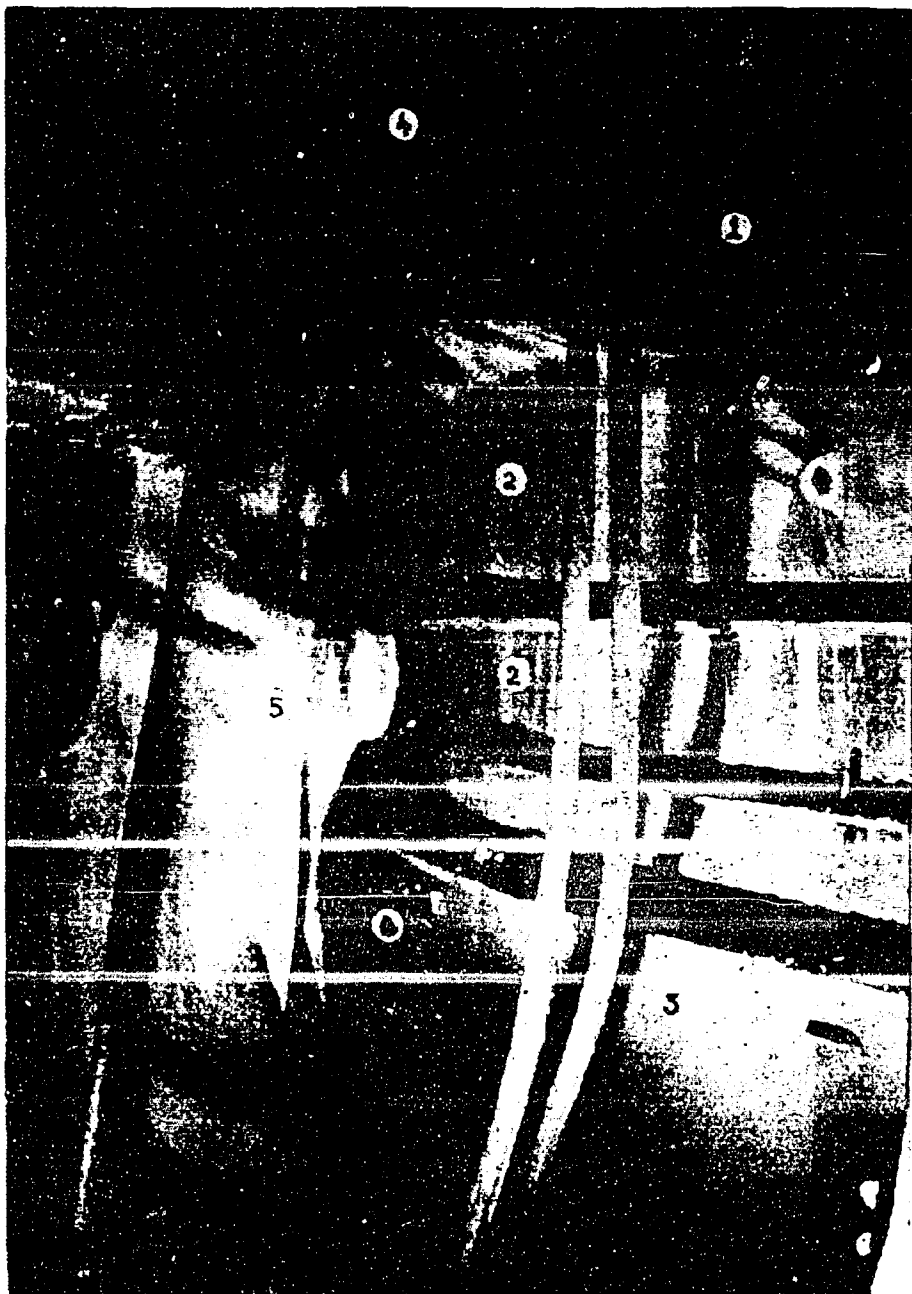


Фото 7. СЕВЕРО-ВОСТОЧНАЯ ЧАСТЬ ПОМЕЩЕНИЯ 305/2. ОТМ. 10,0. ВЗРЫВНОЙ ВОЛНОЙ ВМЯТА В СТЕНУ МЕТАЛЛИЧЕСКАЯ ОБЛИЦОВКА, ПОД КОТОРОЙ НАХОДИЛСЯ 300 мм ЛОЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ.
1. "Сталагмит" из ЛТСМ; 2. Схема "КН"; 3. Схема "ОР"; 4. Дно схемы "Л"; 5. Металлическая облицовка, вмятая в стену;
6. Цебенка, высыпавшаяся из межкомпенсаторного зазора.



Рис. 4. Юго-восточная часть пом. 305/2, отм. 10,0. последствия температурного воздействия.
 1. Металлическая опора (Марка - С-4) с проплавлением в зоне основания; 2. Осыпь из земли, в том месте, где должна быть схема "ОР"; 3. Обгоревшие графитовые блоки;
 4. Труба ПВД; 5. Бетон 1986 г.; 6. Оплавленная сверху щебенка.



Фото 9. ЮГО-ВОСТОЧНАЯ ЧАСТЬ ПОМЕЩЕНИЯ 305/2, ОТМ.10,0 (9,70). ПОСЛЕДСТВИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ.

1. Проплавленное основание опоры (Марка - С-4); 2. Нижние водяные коммуникации (НВК); 3. Обгоревшие графитовые блоки; 4. Оплавленная сверху щебенка; 5. Бетон 1986 г



Фото 10 (а,б,в). ПРОБЫ ИЗ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ПОМ.305/2.
а, б - Обгоревшие графитовые блоки. в - Оплавленная щебенка.

