

# Реабилитация хранилища твердых радиоактивных отходов на ФГУП "Дальневосточный завод "Звезда"

*Киселев А.М., ФГУП ДВЗ «Звезда», Россия*

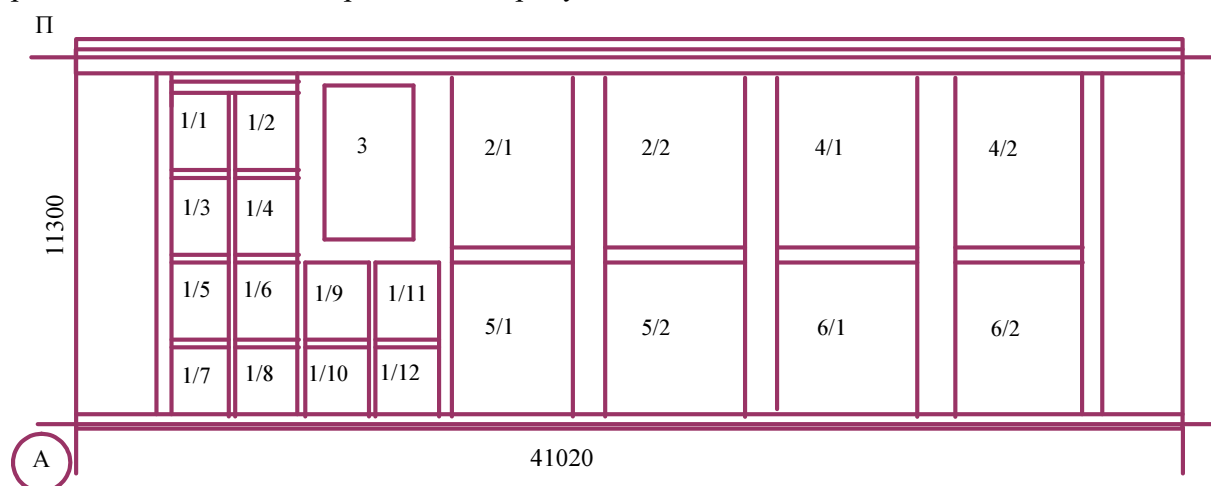
Временное хранилище твердых радиоактивных отходов (объект 130) расположено на северной площадке ФГУП ДВЗ «Звезда», примыкающей с юго-востока к северному молу предприятия. Объект представляет собой железобетонное здание длиной 41,02 м, шириной 11,86 м, высотой 5,8 м. Фундамент здания представляет собой железобетонную плиту толщиной 500 мм из бетона марки 150. Стены сооружения - железобетонные из бетона марки 150 толщиной 600 мм. Перекрытие обеспечивается решетками из монолитных железобетонных балок сечением 300x500 мм из бетона М 200 и железобетонными плитами толщиной 500 мм из бетона М 200, установленными в ячейки решеток. Толщина стен и перекрытия в отсеке № 3 – 950 мм. Основные технические показатели объекта 130 приведены в таблице 1.

**Таблица 1**

**Основные технические показатели объекта 130**

Наименование	Ед. измерения	Количество
Площадь застройки	м <sup>2</sup>	486,1
Строительный объем	м <sup>3</sup>	2739
Объем железобетонных конструкций	м <sup>3</sup>	1118
Общий объем отсеков	м <sup>3</sup>	1565,6
Общая площадь отсеков	м <sup>2</sup>	307,07
Количество отсеков	Шт	22

Внутренняя планировка здания включает в себя группу отдельных отсеков. Схема расположения отсеков приведена на рисунке 1



**Рис. 1. Схема расположения отсеков объекта 130**

Согласно проекту объект 130 должен быть оснащен системой вытяжной вентиляции для предотвращения выбросов радиоактивных аэрозолей при загрузке ТРО в отсеки, а

также системой углекислотного пожаротушения. Однако в настоящее время эти системы отсутствуют.

В 1964 – 1969 годы в отсеки №№ 3, 2/1, 2/2, 6/1 были загружены ТРО, в том числе и высокоактивные, после чего объект был законсервирован, а его дальнейшая загрузка прекращена. Оцененный в ходе комплексного инженерного обследования объем загруженных в объект 130 твердых радиоактивных отходов составляет около  $180 \text{ м}^3$ . ТРО складировались в неупакованном виде (навалом), высокоактивные в отсек № 3, низкоактивные – в отсеки №№ 2/1, 2/2, 6/1. Точные сведения о загруженных в объект высокоактивных ТРО отсутствуют. Из архивных документов завода следует, что в отсек № 3 в 1969 году были загружены 2 стержня автоматического регулирования (АР), демонтированные из реактора атомной подводной лодки проекта 675.

