

**РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ СПУСКА ВОДОЕМА-ОХЛАДИТЕЛЯ
ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС****Д. В. Лукашев***Государственное специализированное научно-производственное предприятие
«Чернобыльский радиэкологический центр»*

Проанализированы возможные последствия предполагаемого спуска водоема-охладителя ЧАЭС: площадь и глубины остаточных водоемов, активность ^{137}Cs и ^{90}Sr в грунтах на осушенной территории. Предложена схема проведения спуска водоема, позволяющая существенно снизить радиоактивное загрязнение данных территорий.

Водоем-охладитель ЧАЭС является крупнейшим водным объектом зоны отчуждения, в экосистему которого поступила и в настоящее время сосредоточена значительная активность радионуклидов (до 200 тыс. Ки). В связи с особенностями гидрологии водоема-охладителя его экосистема с фильтрационными водами ежегодно теряет $0,14 - 0,17 \cdot 10^{12}$ Бк ^{90}Sr [1], что соответственно составляет 0,38 – 0,46 % общей активности данного радионуклида в экосистеме. За счет выноса из водоема ^{90}Sr в р. Припять в многоводные годы формируется до 8 % общего водного выноса данного радионуклида с территории зоны отчуждения, в маловодные – до 30 %.

Таким образом, экосистема водоема-охладителя представляет определенную опасность как резервуар значительного количества радионуклидов, которые с фильтрационными водами постоянно поступают в систему днепровских водохранилищ, а поддержание уровня воды в водоеме требует энергетических затрат.

Вышеизложенное дает основание считать нецелесообразным дальнейшее поддержание уровня воды в водоеме-охладителе после полного снятия с эксплуатации ЧАЭС (не ранее 2008 г.) и предложить остановку станции подпитки. Однако такое простое решение влечет за собой значительные негативные и непредсказуемые последствия. В данной работе приводится анализ морфологических характеристик водоема после предполагаемого снижения уровня воды.

Гидрологическая характеристика водоема-охладителя ЧАЭС

Водоем-охладитель ЧАЭС является искусственным водохранилищем наливного типа, сооруженным путем отчуждения с помощью песчаной дамбы части левобережной поймы р. Припять, где находилось старое речное русло, несколько пойменных озер и песчаный карьер [2]. Донные отложения в доаварийный период преимущественно слагались из первичных затопленных грунтов (площадь $9,3 \text{ км}^2$) и песков ($7,0 \text{ км}^2$). Серые и черные (торфянистые) илы сконцентрированы в глубоких котловинах ($6,0 \text{ км}^2$) [3]. На протяжении существования водоема в настоящем виде происходило постепенное накопление илов автохтонного происхождения. В результате произошел заметный размыв первичных почв на небольших глубинах (до 3 м) и последующее заиление песков.

Рельеф дна характеризуется значительной расчлененностью – средняя глубина составляет 6,6 м, максимальная – до 18 м. Особенностью водоема является то, что почти 40 % его объема находится на глубине, превышающей среднюю, а 28 % водных масс расположено на глубине свыше 10 м [3].

Нормальный подпорный уровень водоема находится на 6 – 7 м выше уровня р. Припять, что приводит к постоянным потерям воды, фильтрующейся через песчаную обводную дамбу (рис. 1). В среднем ежегодно водоем-охладитель теряет 120 млн м^3 воды (80 % объема), которые восполняются за счет дополнительного закачивания воды из р. Припять.



Рис. 1. Схема процессов фильтрации воды из водоема-охладителя ЧАЭС.

Радиологическая характеристика водоема-охладителя ЧАЭС

Через 16 лет после аварии основными дозообразующими радионуклидами являются ^{137}Cs и ^{90}Sr . По последним данным в водоеме-охладителе сконцентрировано $11,1 \cdot 10^{13}$ Бк ^{137}Cs и $37,0 \cdot 10^{12}$ Бк ^{90}Sr [4], что приблизительно соответствует 0,3 % общей активности ^{137}Cs и 0,5 % – ^{90}Sr , высвобожденных из реактора. Поступившие в водоем в результате аварии радионуклиды преимущественно были сконцентрированы в донных отложениях: 99,7 % ^{137}Cs и 75,2 % ^{90}Sr .