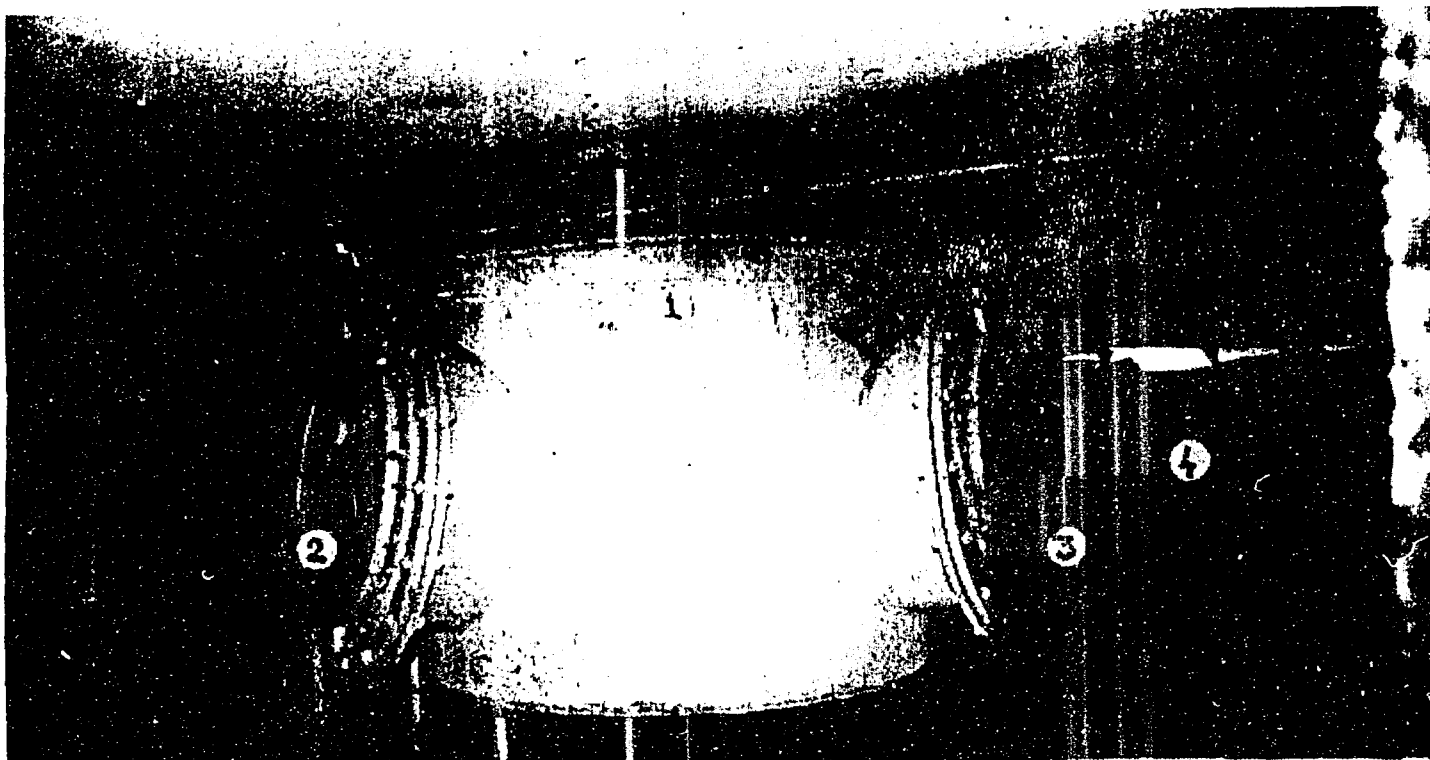


Фото 11. ПАРОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЙ КОРИДОР (ПРК). ОТМ. 6,00. ПОМ. 210/7. ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ТЕПЛОМЕТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ ОБЪЕМ ЛТСМ ДОЛЖЕН БЫТЬ В ПРК В 5,5 РАЗ БОЛЬШЕ. ГДЕ ОНА СМОГЛА БЫ РАЗМЕСТИТЬСЯ?

1. Паросбросной клапан (ПК); 2. В патрубке ПК застыла струя ЛТСМ, в ней видна металлическая цепь и проволока без видимых следов оплавления; 3. В застывшей струе ЛТСМ есть и застывшие струи металла; 4. Конденсаторная батарея (КБ).

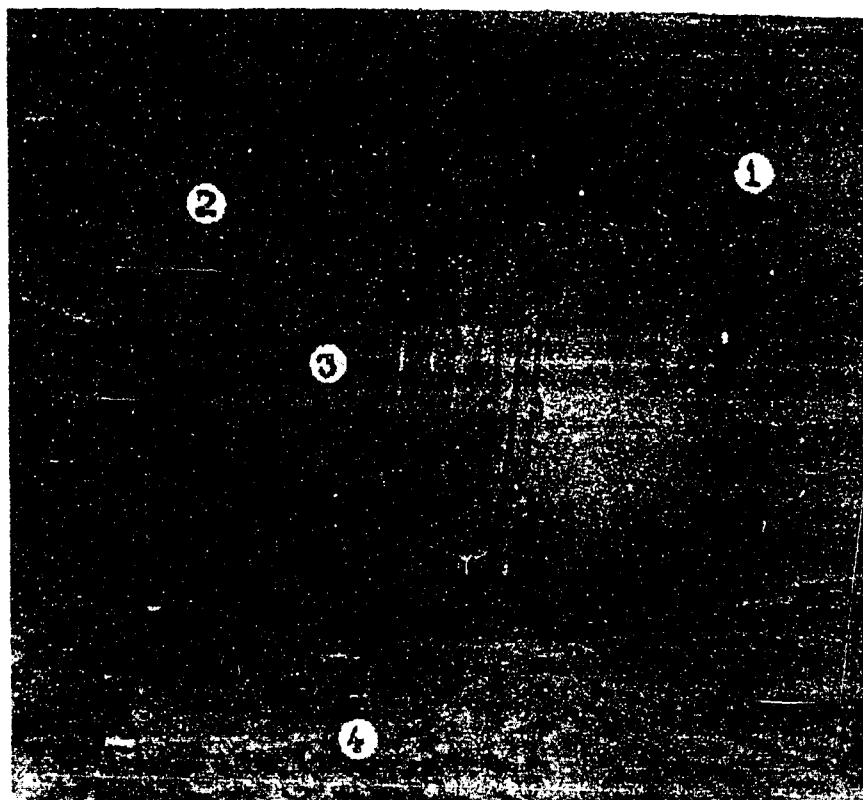


Фото 12. ПРК, ПОМ. 210/6, ОТМ. 10,0. ПАРОСБРОСНЫЕ КЛАПАНА ОПУСТИЛИСЬ ВНИЗ ВМЕСТЕ С МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ОБЛИЦОВКОЙ ПОТОЛКА НА 0,3 МЕТРА.
1. ПК; 2. Конденсаторная батарея (КБ); 3. ЛТСМ; 4. Бетон 1986 г.



Фото 13. ПРК, ПОМ. 210/6, ОТМ. 6,00. СЛЕДЫ ТЕМПЕРАТУРНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ. НА СТЕНЕ ПЯТНО СЫВРЕВШЕЙ ТЕРМОСТОЙКОЙ КРАСКИ, КОТОРОЕ НАХОДИТСЯ НАПРОТИВ ОТВЕРСТИЯ В ПАТРУБКЕ ПК.

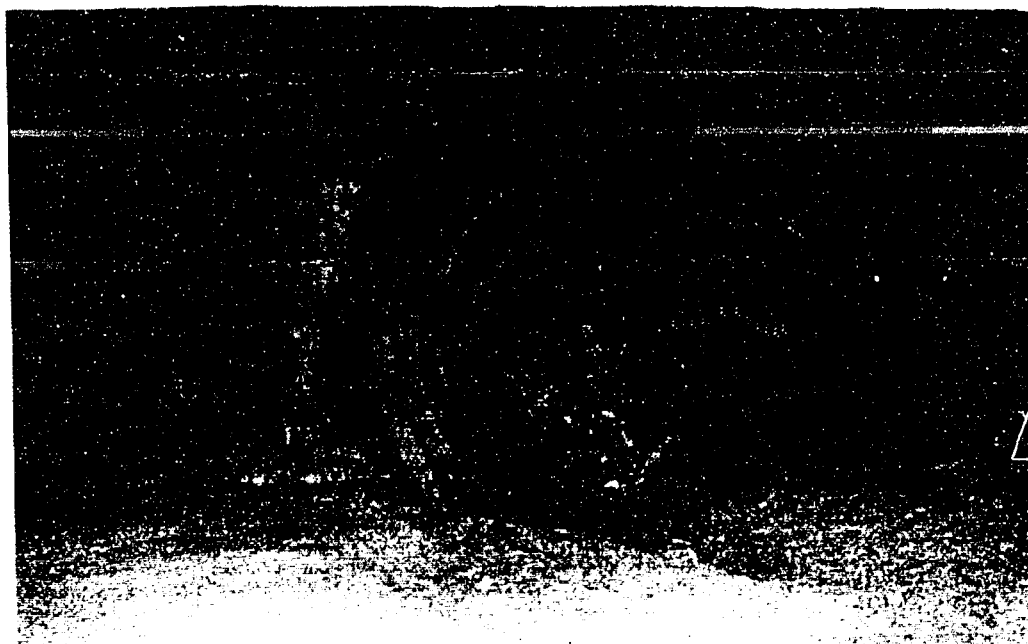


Фото 14, 15. ПРК, пом. 210/6, отм. 6,00.
НА ВЕРХНЕМ ФОТО 1989 ГОДА, ЗАСТЫВШАЯ В ПАТРУБКЕ КЛАПАНА
ЛТСМ.
НА НИЖНЕМ ФОТО 1991 ГОДА, ПОВЕРХНОСТЬ ЛТСМ ПОКРЫТА ЯРКО-
ЖЕЛТЫМИ НОВООБРАЗОВАНИЯМИ - ЛЕГКОРАСТВОРИМЫМИ ОКСИКАРБОНАТАМИ
УРАНА.