При проведении комплексного инженерного обследования объекта 130 специалистами завода и НИПТБ «Онега» было выявлено, что в отсеках №№ 4/1 и 6.1 находится вода. По результатам радиохимического анализа установлено, что вода в отсеке № 4/1 не является ЖРО, и ее можно удалять во внешнюю среду без ограничений. Вода в количестве  $130 \text{ м}^3$ , находящаяся отсеке № 6/1, относится к ЖРО и должна направляться для переработки на плавучий комплекс «Ландыш».

Наблюдательные скважины для контроля состояния грунтовых вод отсутствуют. Анализ проб грунтовых вод, отобранных с глубин от 1 до 8 метров в процессе проведения комплексного инженерного обследования, показал, что содержание радионуклидов в этих водах не превышает соответствующих уровней вмешательства, установленных нормами радиационной безопасности НРБ-99.

В процессе всего периода эксплуатации объекта 130 отдел ядерной и радиационной безопасности предприятия осуществляет контроль мощности дозы гамма-излучения и уровней поверхностного загрязнения вокруг здания. По результатам многолетних наблюдений, которые были подтверждены в ходе комплексного инженерного обследования, мощность эквивалентной дозы гамма-излучения от стен и крыши объекта 130 находится в пределах  $0,09-0,46 \text{ мкЗв/ч}$ . Уровни поверхностного загрязнения стен и крыши здания не превышают порога минимальной чувствительности ( $6 \beta\text{-част} \cdot \text{мин}^{-1} \text{ см}^{-2}$ ) использовавшихся радиометров.

### **Характеристика ТРО, загруженных в объект 130**

При проведении комплексного инженерного обследования объекта 130 было вскрыто по одной крышке на каждом отсеке для уточнения количества радиоактивных отходов, их состава и активности. В результате обследования было установлено, что общий объем ТРО в отсеках составляет около  $180 \text{ м}^3$  активностью  $>7,46 \times 10^{14} \text{ Бк}$  ( $>2,02 \times 10^4 \text{ Ки}$ ).

Объем низкоактивных ТРО в отсеках №№ 2/1, 2/2, 6/1 составляет  $175 \text{ м}^3$  активностью  $4,78 \times 10^9 \text{ Бк}$  ( $0,129 \text{ Ки}$ ).

Объем высокоактивных ТРО в отсеке № 3 составляет  $5 \text{ м}^3$  активностью  $>7,46 \times 10^{14} \text{ Бк}$  ( $>2,02 \times 10^4 \text{ Ки}$ ).

В отсеке № 2/1 находятся: теплоизоляция (асбест); обрезки трубопроводов диаметром до 400 мм и длиной до 2000 мм; арматура; вермикулит; графит; инструмент; ветошь; спецодежда; доски. Объем ТРО в этом отсеке составляет  $57 \text{ м}^3$ , активность  $3,62 \times 10^8 \text{ Бк}$

( $9,8 \times 10^{-3}$  Ки). ТРО относят к низкоактивным радиоактивным отходам. Вода в отсеке не обнаружена.

В отсеке № 2/2 находятся: теплоизоляция (асбест); доски; арматура; средства индивидуальной защиты; графит; ветошь. Объем ТРО составляет  $40 \text{ м}^3$ , активность  $1,97 \times 10^7$  Бк ( $0,53 \times 10^{-3}$  Ки). ТРО относятся к низкоактивным радиоактивным отходам. Вода в отсеке не обнаружена.