В первые годы после аварии распределение радионуклидов в донных отложениях определялось неоднородностью радиоактивных осадков, поступивших на поверхность водоема – наибольшее их количество было сосредоточено в донных отложениях северо-западной части водоема и в районе сброса [5]. В дальнейшем происходило перераспределение радионуклидов в связи с процессами переотложения донных осадков и илонакопления. В настоящее время радиоактивное загрязнение донных отложений определяется распределением илов. Наибольшее содержание ^{137}Cs и ^{90}Sr наблюдается на глубоких участках старого русла р. Припять (пункты № 9, 10, 14) (рис. 2). Толщина загрязненных илов на глубине свыше 11 м (до 35 % площади дна) достигает 100 см при плотности загрязнения ^{137}Cs 500 – 3600 Ки/км². Дно на глубине 3 – 11 м, сложенное первичными грунтами, покрыто слоем ила 1 – 6 см с плотностью загрязнения ^{137}Cs 40 – 160 Ки/км² [6].

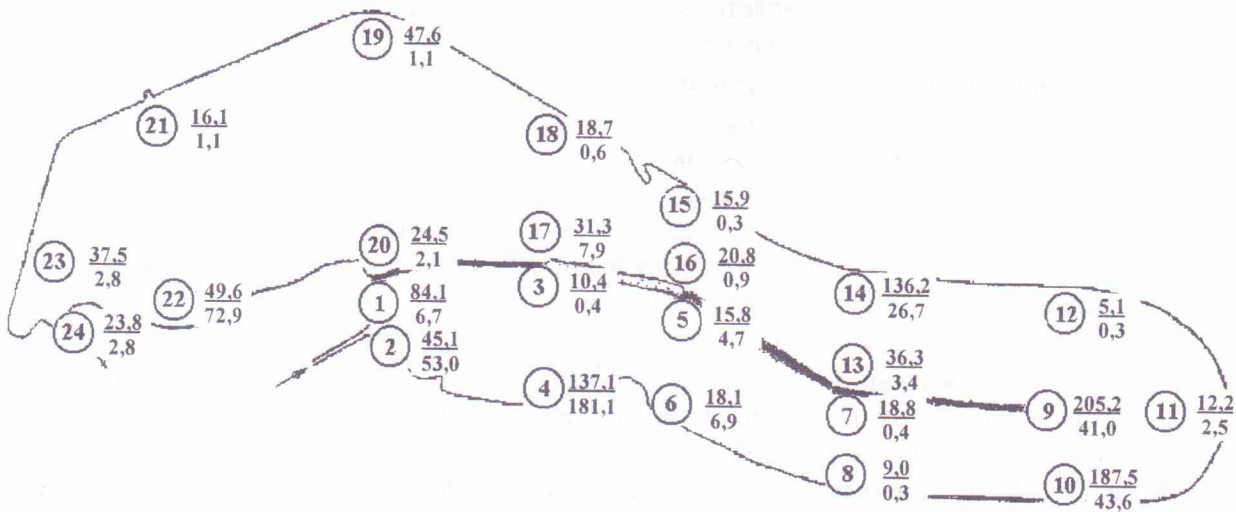


Рис. 2. Удельная активность (кБк/кг) ^{137}Cs (числитель) и ^{90}Sr (знаменатель) донных отложений, 2000 г.

По нашим данным, на участках в районах водозаборного (пункт № 24) и сбросного каналов (пункты № 1, 2, 4) также зарегистрировано значительное содержание радионуклидов. Таким образом, в настоящее время сохраняется первичное распределение радиоактивного загрязнения донных отложений, сформировавшееся во время аварии.

Последствия прекращения подпитки водоема-охладителя ЧАЭС из р. Припять

Полное прекращение подпитки водоема речной водой приведет к тому, что менее чем за 36 мес произойдет снижение уровня водоема до отметки, соответствующей уровню воды в р. Припять. При этом ожидаемого значительного обнажения ложа водоема не произойдет, так как до 40 % объема водоема расположено ниже ожидаемого снижения уровня. Причем следует учитывать то, что ежегодные колебания уровня р. Припять составляют 324 см [7], а колебания уровня воды в водоеме будет соответствовать колебаниям р. Припять по принципу сообщающихся сосудов. Осушенная часть ложа водоема превратится в водосборную территорию площадью более 10 км², что также увеличит колебания уровня воды в водоеме за счет поступления воды атмосферных осадков.