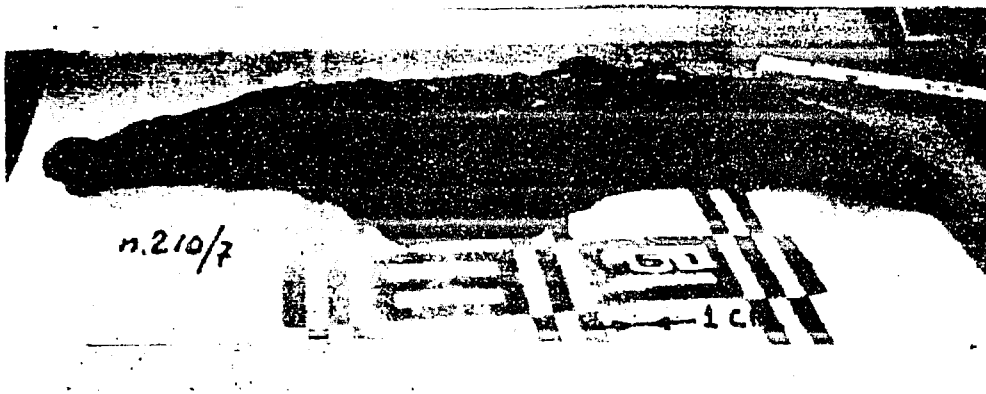


Фото 16. ПРК, ПОМ. 210/7, ОТМ. 6,00.
МЕТАЛЛ, КОТОРЫЙ НАХОДИЛСЯ НА ПОЛУ ПОД СЛОЕМ ЛТСМ.

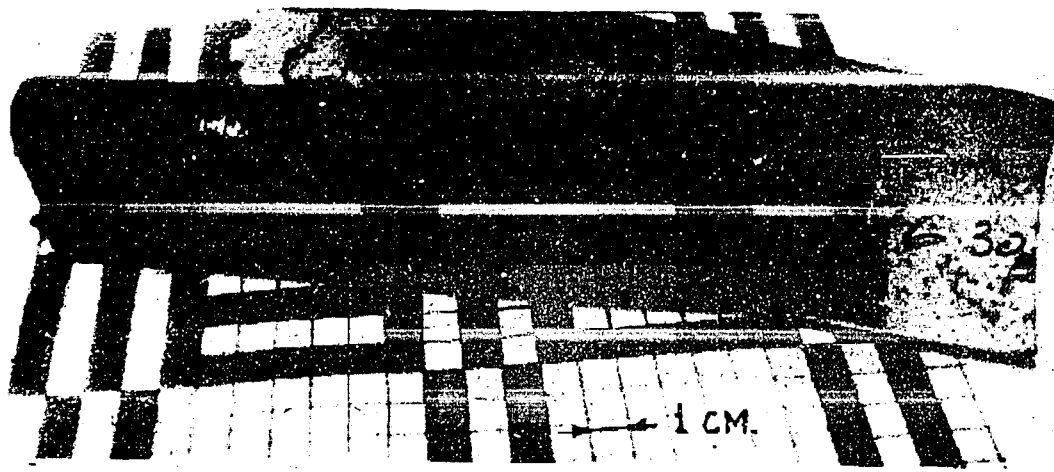


Фото 17. ПРК, ПОМ. 210/6, ОТМ. 6,00.
ВЫСОКОАКТИВНЫЙ (200 Р/ч) КЕРН МЕТАЛЛА, ВЗЯТЫЙ ЧЕРЕЗ НАКЛОННУЮ
СКВАЖИНУ 3-9-Т С ПОЛА ПОМ. 210/6 В ЗОНЕ ОСИ Л+500.

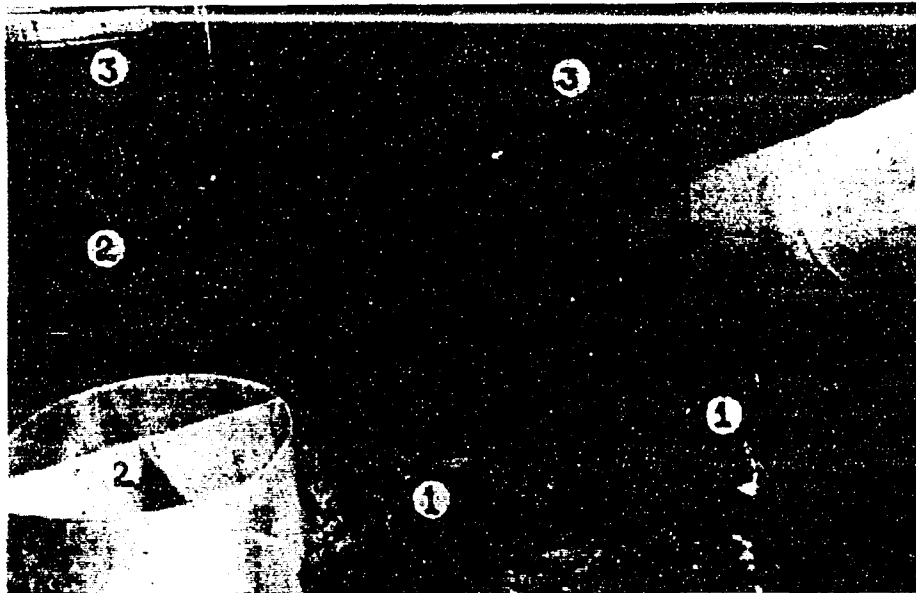


Фото 18. ПРК, ПОМ. 210/5, ОТМ. 6,00.
МЕТАЛЛ, РАЗЛИВШИЙСЯ НА ПОЛУ ПОМЕЩЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ АВАРИИ.
1. Высокоактивный металл, не имеющий в своем составе ядерного топлива; 2. Паросбросная труба в бассейн-барботер; 3. Конденсаторная батарея (КБ).



Фото 19. ПРК, ПОМ. 210/5, ОТМ. 6,00.
РАСПЛАВЛЕННЫЙ МЕТАЛЛ, ПЕРЕКЕКАЯ ИЗ СОСЕДНЕГО ПОМ. 210/6
ЧЕРЕЗ ДВА ЛЮКА В СТЕНЕ, ВИДИМО, ПОПАДАЛ В ВОДУ И ФОНТАНИРОВАЛ.
ТРУБЫ, СТЕНКА КОНДЕНСАТОРНОЙ БАТАРЕИ И ДАЖЕ ПОТОЛОК ПОКРЫЛИСЬ
МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ КОРКОЙ.

