

57:539.16(061)

p 15



**INTERNATIONAL UNION OF RADIOECOLOGY
EUROPEAN BRANCH**

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ СОЮЗ РАДИОЭКОЛОГОВ
ЕВРОПЕЙСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ**

“РАДИОЭКОЛОГИЯ: УСПЕХИ И ПЕРСПЕКТИВЫ”

МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОГО СЕМИНАРА

Севастополь, 1996 г.

РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРЕСНОВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ НА УРАЛЕ, ПОДВЕРЖЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЮ ПРЕДПРИЯТИЙ ЯДЕРНОГО ЦИКЛА

А.В.ТРАПЕЗНИКОВ*, А.ААРКРОГ, А.Л.КОНОНОВИЧ***,
Г.Г.ПОЛИКАРПОВ****, Б.Е.СЕРЕБРЯКОВ*****, В.Н.ТРАПЕЗНИКОВА*,
П.И.ЮШКОВ***

*** Институт экологии растений и животных Уральского Отделения РАН, Россия**

**** - Национальная лаборатория Рисое, Дания;**

***** - ВНИИ АЭС, Россия;**

****** - Институт биологии южных морей НАН Украины;**

******* - Институт биофизики Министерства Здравоохранения, Россия**

Уже более 4-х десятилетий на Урале существуют предприятия ядерного цикла, оказывающие ощутимое воздействие на окружающую среду. Отделом континентальной радиоэкологии Института экологии растений и животных Уральского отделения Российской Академии Наук в течение ряда лет проводятся радиоэкологические исследования р.Теча и водоемов, расположенных на территории Восточно-Уральского радиоактивного следа, а также более 12 лет - окрестностей Белоярской АЭС.

В настоящем докладе приведены запасы радионуклидов в исследованных водных экосистемах, а также дозовые нагрузки на население, проживающее в прилегающих к ним районах.

Радиоэкологическая ситуация в Уральском регионе в значительной мере обусловлена работой ПО "Маяк", и, прежде всего аварийными ситуациями, имевшими место на данном предприятии. Здесь в 1948 г был пущен первый в СССР промышленный атомный реактор, а в 1949 г. - первый радиохимический завод. Здесь были изготовлены первые образцы атомного оружия.

С 1949 г. по 1956 г. в р.Теча непрерывно удалялись отходы радиохимического производства. Всего за указанный период в воды реки было сброшено 76 млн.м^{-3} сточных вод общей активностью по бета-излучателям $2,8 \text{ млн.Ки}$. Около 95 % от всей активности поступило в реку с марта 1950 года по ноябрь 1951 года. Среднесуточный сброс в этот период составлял $4,3 \text{ тыс.Ки}$ при следующем радионуклидном составе сточных вод: ^{89}Sr -0,8% и ^{90}Sr - 11,6%; ^{95}Zr + ^{95}Nb - 13,6 %, ^{106}Ru - 25,9 %.; изотопы редкоземельных элементов - 26,8 %;

В последующие 5 лет радиоактивные сбросы в речную систему резко уменьшились и составили $9,5 \text{ тыс. Ки.год}^{-1}$ в 1952 г. и от 0,5 до 2 тыс.Ки ежегодно в 1953-1956 гг. (Заключение комиссии ..., 1991).

В настоящее время по оценочным данным в р.Теча содержится $0,7 \cdot 10^{14}$ Бк ^{90}Sr и $1,3 \cdot 10^{14}$ Бк ^{137}Cs , из которых основная доля активности депонирована в донных отложениях реки. В пойме р.Теча содержится $1,3 \cdot 10^{14}$ Бк ^{90}Sr и $1,7 \cdot 10^{14}$ Бк ^{137}Cs .

На основании результатов собственных полевых исследований и литературных данных сотрудниками отдела континентальной радиозэкологии Института экологии растений и животных УрО РАН и Национальной лаборатории Рисое (Дания) под руководством профессора А.Ааркрога были выполнены расчеты, согласно которым около $1 \cdot 10^{15}$ Бк радиоактивных сбросов за 40 лет мигрировали за пределы р.Теча и находятся в речной системе Исеть-Тобол-Иртыш-Обь (Trapeznikov et al., 1993).

Жители прибрежных сел за это время подверглись внешнему (от водного зеркала и территории поймы) и внутреннему облучению. Ниже приводятся данные по дозовым нагрузкам на население, цитируемые по материалам Комиссии по изучению экологической и радиологической ситуации в Челябинской области, созданной по распоряжению Президента СССР №РП-1283 от 3 января 1991 г.