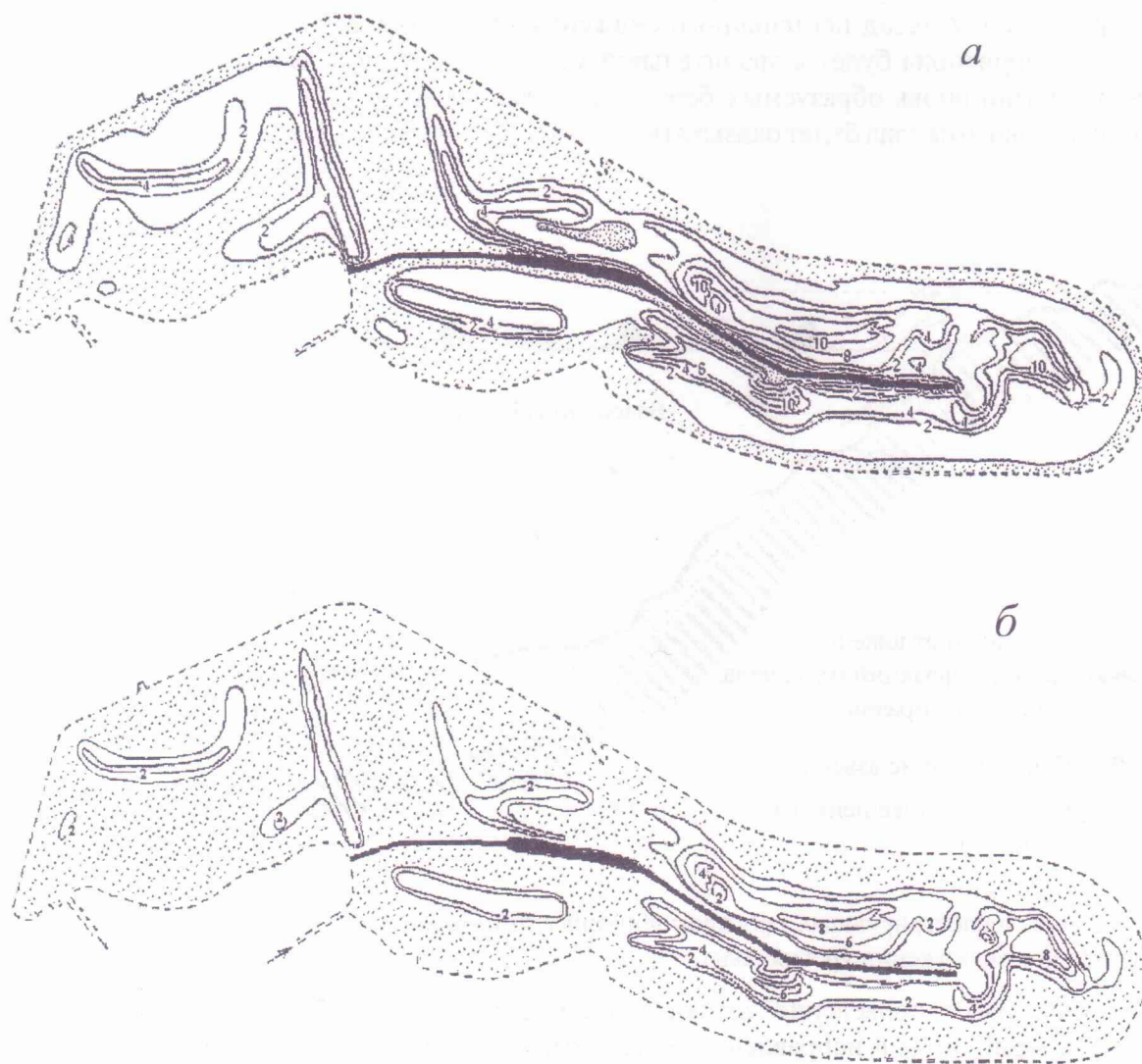


Рис. 3. Возможное расположение и глубины остаточных водоемов после прекращения подпитки водоема-охладителя ЧАЭС и снижения уровня на 6 м (а) и 8 м (б) (изобаты проведены через 2 м). — — береговая линия остаточных водоемов; - - - - береговая линия водоема-охладителя ЧАЭС при НПУ.

По приблизительным оценкам при снижении уровня на 6 м, площадь остаточного водоема составит 11,2 км², т. е. около 52 % площади зеркала при нормальном подпорном уровне (НПУ). При этом водоем распадется на два: крупный – в юго-восточной части и мелкий – в северо-западной (рис. 3, а). Оба водоема будут характеризоваться незначительными глубинами, что приведет к колебаниям общей площади остаточных водоемов на протяжении года, когда их количество может увеличиваться до пяти, а площадь уменьшаться до 5,2 км² (24 % зеркала при НПУ) (см. рис. 3, б). При этом будет происходить дальнейшее промывание донных отложений водоема-охладителя фильтрующимися водами и вынос радионуклидов в р. Припять, хотя и в значительно меньшей степени.