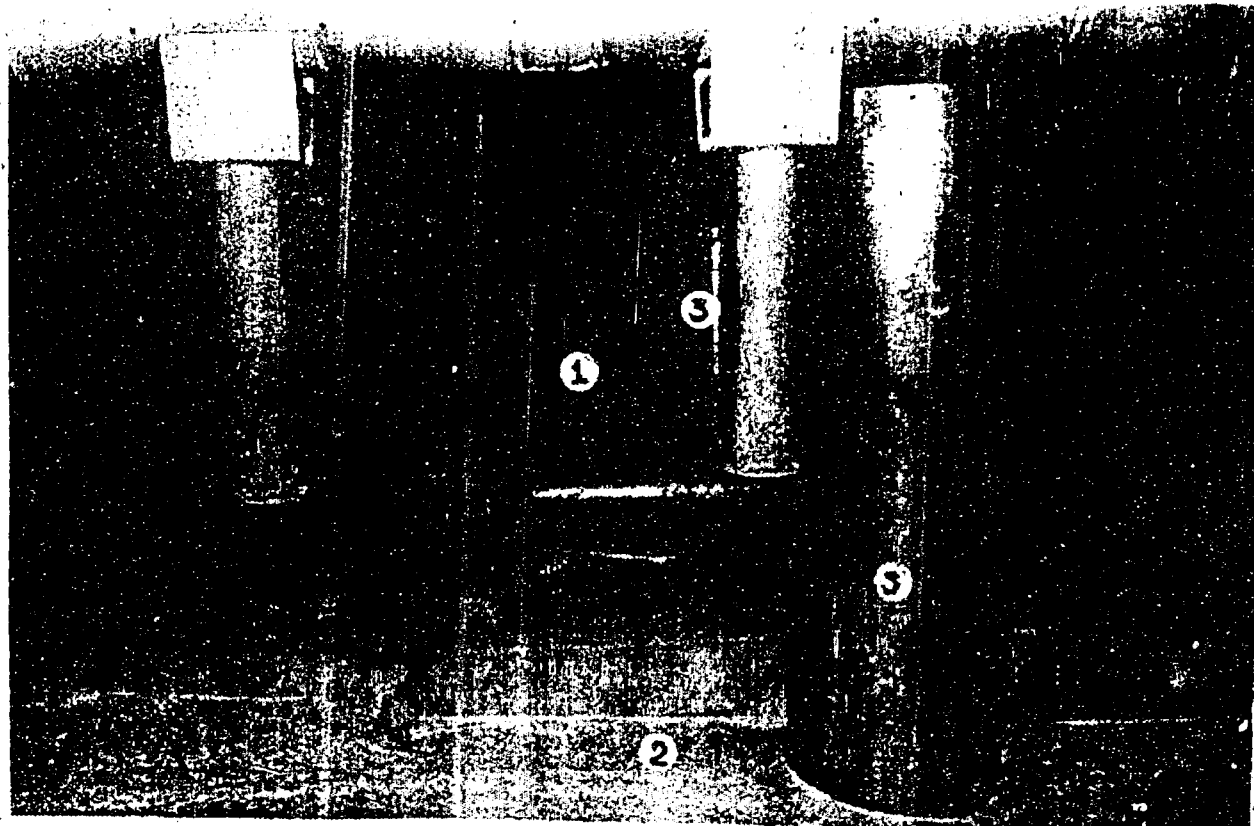


Фото 20. БАСЕЙН-БАРБОТЕР, ОТМ. 2,20, ПОМ. 012/15.
СКОПЛЕНИЕ ЛТСМ ("КУЧА").
1. ЛТСМ; 2. Бетон 1986 г. 3. Паросбросная труба (ПТ).



19726

РИС. 11. БАССЕЙН-ВАРЬОТЕР, УТМ. 2.20, ПОМ. 012/13.
ОСЛАБЛЕННАЯ ТРЧБА В ЗОНЕ ОСИ Д, ПОКРЫТАЯ НАТЕКАМИ
МЕТАЛЛА.

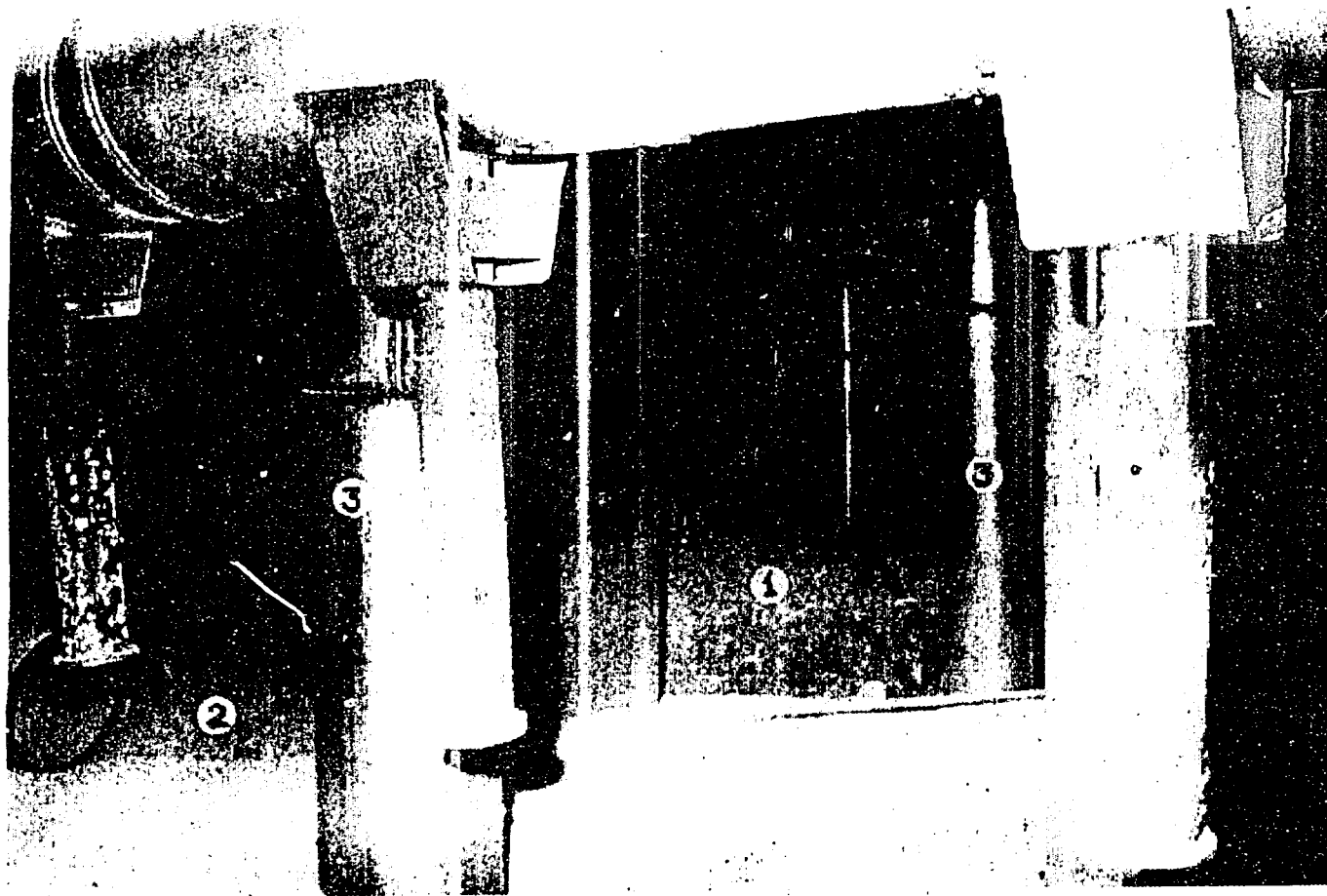


Фото 22. БАСЕЙН-БАРБОТЕР, ОТМ. -0.65, ПОМ. 012/7. СКОПЛЕНИЕ "КУЧА".
1. ЛТСМ; 2. Бетон 1986 г.; 3. Паросбросная труба.