Радиоактивному воздействию подверглись 124 000 человек, проживающих в населенных пунктах наблюдаемых районов Челябинской области, прилегающих к р.Теча. Наибольшие дозы облучения получили жители собственно побережья реки (28100 чел.). Около 7500 чел., переселенных из 20 населенных пунктов, получили средние эффективные эквивалентные дозы облучения в диапазоне от 3,5 до 170 сЗв (табл. 1).

Особенно высокие суммарные дозы облучения получили 1200 жителей с. Метлино (170 сЗв). Определяющая часть дозы была сформирована в первые годы после первых аварийных ситуаций в этом районе и сбросов в р.Теча.. Критической группой по аварийной ситуации на р.Теча являются дети и подростки. Так, в первые 2-3 года после возникновения радиационной ситуации зарегистрирована хроническая лучевая болезнь у 28,3 % осмотренных лиц, а в 1956 году - у 64,7 % взрослого населения и у 63,1 % детей из с.Метлино, расположенного непосредственно у места сброса радиоактивных отходов в данную реку. Это относится только к лицам, которые прошли медицинский осмотр. Всего зарегистрировано 935 случаев хронической лучевой болезни среди населения, проживавшего и проживающего в деревнях и селах, расположенных вдоль р. Теча.

ТАБЛИЦА 1. Дозы, полученные за период 1948-1990 гг. жителями населенных пунктов, расположенных по р.Теча., сЗв

Населенный пункт	От выбросов предприятий (до эвакуации)	От загрязнения рек за весь период (1948-1990 гг.)	ВСЕГО
Челябинская область			
с.Метлино	10	160	170
р.Теча-Брод	10	130	140
с.Назарово	10	110	120
с.Асаново	10	110	120
Н.Асаново	10	110	120
М.Таскино	3	92	95
Герасимовка	2	75	77
Муслюмово			28

Примечание. Население остальных населенных пунктов Челябинской и Курганской областей по рр.Теча-Исеть получило дозу от 3,5 до 6 сЗв.

29 сентября 1957 г. на территории промплощадки предприятия "Маяк" произошел взрыв емкости объемом 300 м³, в которой хранилось от 70 до 80 т высокоактивных отходов, преимущественно в форме нитрато-ацетатных соединений. Из хранившихся в этой емкости 20 МКи радиоактивных веществ около

↑
2 МКи было поднято в воздух на высоту 1 км, образовав радиоактивное облако. Осаждение радиоактивных веществ из облака привело к загрязнению 23 тыс.км² территории Челябинской, Свердловской и Тюменской областей. Эта территория получила название Восточно-Уральского радиоактивного следа или ВУРСа. В рассеянные при взрыве радиоактивные вещества входили преимущественным короткоживущие радионуклиды. Однако, основную радиационную опасность на протяжении длительного периода времени после аварии представляло и представляет наличие в смеси этих веществ долгоживущего радионуклида ⁹⁰Sr (2,7% от суммарной исходной активности).

Радиоэкологические исследования трех озер (Тыгиш, Большой Сунгуль и Червяное), расположенных на территории ВУРСа в Свердловской области на границе с Челябинской областью, нами проводились на протяжении нескольких лет. В результате были оценены запасы ⁹⁰Sr в озерах и дозовые нагрузки на

население, проживающее в районе исследуемых водоемов. Используя собственные и литературные "Итоги изучения и опыт..., 1990) данные, удалось оценить, что максимальные запасы ^{90}Sr содержатся в озере Тыгиш - 374 Гбк. В других озерах они меньше: Б.Сунгуль - 240 Гбк и Червяное - 167 Гбк (табл.2).

ТАБЛИЦА 2. Распределение ^{90}Sr между основными компонентами ряда озер на территории ВУРСа в Свердловской области (на 1992 г.)

Озеро	Запасы ^{90}Sr , Гбк		
	Вода	Донные отложения	Водоем в целом
Тыгиш	35.1	338.8	373.9
Б.Сунгуль	21.8	218.3	240.1
Червяное	15.2	151.7	166.9

Вскоре после аварии было отселено население д.Тыгиш, расположенной на берегу одноименного озера, и д.Четыркино, находившейся на берегу озера Б.Сунгуль, а сами деревни были уничтожены. Ставился вопрос об отселении жителей большого села Рыбниковское, расположенного между озерами Б.Сунгуль и Червяное, но отселение проведено не было. Выборочные экспедиционные осмотры населения на территории ВУРСа были проведены, как правило, в течение первого года после взрыва. Наблюдения за территорией исследуемого района были организованы Каменск-Уральской ГорСЭС. Данные за первые 5-6 лет после аварии 1957 г. к настоящему времени утрачены и это существенно затрудняет реконструкцию дозы, полученную населением в первые годы после катастрофы.