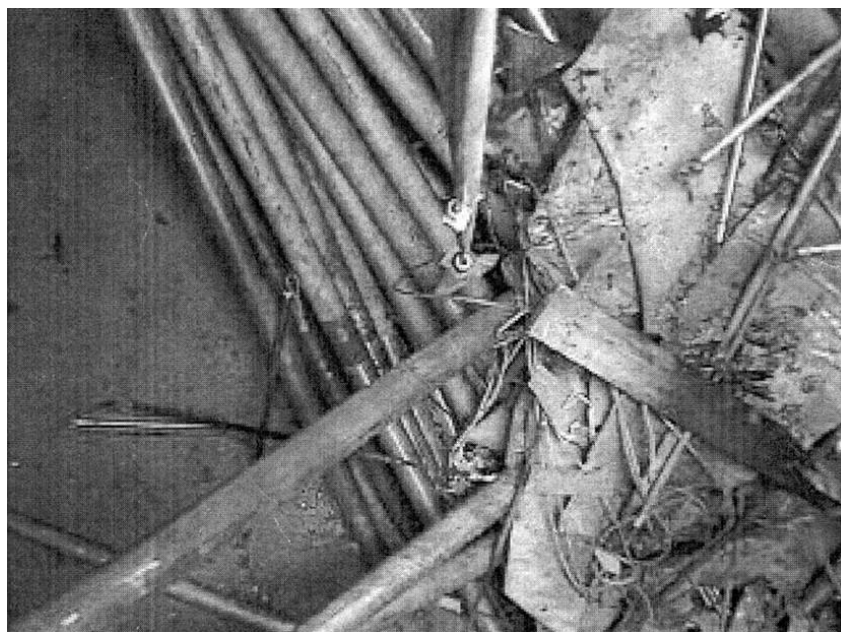
В отсеке № 6/1 находятся: теплоизоляция (асбест); доски; арматура; средства индивидуальной защиты; ветошь. Объем находящихся в отсеке ТРО составляет  $78 \text{ м}^3$  активностью  $4,4 \times 10^9$  Бк (0,12 Ки). В отсеке также обнаружена вода в количестве около  $40 \text{ м}^3$ . По содержанию радионуклидов вода относится к ЖРО.

В отсеке № 4/1 находится вода в количестве  $130 \text{ м}^3$ , не являющаяся ЖРО.

В отсеке № 3 находятся:

- подвески ионизационных камер (диаметр 100 мм, длина 3000-3500 мм) в количестве 22 штук;
- термометры сопротивления, термопары (диаметр 8-10 мм, длина 600-2500 мм, масса 0,8-2,5 кг);
- гильзы АЗ, АР, термометров с АПЛ проекта 675 (диаметр 25 мм, длина 900-3900 мм, масса 3-5 кг);
- стержни АР (диаметр 8-10 мм, длина сборки 2000-2500 мм, рабочая часть состоит из шести шарнирно связанных между собой фрагментов длиной 150 мм). Стержни помещены в металлическую трубу диаметром 50-100 мм, длиной 1500-2000 мм, которая прикрыта сверху листом свинца. Объем этих ТРО составляет  $0,013 \text{ м}^3$ , активность более  $5,33 \times 10^{14}$  Бк ( $14,4 \times 10^3$  Ки).

Общий объем ТРО в отсеке № 3 составляет  $5,0 \text{ м}^3$  суммарной активностью  $7,46 \times 10^{14}$  Бк ( $2,02 \times 10^4$  Ки). ТРО относятся к высокоактивным. Вода в отсеке отсутствует.



**Рис. 2. ТРО в отсеке № 3**

Решение о реабилитации объекта 130 было принято после выявления следующей информации о состоянии хранилища:

- нарушение герметичности кровли объекта, ведущее к попаданию в отсеки хранилища атмосферных осадков;
- выявление дефектов на наружных поверхностях железобетонных стен хранилища;
- хранение в отсеке № 3 высокоактивных отходов;
- хранение ТРО в неупакованном виде, что затрудняет дальнейшее обращение с ними без проведения комплекса дополнительных мероприятий по упаковке отходов в контейнеры;
- наличие воды в отсеках с ТРО;
- отсутствие контроля за миграцией радиоактивных веществ в окружающую среду;
- несоответствие хранилища действующим современным нормативам;
- отсутствие на объекте 130 стационарных грузоподъемных средств, систем спецвентиляции и пожаротушения.

При принятии решения о дальнейшем использовании объекта 130 специалистами НИПТБ «Онега» в рамках проведенной научно-исследовательской работы было рассмотрено несколько вариантов реабилитации хранилища и использования здания в производственно-хозяйственной деятельности завода.

### **1. Ремонт кровли и консервация**

Данный вариант реабилитации позволяет снять проблему попадания в отсеки хранилища атмосферных осадков. При этом из отсека № 4/1 должна быть удалено 130 м<sup>3</sup> воды, а из отсека № 6/1 – 40 м<sup>3</sup> ЖРО. Реализация данного варианта не требует значительных финансовых вложений и снижает вероятность возникновения аварийной ситуации.