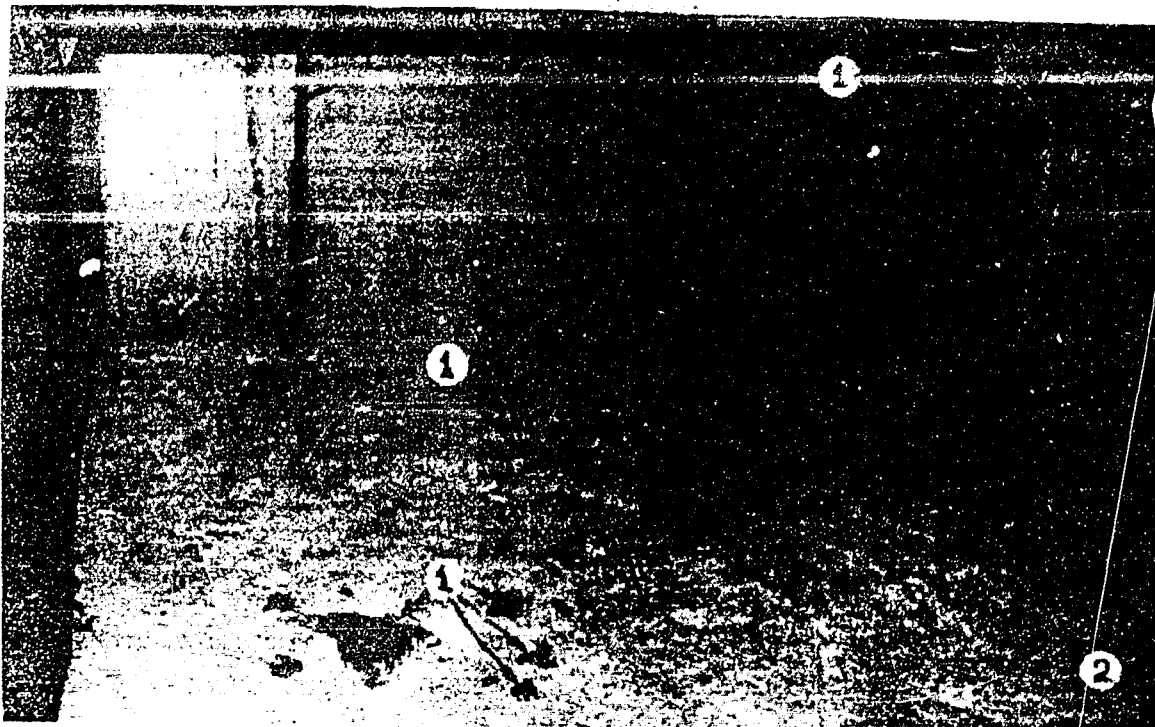
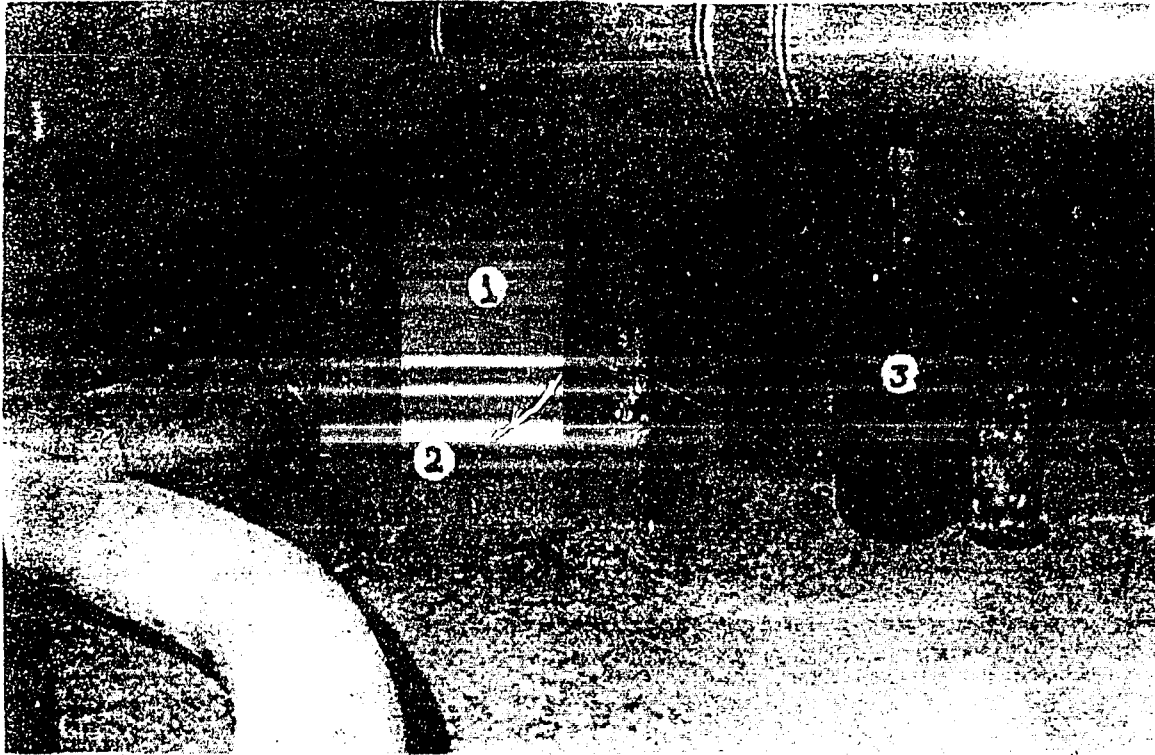


Фото 23, 24. БАССЕЙН-БАРБОТЕР, ОТМ.-0.65. ПЕМЗООБРАЗНЫЕ ЛТСМ.
1. Пемзообразные ЛТСМ; 2. Бетон 1986 г.; 3. Паросбросная труба.