Расчет дозовых нагрузок населения, проживающего в районе указанных озер, был проведен для наиболее вероятного случая, когда использовались средние параметры, и для консервативного варианта, предполагающего максимально возможные дозы. Поскольку основным искусственным дозообразующим радионуклидом для рассматриваемого района является ^{90}Sr , учитывалось только внутреннее облучение.

Нами было проведено суммирование рассчитанных доз с учетом включения в рацион населения воды, рыбы, мяса и молока животных, потребляющих воду из озер, а также продуктов питания, получаемых на загрязненных территориях. Суммирование проведено как с учетом потребления местного хлеба,

так и без него, так как хлеб в данном районе потребляется из привозной муки (табл.3).

ТАБЛИЦА 3. Суммарные дозы внутреннего облучения, полученные населением с различным потреблением хлеба, мЗв.год⁻¹.

Озеро	Наиболее вероятные		Консервативные	
	без хлеба	с хлебом	без хлеба	с хлебом
Б.Сунгуль	2.8E-2	5.9E-2	5.6E-2	1.1E-1
Тыгиш	5.0E-1	1.2E-1	1.3E-1	2.2E-1
Червяное	4.7E-2	1.0E-1	7.7E-2	1.7E-1

Оказалось, что наиболее вероятные и консервативные оценки доз существенно ниже 1 мЗв - предела, рекомендуемого МКРЗ. Однако, следует заметить, что основные цели нашей работы не преследовали проведение оценки санитарно-гигиенического состояния исследуемого района. Поэтому, достаточно надежные данные могут быть получены только после проведения специальных исследований.

Белоярская АЭС им.Курчатова - первая промышленная электростанция в СССР была пущена в эксплуатацию в 1964 г. В настоящее время функционирует один блок БН-600 на быстрых нейтронах мощностью 600 Мвт. Два других блока - на 100 и 200 Мвт в настоящее время сняты с эксплуатации.

Сотрудниками отдела континентальной радиоэкологии оценены запасы ⁶⁰Co, ⁹⁰Sr и ¹³⁷Cs - основных искусственных радионуклидов, поступающих в Белоярское водохранилище в результате деятельности АЭС (Чеботина и др., 1992).

В водоеме-охладителе БАЭС содержится 244 ГБк ⁶⁰Co, 144 ГБк ⁹⁰Sr и 668 ГБк ¹³⁷Cs. Все эти радионуклиды более чем на 90 % сосредоточены в донных отложениях водоема. В воде обнаружено от 2 до 8 % от общего содержания в нем указанных радионуклидов, а в растениях - менее 0,01 % (табл.4).

Слаборадиоактивные сбросы БАЭС поступают в Ольховское болото, затем в р.Ольховку, которая впадает в р.Пышму в нескольких километрах ниже плотины Белоярского водохранилища. Дозовые нагрузки, приведенные в табл.5, характеризуют суммарное воздействие радионуклидов, сброшенных БАЭС, и вследствие глобальных выпадений.

ТАБЛИЦА 4. Распределение радионуклидов по основным компонентам Белоярского водохранилища

Компонент	^{60}Co		^{90}Sr		^{137}Cs	
	МБк	%	МБк	%	МБк	%
вода	6600	2.7	9900	8,0	12000	1.8
грунт	238000	97.3	114000	92,0	656000	98.2
водные растения	26	0.01	12	0.01	15	0

ТАБЛИЦА 5. Дозовые нагрузки, обусловленные радиоактивным загрязнением водоема-охладителя Белоярской АЭС и р.Пышмы (бэр.год⁻¹)