Таким образом, прекращение подкачки воды из р. Припять и последующее снижение уровня приведет к обнажению более 10 км² ложа водоема-охладителя ЧАЭС, на котором размещаются незначительные иловые толщи. Средняя плотность загрязнения ¹³⁷Cs составляет по нашим данным 28,3 Ки/км², ⁹⁰Sr – 2,7 Ки/км². Следовательно, на осушенной территории будет сконцентрировано $1,1 \cdot 10^{13}$ Бк ¹³⁷Cs и $1,0 \cdot 10^{12}$ Бк ⁹⁰Sr, что соответственно составляет 10 и 3 % общей активности данных радионуклидов в экосистеме. Значительная протяженность водоема и высокая дисперсность иловых частиц представляет опасность ветрового выноса радионуклидов за пределы зоны отчуждения.

Предлагается метод постепенного снижения уровня (до 20 см в месяц), при котором обнажаемая территория будет в значительной мере избавляться от иловых отложений из-за волновой абразии вновь образуемых берегов водоема. Основное влияние на интенсивность размыва берегового склона будет оказывать волновое перемешивание в зоне литорали (рис. 4).

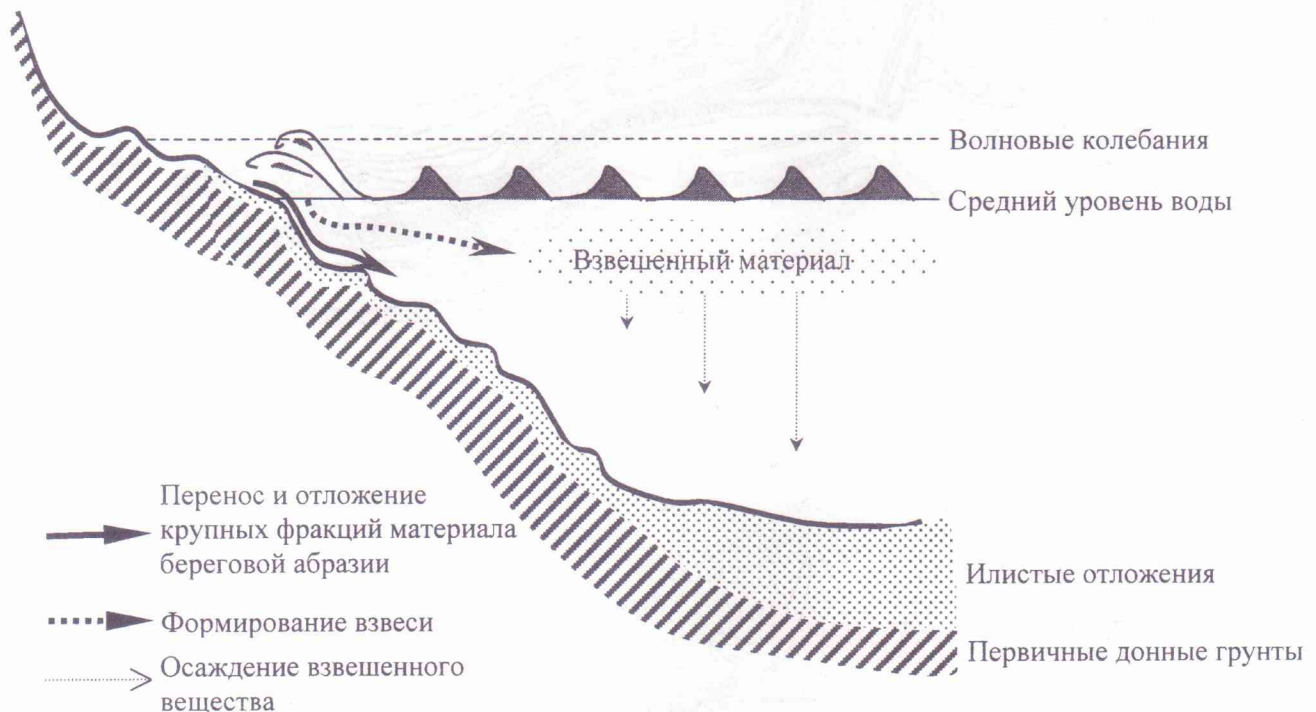


Рис. 4. Схема, иллюстрирующая процессы абразии в литоральной зоне водоема-охладителя ЧАЭС при постепенном снижении уровня воды.