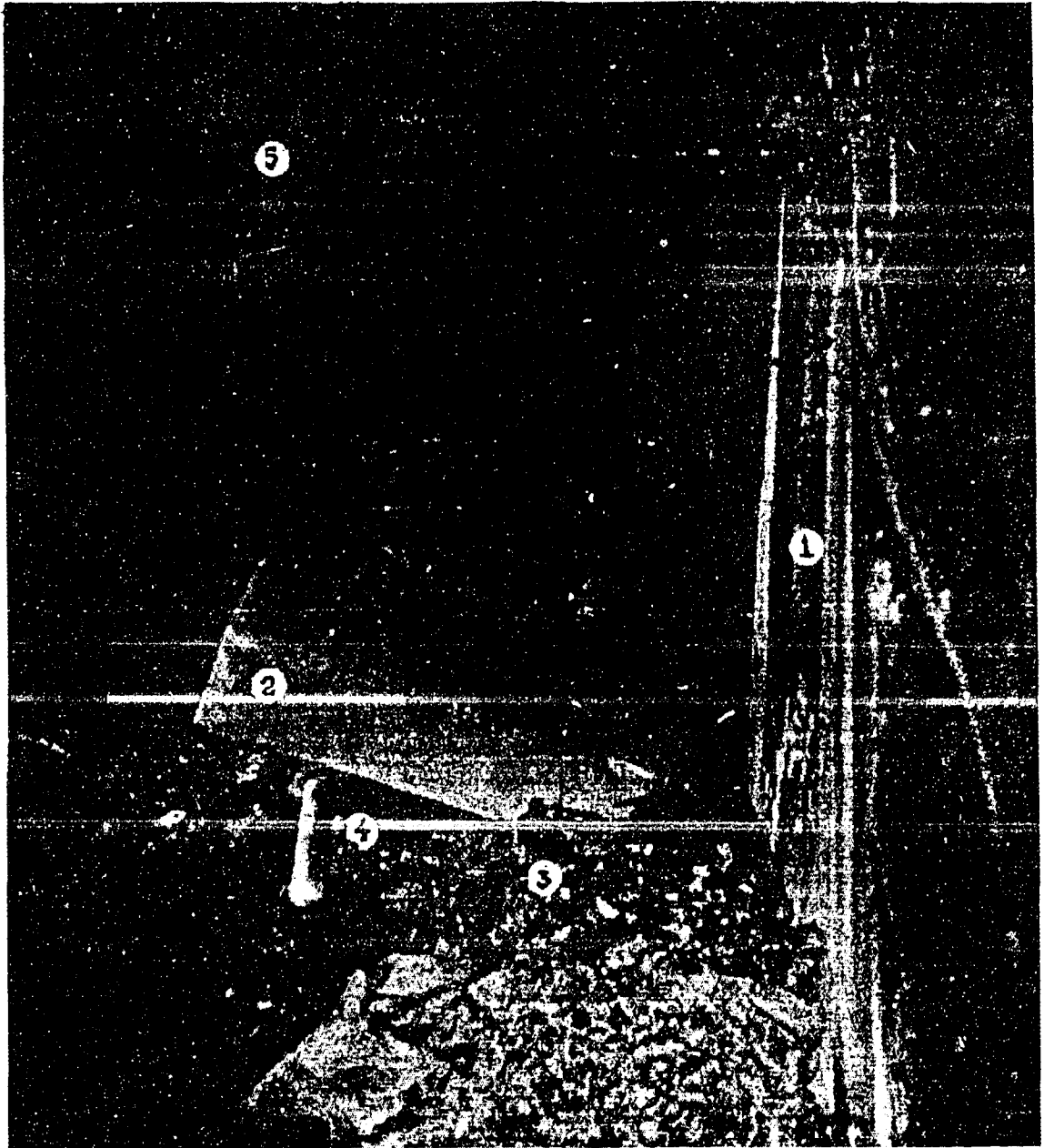


Фото 25. ПОМ. 304/3, ОТМ. 9,30.

1. Выдавленная со стороны пом.305/2 (Отм.9.70), отклонилась от вертикали на 5 град; 2. Опрокинутый, стоящий около стены электрошкаф; 3. ЛТСМ; 4. Нейтронный датчик; 5. Обсадная труба буровой скважины в пом.305/2.

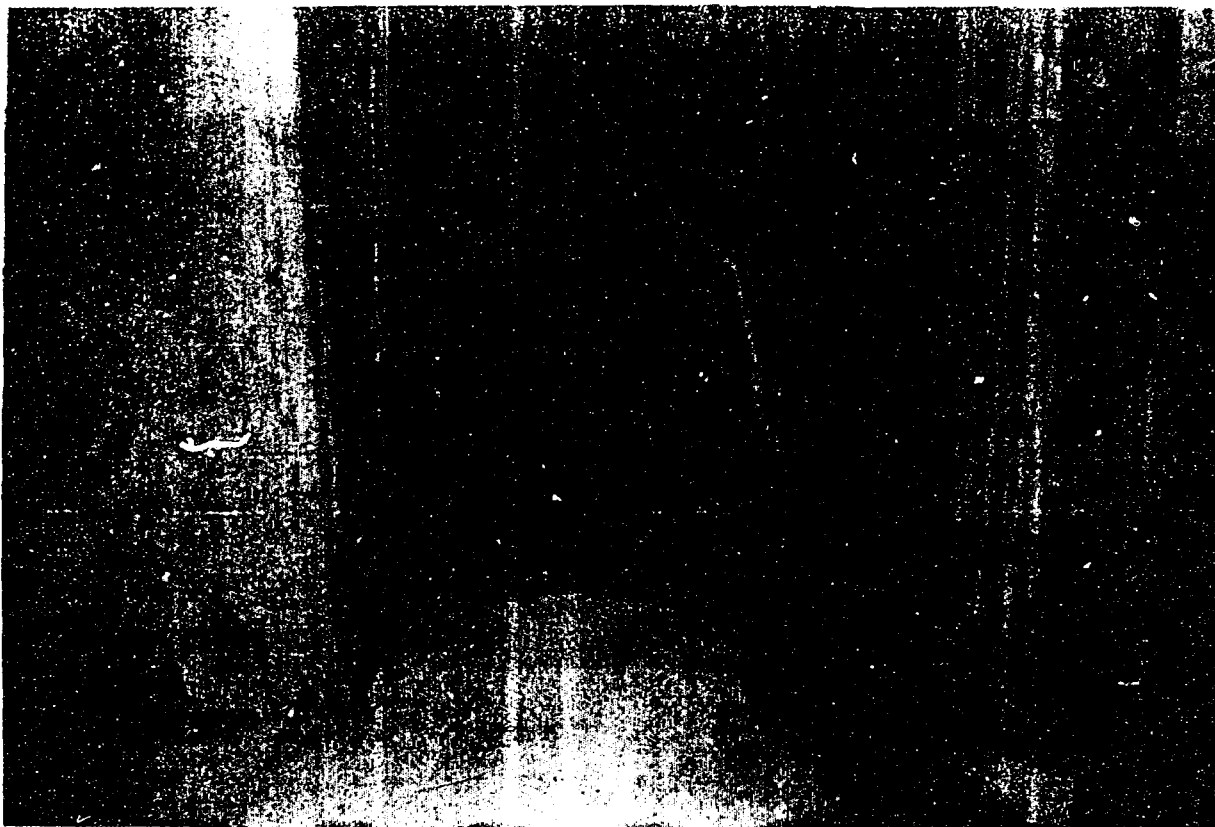


Фото 26. ВИД В ПОМ. 304/3 ИЗ КОРИДОРА ОБСЛУЖИВАНИЯ. В ДВЕРНОЙ ПРОЕМ ВЫНЕСЕНО ПОТОКОМ ЛТСМ ИЛИ ВЗРЫВНОЙ ВОЛНОЙ ДЕФОРМИРОВАННАЯ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЯ ОГРАЖДЕНИЯ.