В то же время данный вариант не предусматривает выгрузку из хранилища ТРО с последующей переработкой и захоронением, а также проведение полного комплекса мероприятий по приведению хранилища в соответствие современным нормативным требованиям.

### **2. Устройство могильника**

При реализации этого варианта предполагалось выполнить следующие работы:

- удаление воды из отсека № 4/1;
- удаление и переработку ЖРО из отсека № 6/1;
- ремонт кровли;
- создание по периметру объекта стены в грунте;
- оснащение объекта наблюдательными скважинами;
- оборудование здания, территории санитарно-защитной зоны и зоны наблюдения системой автоматизированного радиационного контроля.

При рассмотрении этого варианта учитывалось наличие насыпных водопроницаемых грунтов под фундаментной плитой хранилища. В случае деформации фундаментной плиты с образованием трещин и проникновением атмосферных осадков в отсеки хранилища предотвратить миграцию радионуклидов в окружающую среду будет

сложно. Устройство защитных стен ограждения в грунте не позволит снизить опасность распространения радиоактивных веществ через плиту фундамента. Для рационального использования хранилища в качестве могильника потребуются дополнительная загрузка ТРО в объект 130. Для загрузки ТРО требуется установка стационарной грузоподъемной техники.

При реализации этого варианта могильник на территории предприятия будет представлять источник потенциальной опасности для персонала завода и населения города.

### **3. Модернизация хранилища**

Для реализации этого варианта необходимо выполнить следующие работы:

- Удаление воды из отсека № 4/1 и ЖРО из отсека № 6/1;
- Выгрузка, переработка, упаковка накопленных ТРО;
- Дезактивация освобожденных от ТРО отсеков;
- Решение вопроса о размещении высокоактивных ТРО;
- Размещение на временное хранение в отсеках хранилища контейнеров с ТРО низкой и средней активности.

Для приведения хранилища в соответствие действующим нормативным требованиям необходимо проведение следующих мероприятий: восстановление систем спецвентиляции и пожаротушения; устройство по периметру здания наблюдательных скважин; восстановление несущей способности стен; оборудование объекта стационарным грузоподъемным средством; оборудование системой автоматизированного радиационного контроля; реконструкция кровли здания (устройство съемной кровли); оборудование санпропускником, установка ограждения по периметру объекта, оборудование пункта дезактивации автотранспорта и оборотных контейнеров; размещение на объекте оборудования для проведения дезактивации помещений с средств технического оснащения при обращении с ТРО.

При реализации этого варианта завод смог бы получить временное хранилище III категории со сроком хранения ТРО от 20 до 50 лет и объемом отсеков 1530 м<sup>3</sup>. В настоящее время на ДВЗ «Звезда» создана современная инфраструктура утилизации АПЛ и обращения с радиоактивными отходами, обеспечивающая безопасный цикл приема, переработки и кондиционирования, а также временного хранения ТРО. В составе инфраструктуры утилизации имеется временное хранилище ТРО полезным объемом 1500 м<sup>3</sup>, обеспечивающее производственные потребности предприятия. В связи с этим вложение финансовых средств в восстановление эксплуатационных свойств объекта 130 нецелесообразно и не отвечает потребностям завода.

### **4. Использование здания в качестве складского помещения**

Для реализации этого варианта помимо работ, связанных с удалением ТРО и ЖРО, дезактивации конструкций требуется выполнить значительный объем строительно-монтажных работ по разборке кровли, демонтажу конструкций перекрытия здания, устройству стационарной кровли, демонтажу всех внутренних стен хранилища, устройству ворот для проезда автопогрузчика, монтажу систем электроснабжения и освещения, вентиляции.

### **5. Снос здания**

При обследовании строительных конструкций было установлено, что прочность бетона стен, определенная неразрушающими методами контроля, находится в пределах 88 – 106 кг/см<sup>2</sup>. Это значительно ниже нормативного значения прочности, равного 150 кг/см<sup>2</sup>.

За период эксплуатации здания произошел 41 цикл попеременного замораживания и оттаивания. Применяемая к данному сооружению согласно ГОСТ 26633-91 минимальная марка по морозостойкости F50, что соответствует 50 циклам попеременного замораживания и оттаивания. Следовательно, запас конструкций здания по морозостойкости всего 9 циклов. Ликвидация здания позволит удалить из инфраструктуры ДВЗ «Звезда» потенциально опасный радиационный объект.