Данная схема проведения спуска водоема-охладителя при соответствующем учете погодных условий (сила и направление ветра) позволит существенно снизить радиоактивное загрязнение осушаемой территории. В результате волнового смыва иловых отложений в начальный период спуска водоема будет отмечаться временное увеличение мутности и степени радиоактивного загрязнения воды (приблизительно в два раза). В последующем произойдет переотложение смытых донных осадков в более глубоких участках водоема. Медленное снижение уровня воды также позволит уменьшить негативное влияние спуска на

экосистему водоема в целом (например на плотные поселения дрейссены, расположенные на глубине 1 – 5 м [8]), так как при этом будет происходить постепенное отмирание гидробионтов на осушаемых площадях и формирование новых их поселений на больших глубинах.

Заключение

Несмотря на процессы переотложения илов, в водоеме-охладителе наблюдается первичное распределение радиоактивного загрязнения донных отложений, сформировавшееся во время аварии. При возможном прекращении подпитки водоема-охладителя ЧАЭС площадь его водного зеркала может сократиться более чем в два раза и составит не более 11,2 км². На осушенной территории будет сконцентрировано $1,1 \cdot 10^{13}$ Бк ¹³⁷Cs и $1,0 \cdot 10^{12}$ Бк ⁹⁰Sr, что соответственно составляет 10 и 3 % общей активности данных радионуклидов в экосистеме. Значительная протяженность водоема и высокая дисперсность иловых частиц представляет опасность ветрового выноса радионуклидов. Предложенная схема постепенного контролируемого снижения уровня водоема дает возможность снизить радиоактивное загрязнение осушаемой территории в результате волнового смыва иловых отложений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Деревец В.В., Иванов Ю.П., Казаков С.В. та ін.* Радіаційний стан зони відчуження // Бюлетень екологічного стану зони відчуження та зони безумовного (обов'язкового) відселення. – 1999. – № 13. – С. 9 - 19.
2. *Казаков С.В.* Управление радиационным состоянием водоемов-охладителей АЭС. – Киев: Техніка, 1995. – 122 с.
3. *Протасов А.А., Сергеева О.А., Кошелева С.И. и др.* Гидробиология водоемов-охладителей тепловых и атомных электростанций Украины. – Киев: Наук. думка, 1991. – 192 с.
4. *Sorochinsky B., Mikheev A., Victorova N. et al.* The use of willow plants for stabilizing and cleaning aquatic systems polluted with radionuclides // Proc. Fifth Intern. symposium and exhibit. on environ. contam. in Central and Eastern Europe. – Prague, 2000. – P. 106.
5. *Вовк П.С., Простантинів В.Е.* Состояние экосистемы пруда-охладителя ЧАЭС в условиях радиоактивного загрязнения. - Чернобыль, 1997. – 48 с. - (Препр. / Чернобыльский научно-технический центр междунар. исслед.).
6. *Канивец В.В., Войцехович О.В.* Современное состояние радиоактивного загрязнения донного грунтового комплекса водоема-охладителя ЧАЭС и перспективы его дезактивации (реабилитации) после вывода ЧАЭС из эксплуатации // Тез. докл. Междунар. конф. "Радиоактивность при ядерных взрывах и авариях". – СПб.: Гидрометеиздат, 2000. – С. 128.
7. *Государственный водный кадастр.* Основные гидрологические характеристики. Украина и Молдавия. Среднее и нижнее Поднепровье. – Л.: Гидрометеиздат, 1967. – Т. 6, вып. 2. – 524 с.
8. *Лукашев Д.В.* Современное состояние популяций дрейссены в водоеме-охладителе Чернобыльской АЭС // Гидробиол. журн. – 2001. – Т. 37, № 3. – С. 40 - 45.

РАДІОЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ СПУСКУ ВОДОЙМИ-ОХОЛОДЖУВАЧА ЧОРНОБІЛЬСЬКОЇ АЕС

Д. В. Лукашов

Проаналізовано наслідки спуску водойми-охолоджувача ЧАЕС: площа та глибини залишкових водойм, активність ¹³⁷Cs та ⁹⁰Sr у ґрунтах на території, що осушується. Запропоновано схему проведення спуску водойми, що дозволяє суттєво знизити радіоактивне забруднення цих територій.

RADIOECOLOGICAL CONSEQUENCE OF CHERNOBYL NUCLEAR POWER PLANT WATER COOLER POND DISCHARGE

D. V. Lukashov

Chernobyl Nuclear Power Plant water cooler pond discharge consequence has been analyzed: the remaining reservoir's area and depth, ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr activity on the drainage area. Scheme of water cooler pond discharge has been proposed, that will allow considerable decrease the radioactivity pollution of these areas.

Поступила в редакцию 18.02.02,
после доработки – 20.07.02.