Объект	Водоем-охладитель	р.Пышма		р.Ольховка
		Выше устья	Ниже устья	
Питьевая вода	$2,8 \cdot 10^{-4}$	$2,8 \cdot 10^{-4}$	$9,8 \cdot 10^{-4}$	$1,7 \cdot 10^{-3}$
Потребление рыбы	$2,1 \cdot 10^{-2}$	$3,5 \cdot 10^{-3}$	$3,5 \cdot 10^{-3}$	
Садковая рыба	$1,4 \cdot 10^{-3}$			
Поливное земледелие	$7,1 \cdot 10^{-6}$	$7,1 \cdot 10^{-6}$	$2,1 \cdot 10^{-5}$	
водопой скота	$1,6 \cdot 10^{-5}$	$1,6 \cdot 10^{-6}$		
мясо			$5 \cdot 10^{-5}$	$8,3 \cdot 10^{-4}$
молоко	$3,6 \cdot 10^{-5}$	$3,6 \cdot 10^{-5}$	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$2,3 \cdot 10^{-3}$
Купание:				
<i>дети</i>	$4,2 \cdot 10^{-7}$	$8 \cdot 10^{-8}$	$2,3 \cdot 10^{-7}$	
<i>взрослые</i>	$4,2 \cdot 10^{-7}$	$2,6 \cdot 10^{-8}$	$7,7 \cdot 10^{-8}$	
<i>мытьё машин</i>				$< 10^{-5}$
Суммарное	$2,2 \cdot 10^{-2}$	$3,8 \cdot 10^{-3}$	$4,7 \cdot 10^{-3}$	

Примечание: Принято, что потребление для питья воды из р.Ольховка не превышает 50 л.год⁻¹ на чел. Источник активности - глобальные выпадения, остаточное загрязнение и современные сбросы.

Выделить отдельно влияние Белоярской АЭС в настоящее время не удастся из-за малой, по сравнению с общим фоном, величиной вклада в дозу. Основной вклад в дозовую нагрузку, обусловленную радиоактивным загрязнением естественных вод, вносит внутреннее облучение. Для района расположения БАЭС исключения могут представить лишь р.Ольховка и питающее ее болото, поскольку их воды не используются для питья и лов рыбы в них не производится. Для остальных водных объектов рыбная пищевая цель является основной.

Расчеты показывают, что суммарная дозовая нагрузка на человека, вызванная влиянием радионуклидов, содержащихся в водах р.Пышмы и водоема-охладителя, не превышает 25 мБэр.год^{-1} , что составляет 5% от предела дозы для населения группы "Б" и приблизительно 36% от величины естественного фона. Такая дозовая нагрузка может вызвать онкологические заболевания с вероятностью $5,7 \cdot 10^{-6} \text{ чел.год}^{-1}$, включая $3,1 \cdot 10^{-6} \text{ чел.год}^{-1}$ смертельных случаев. Это на два порядка величин меньше естественной спонтанной смертности для высокоразвитых стран Западной Европы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Радиоактивное загрязнение от деятельности предприятий ядерного цикла на Урале носит как региональный, так и локальный характер. Так, сброс радионуклидов в р.Теча привел к загрязнению всей речной системы Обь-Иртышского бассейна и значительному облучению части населения, проживающее на берегах этой реки.

2. Авария 1957 г. на "Маяке" привела к рассеянию радиоактивных веществ на площади 23 тыс.км^2 и отселению ряда населенных пунктов.

3. Радиоэкологическая обстановка в районе Белоярской АЭС складывается значительно более благополучно. Тем не менее, имеет место локальное загрязнение Белоярского водохранилища и Ольховской болотно-речной экосистемы. Учитывая уникальность радиоэкологической ситуации, сложившейся в ряде изученных водных объектах, необходимо продолжение более детальных и углубленных исследований.

ЛИТЕРАТУРА

- Заключение комиссии под председательством вице-президента АН СССР О.М. Нефедова, организованной распоряжением Президента СССР N РП-1283 от 3 января 1991 г. по экологической и радиологической обстановке в Челябинской области.
- Итоги изучения и опыт ликвидации последствий аварийного загрязнения территории продуктами деления урана (Под ред. А.И.Бурназяна).- М: Энергоатомиздат, 1990. - 144 с.
- Чеботина М.Я., Трапезников А.В., Трапезникова В.Н., Куликов Н.В. Радиоэкологические исследования Белоярского водохранилища, Свердловск: Изд-во РАН, 1992. - 80 с.
- Trapeznikov A.V., Pozolotina V.N., Chebotina M.Ya., Chukanov V.N., Trapeznikova V.N., Kulikov N.V., Nielsen S.P., Aarkrog A. Radioactive contamination of the Techa river, the Urais.- Health Physics,- 1993.- Vol.65.- N 5.- P.481-488.