При рассмотрении в рамках проведенной НИПТБ «Онега» исследовательской работы всех вариантов реабилитации объекта 130 в качестве наиболее приемлемого и обеспечивающего ликвидацию потенциально опасного объекта выбран вариант 5, предусматривающий снос здания.

В соответствии с Основными правилами обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99) работы по выгрузке ТРО из отсеков относятся к I классу работ с открытыми источниками ионизирующего излучения. В связи с этим на период выполнения работ по удалению из объекта 130 ТРО и ЖРО и последующего демонтажа здания над ним предусматривается возведение временного укрытия, обеспечивающего защиту вскрытых отсеков от атмосферных осадков и предотвращающего выход радионуклидов в окружающую среду. Основные характеристики укрытия приведены в таблице 2.

**Таблица 2**

**Основные характеристики временного укрытия**

1.	Характеристика укрытия по ГОСТ 15160-69	
1.1	Климатическое исполнение	УХЛ
1.2	Категория размещения	1
1.3	Типы атмосферы	II, IV
2.	Расчетная температура эксплуатации	От -30°C до +35°C
3.	Максимальное землетрясение (МСК), баллов	7
	Максимальное расчетное землетрясение (МСК), баллов	8
4.	Габаритные размеры	
4.1	Укрытия в целом, LxВxН, м	24x12,8x9,5
4.2	Высота укрытия от головки рельсового подкранового пути до нижнего пояса ферм, Н, м	9
4.3	Внутренний размер (ширина пролета) между стойками, В, м	11,8
5.	Показатели пожарной опасности укрытия	
5.1	Класс функциональной пожарной опасности укрытия по СНиП 21-01-97	Ф 5.1
5.2	Категория укрытия по взрывопожарной и пожарной опасности согласно НПБ 105-03	В3 III
5.3	Степень огнестойкости	С0
	Класс конструктивной пожарной опасности	

Временное укрытие должно быть оборудовано козловым краном с дистанционным управлением, системой специальной приточно-вытяжной вентиляции, системой непрерывного радиационного контроля и оснащено необходимым технологическим оборудованием.

### **Основные технические решения при ликвидации объекта 130**

Предлагаемые технологические решения по выгрузке РАО из отсеков объекта 130 предусматривают проведение работ в теплый период времени с апреля по октябрь.

Работы по ликвидации здания можно разбить на пять основных этапов:

1. Возведение укрытия и подготовка к выгрузке РАО
2. Выгрузка РАО;
3. Демонтаж укрытия;
4. Разборка здания объекта 130;
5. Благоустройство территории.

Состав основных работ по этапу 1:

1. Подготовка объекта 130 к проведению работ по выгрузке РАО;
2. Монтаж козлового крана оснащенного телекамерами, лазерным отметчиком-дальномером, микроходом;
3. Возведение защитного укрытия над объектом 130 и оборудование из отсеков №№ 1/1 и 1/3 помещения под операторскую;
4. Монтаж системы спецвентиляции, пусконаладочные работы;
5. Монтаж автоматизированной системы радиационного контроля;
6. Монтаж систем освещения и электроснабжения, пусконаладочные работы;
7. Нанесение изолирующего и пылеподавляющего полимерного покрытия типа ВА-501 на кровлю здания.

Состав основных работ по этапу 2:

1. Установка средств технического оснащения и оборудования для выгрузки ТРО из объекта 130;
2. Подготовка персонала к выполнению работ по выгрузке ТРО из отсека № 3;
3. Откачка нерадиоактивной воды из отсека № 4/1 и сброс ее в систему ливневой канализации после получения разрешения на сброс;
4. Откачка ЖРО из отсека № 6/1 в спецавтоцистерну и передача их на ПЗО-500 для переработки;
5. Выгрузка ТРО из отсека № 3, загрузка высоко- и среднеактивных ТРО в транспортные контейнеры и размещение их на временное хранение в отсеке № 5/2;
6. Выгрузка низкоактивных ТРО из отсеков №№ 3, 2/1, 2/2, 6/1, загрузка в контейнеры IP2 для дальнейшей переработки (кондиционирования);
7. Выгрузка и отправка контейнеров с высоко- и среднеактивными ТРО из отсека № 3 на ФГУП «ДальРАО»;
8. Обследование строительных конструкций на наличие поверхностного загрязнения и локализация мест загрязнений;
9. Дезактивация загрязненных строительных конструкций здания, загрузка низкоактивного строительного мусора в контейнеры IP2 и передача для кондиционирования.