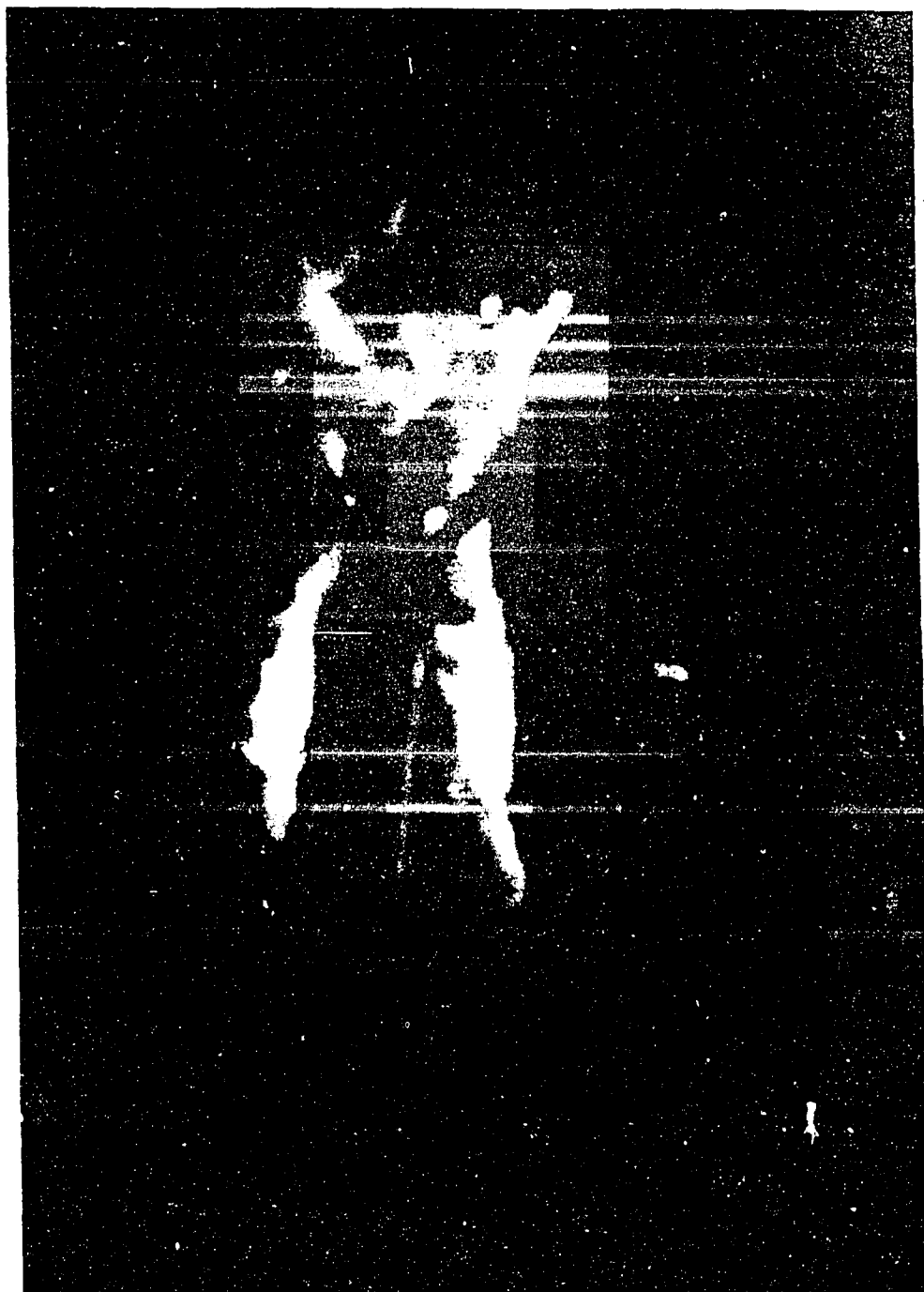


Фото 27. ПОМЕЩЕНИЕ 304/3, ОТМ. 9,30.
ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТОЯНИЯ ПОЛА ПОД СЛОЕМ ЛТСМ МЕТОДОМ
ВЕРТИКАЛЬНОГО СВЕРЛЕНИЯ.

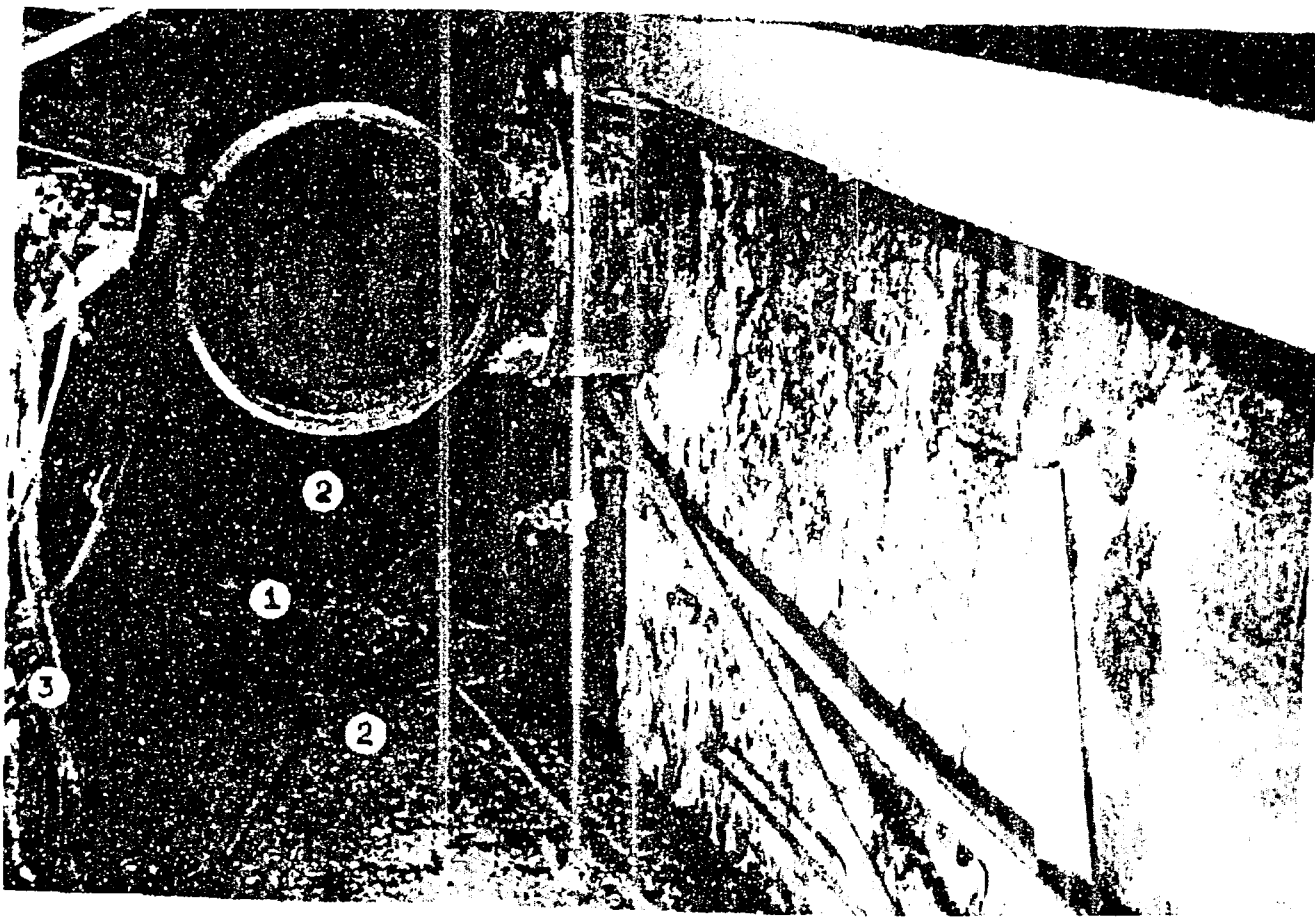


Фото 28. КОРИДОР ОБСЛУЖИВАНИЯ, ОТМ. 9.30, ПОМ. 301/5. СКОПЛЕНИЕ ЛТСМ НЕ ЗАЛИТОЕ БЕТОНОМ
В 1986 ГОДУ.