Выгрузку высоко- и среднеактивных ТРО из отсека № 3 предполагается осуществлять после их фрагментации и загрузки в чехлы с помощью робота-манипулятора (трактор Brokk-40), дистанционно-управляемого из операторской. Заполненные чехлы с помощью дистанционно управляемого козлового крана вынимаются из отсека и устанавливаются в транспортный контейнер, расположенный на крыше объекта 130 внутри укрытия. Также с помощью крана на контейнер устанавливается крышка. После этого с помощью полевого гамма-спектрометра ISOCS и анализатора спектров Inspector-2000 определяется активность находящихся в контейнерах ТРО. Заполненные транспортные контейнеры до момента отправки их на ФГУП «ДальРАО» помещаются на временное хранение в отсек № 5/2.

Выгрузку низкоактивных ТРО из отсеков предполагается выполнять вручную. В связи с этим до начала работ по выгрузке отсеки должны быть обследованы с помощью гамма-визора для того, чтобы убедиться в отсутствии средне- и высокоактивных ТРО. Затем в различных точках отсеков должна быть измерена мощность эквивалентной дозы гамма-излучения с использованием переносных приборов радиационного контроля. После этого может быть принято решение о допуске персонала внутрь отсеков и установлен регламент выполнения работ.

Состав основных работ по этапу 3:

1. Обследование инженерных систем и технологического оборудования на наличие поверхностного радиоактивного загрязнения;
2. Демонтаж и дезактивация оснастки для выгрузки РАО;
3. Обследование и дезактивация строительных конструкций;
4. Демонтаж укрытия;
5. Демонтаж объектов подсобного назначения;
6. Демонтаж козлового крана.

Состав основных работ по этапу 4:

1. Подготовка объекта 130 к сносу;
2. Демонтаж кровельного покрытия (асфальт, шлакобетон);
3. Демонтаж железобетонных переходных коробок;
4. Демонтаж металлических конструкций (рельсы Р-43, угольник 50x50 мм);
5. Подготовка плит покрытия и перекрытия к демонтажу;
6. Демонтаж плит покрытия и перекрытия;
7. Демонтаж воздухопровода;
8. Разрушение железобетонных стен;
9. Разборка железобетонной фундаментной плиты;
10. Вывоз автотранспортом демонтированных строительных конструкций и мусора в отвал.

Состав работ по этапу 5:

1. Демонтаж ограждения строительной площадки;
2. Демонтаж внутриплощадочных дорог;
3. Вывоз мусора в отвал;
4. Завоз грунта и плодородной земли;
5. Разбивка газона из многолетних трав.

При ликвидации объекта 130 к основному объему низкоактивных ТРО дополнительно образуется около 25 м<sup>3</sup> низкоактивных ТРО, включающие загрязненные полимерные

дезактивирующие покрытия (8 м<sup>3</sup>), радиоактивный строительный мусор (8 м<sup>3</sup>), недезактивируемое технологическое оборудование, такое как трубопроводы, фильтры системы спецвентиляции и т.п. (7 м<sup>3</sup>), недезактивируемые средства индивидуальной защиты (2 м<sup>3</sup>). Общий объем образующихся низкоактивных ТРО составит около 200 м<sup>3</sup>. Воздействие работ по ликвидации объекта 130 на окружающую среду определяется наличием основных загрязняющих радионуклидов Cs<sup>137</sup> и Co<sup>60</sup>. При фрагментации ТРО возможно образование радиоактивных аэрозолей и пыли, которые могут выбрасываться в атмосферу через систему спецвентиляции.

В рамках выполненной научно-исследовательской работы НИПТБ «Онега» проведена оценка воздействия на окружающую среду. Для критических точек на границе санитарно-защитной зоны по каждому радионуклиду были проведены расчеты по структуре формируемого облучения, а также дифференциальных вкладов различных радионуклидов и источников выбросов. Результаты расчетов показали, что для выбросов из объекта 130 вклад в сумму факторов безопасности на границе санитарно-защитной зоны составил 1,23% от суммарного выброса завода. Сумма факторов безопасности всех радионуклидов и путей облучения в точке максимума на границе санитарно-защитной зоны от всех источников по всем радионуклидам составила  $1,06 \times 10^{-2}$ . Это означает, что на границе санитарно-защитной зоны доза от фактических выбросов и выбросов при ликвидации объекта 130, рассчитанная с учетом всех путей воздействия, не превышает 1% квоты от предела дозы для отдельных лиц из населения.