1. ЛТСМ; 2. Бетон 1986 г.; 3. Электропроводка с обгоревшей электроизоляцией.

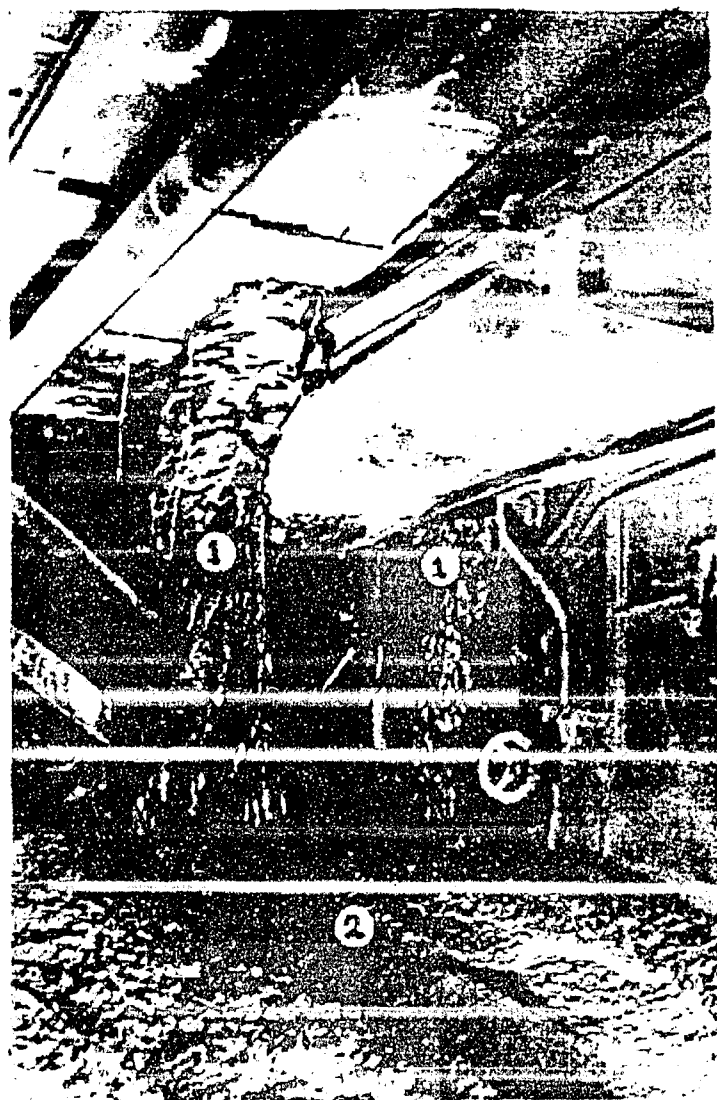


Фото 29. ПОМЕЩЕНИЕ 217/2, ОТМ. 6.00.
1. ЛТСМ "Сталактиты"; 2. Бетон 1986 года.

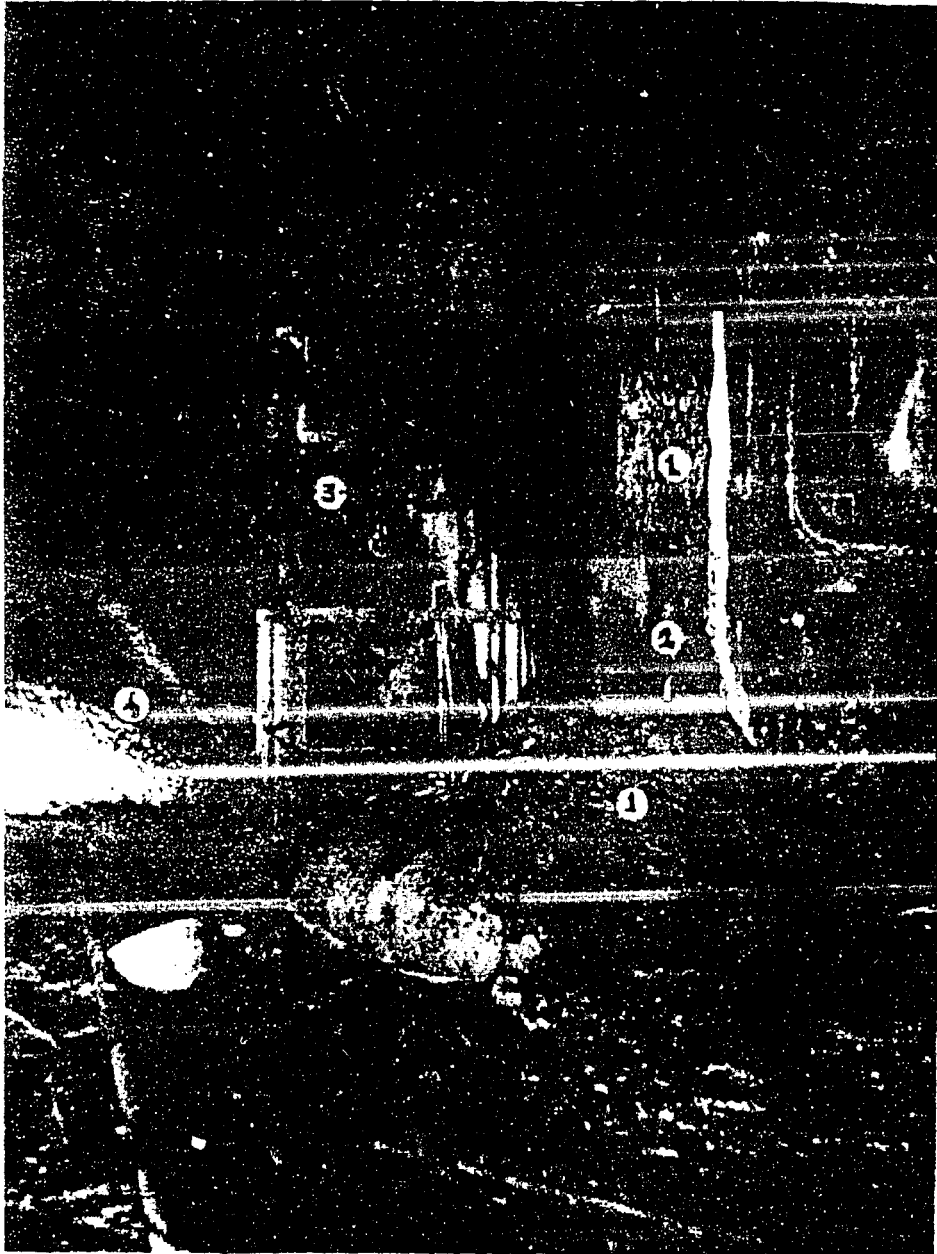


Фото 30. ПОМЕЩЕНИЕ 217/2, ОТМ. 6.00.
1. ЛТСМ "Слоновья нога"; 2. Место саморазрушения ЛТСМ;
3. ЛТСМ "Сталактиты"; 4. Бетон 1986 года.

Технический редактор О.П. Громова
Подписано в печать 25.08.94. Формат 60×90/16
Печать офсетная. Усл. печ. л. 3,7. Уч.-изд. л. 3,0
Тираж 69. Заказ 124. Индекс 3624
Отпечатано в РИЦ «Курчатовский институт»
123182, Москва, пл. Академика Курчатова

Индекс 3624

Препринт ИАЭ-5783/3. М., 1994