

Вестник НЯЦ РК

ПЕРИОДИЧЕСКИЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
НАЦИОНАЛЬНОГО ЯДЕРНОГО ЦЕНТРА РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Издается с января 2000 г.

**ГЕОФИЗИКА И ПРОБЛЕМЫ НЕРАСПРОСТРАНЕНИЯ.
РАДИОЭКОЛОГИЯ. ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

ВЫПУСК 3, СЕНТЯБРЬ 2003

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР – к.т.н. ТУХВАТУЛИН Ш.Т.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ: д.т.н. АРЗУМАНОВ А.А., д.г.-м.н. БЕЛЯШОВ Д.Н.,
БЕЛЯШОВА Н.Н., к.т.н. ГИЛЬМАНОВ Д.Г., д.ф.-м.н. ЖОТАБАЕВ Ж.Р. – **заместитель главного редактора**,
д.г.-м.н. ЕРГАЛИЕВ Г.Х., д.ф.-м.н. КАДЫРЖАНОВ К.К., КОНОВАЛОВ В.Е., к.ф.-м.н. МУКУШЕВА М.К.,
д.б.н. ПАНИН М.С., ПИВОВАРОВ О.С., ПТИЦКАЯ Л.Д., д.б.н. СЕЙСЕБАЕВ А.Т., к.ф.-м.н. СОЛОДУХИН В.П.,
д.ф.-м.н. ТАКИБАЕВ Ж.С. – **заместитель главного редактора**, д.ф.-м.н. ТАКИБАЕВ Н.Ж.

ҚРҰНДЫҚ

**ГЕОФИЗИКА ЖӘНЕ ТАРАТПАУ ПРОБЛЕМАЛАРЫ.
РАДИОЭКОЛОГИЯ. ҚОРШАҒАН ОРТАНЫ ҚОРҒАУ**

3 ШЫҒАРЫМ, ҚЫРҚҮЙЕК, 2003 ЖЫЛ

NYC BK Bulletin

**GEOPHYSICS AND NON-PROLIFERATION PROBLEMS.
RADIOECOLOGY AND ENVIRONMENT PROTECTION**

ISSUE 3, SEPTEMBER 2003

СОДЕРЖАНИЕ

РАДИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЯДЕРНЫХ ИСПЫТАНИЙ НА ПОЛИГОНАХ МИРА	7
Логачев В.А., Логачева Л.А.	
ПЕРСПЕКТИВЫ СОВМЕСТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ИНСТИТУТА РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И ЭКОЛОГИИ НЯЦ РК И НПО "ТАЙФУН" РОСГИДРОМЕТА И ДИНАМИКА ФОРМИРОВАНИЯ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ В КАЗАХСТАНЕ.....	18
Птицкая Л.Д., Газиев Я.И., Артемьев О.И., Крышев И.И., Вакуловский С.М., Орлов М.Ю., Ларин В.Н., Уваров А.Д.	
РАДИАЦИОННАЯ ОБСТАНОВКА ВОКРУГ СЕМИПАЛАТИНСКОГО ПОЛИГОНА И ПРИЛЕГАЮЩИХ ПОСЕЛКАХ	23
Дубасов Ю.В., Пахомов С.А., Шагин Б.О.	
РАДИОНУКЛИДНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВЫ ЮГО-ВОСТОЧНОГО РАЙОНА БЫВШЕГО СЕМИПАЛАТИНСКОГО ЯДЕРНОГО ПОЛИГОНА ВБЛИЗИ пос. САРЖАЛ.....	29
Приест Н., Буркитбаев М., Артемьев О.И., Лукашенко С., Митчелл П., Винтро Л., Стрильчук Ю.Г., Умаров М.А., Омарова А., Куянова Л., Жанпейсова Г.	
РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА В КАЗАХСТАНЕ.....	33
Берикболов Б.Р., Буркитбаев М., Шишков И.А.	
РАБОЧАЯ МОДЕЛЬ МИГРАЦИИ РАДИОНУКЛИДОВ ИЗ МЕСТ ПОДЗЕМНЫХ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ.....	37
Такибаев Ж.С.	
ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МИГРАЦИИ РАДИОНУКЛИДОВ	44
Закарин Э.А., Балакай Л.А.	
ИЗУЧЕНИЕ ФОРМ НАХОЖДЕНИЯ ^{239/240}Pu В РАДИОАКТИВНЫХ ВЫПАДЕНИЯХ АТМОСФЕРНЫХ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ НА СЕМИПАЛАТИНСКОМ ПОЛИГОНЕ.....	48
Артемьев О.И., Умаров М.А., Сидорич Т.В.	
PLUTONIUM IN THE AIR OF TOWN KURCHATOV, KAZAKHSTAN.....	52
J. Lehto, S. Salminen, T. Jaakkola, I. Outola, S. Pulli, R. Zilliacus	
О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАВЕДЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ СЛЕДОВ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ, ПРОВЕДЕННЫХ НА СЕМИПАЛАТИНСКОМ ИСПЫТАТЕЛЬНОМ ПОЛИГОНЕ.....	56
Ветров В.А.	
ИЗУЧЕНИЕ ПРИРОДНЫХ СОРБЕНТОВ СЕМИПАЛАТИНСКОГО РЕГИОНА.....	61
Голикова Н.В., Артемьев О.И., Ларин В.Н., Донцова Г.А.	
ТЕХНОЛОГИИ ЛИКВИДАЦИИ ИНФРАСТРУКТУРЫ ИСПЫТАНИЙ ЯДЕРНОГО ОРУЖИЯ НА БЫВШЕМ СЕМИПАЛАТИНСКОМ ПОЛИГОНЕ	65
Ерофеев И.Е., Ковалев В.В.	
СЕМИПАЛАТИНСКИЙ ПОЛИГОН: СОТРУДНИЧЕСТВО В РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА, 1993-2003гг. (ИСТОРИЯ ВОПРОСА, ЗАДАЧИ, РЕЗУЛЬТАТЫ)	69
Матущенко А.М., Птицкая Л.Д., Наглис Ю.А.	
РАЗВИТИЕ И СОСТОЯНИЕ СИСТЕМЫ РАДИАЦИОННОГО МОНИТОРИНГА НАЦИОНАЛЬНОЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ.....	76
Кудеков Т.К., Бурлибаев М.Ж., Муртазин Е.Ж.	
ХАРАКТЕРИСТИКИ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ НА БЫВШЕМ АЗГИРСКОМ ЯДЕРНОМ ПОЛИГОНЕ	80
Ахметов Е.З., Адымов Ж.И., Ерматов А.С., Сметанников В.В.	

РАДОНОМЕТРИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В КАЗАХСТАНЕ	84
Севостьянов В.Н.	
ПОЛИТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОСЛЕДСТВИЙ ИСПЫТАНИЙ НА СЕМИПАЛАТИНСКОМ ЯДЕРНОМ ПОЛИГОНЕ	91
Сыдыков Е.Б., Панин М.С.	
СОСТОЯНИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ВОСТОЧНО-КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ, СВЯЗАННЫЕ С ПОСЛЕДСТВИЯМИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СЕМИПАЛАТИНСКОГО ЯДЕРНОГО ПОЛИГОНА	94
Турлыханов К.Б.	
RADIATION PROTECTION AS PART OF AN OSI HEALTH AND SAFETY PROGRAMME – EXPERIENCE GAINED FROM A SIMULATED STBT INSPECTION AT THE SEMIPALATINSK TEST SITE	100
DR Gregor Malich	
ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ И ФОРМЫ ИХ СОЕДИНЕНИЙ В ПОЧВАХ ТЕРРИТОРИИ БЫВШЕГО СЕМИПАЛАТИНСКОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПОЛИГОНА	107
Панин М.С.	
ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ ДОЗИМЕТРИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ В КАЗАХСТАНЕ	110
Хвошнянская И.Р., Вдовиченко В.Г., Лозбин А.Ю.	
РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СИТУАЦИЯ В БАССЕЙНЕ р. СЫРДАРЬЯ НА ТЕРРИТОРИИ КАЗАХСТАНА	112
Кадыржанов К.К., Барбер Д., Солодунин В.П., Позняк В.Л., Казачевский И.В., Князев Б.Б., Лукашенко С.Н., Хажекбер С., Бэтсил Д., Пассел Х.	
MURMAN AND ARCTIC SETTING IN THE 21ST CENTURY	120
Vladimir Komlev	
ПРИРОДНЫЕ ПОПУЛЯЦИИ РАСТЕНИЙ И ЖИВОТНЫХ КАК ТЕСТ-ОБЪЕКТЫ ЭКОЛОГО- ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ БИОТЫ И НАСЕЛЕНИЯ СИЯП.	126
Бигалиев А.Б., Дарибаев Ж., Бигалиев А.А., Кундакбаева Г.Б., Бигалиева Р.К., Исенов Х., Бекишбеков Э.З., Атаханова К.Л.	
RADIONUCLIDE MIGRATION IMPACT ON DEVELOPMENT OF HALOPHYTE SYSTEMS OF SEMIPALATINSK TEST SITES	131
J.G.D. Werner, R.P. Plisak, R.J. Magasheva, V.V. Polevik, T.M. Ponomareva, N.K. Aralbaev, P.P. Dubinchin, G.N. Jakunin, S.V. Plisak	
ИЗМЕНЧИВОСТЬ И СОСТОЯНИЕ ПОПУЛЯЦИЙ ОБЫКНОВЕННОГО ГОЛЬЯНА (PHOXINUS PHOXINUS, CYPRINIDAE, CYPRINIFORMES) В УСЛОВИЯХ СЕМИПАЛАТИНСКОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПОЛИГОНА И ВНЕ ЗОНЫ ЕГО ВЛИЯНИЯ	136
Митрофанов И.В., Матмуратов С.А.	
ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ СООБЩЕСТВА ПЛАНКТОННЫХ РАКООБРАЗНЫХ ВОДОЕМОВ ЗОНЫ СИП В 2002 г.	141
Стуге Т.С., Матмуратов С.А., Крупа Е.Г., Акбердина Г.Ж.	
КОЛОВРАТКИ ВОДОЕМОВ ЗОНЫ ВЛИЯНИЯ СЕМИПАЛАТИНСКОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПОЛИГОНА (лето, 2002 г.)	150
Трошина Т.Т., Матмуратов С.А.	
СОСТОЯНИЕ ЗДОРОВЬЯ ЖИВОТНЫХ В ЗОНАХ КОМПЛЕКСНОГО РАДИОАКТИВНОГО И ХИМИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ	156
Донник И.М.	
МОДЕЛЬ АДАПТАЦИИ СИСТЕМЫ ГЕМОИММУНОПОЭЗА К ХРОНИЧЕСКОМУ РАДИАЦИОННОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ В ДИАПАЗОНЕ МАЛЫХ И ПРОМЕЖУТОЧНЫХ МОЩНОСТЕЙ ДОЗ	161
Шибкова Д.З., Андреева О.Г., Ефимова Н.В., Аклеев А.В.	

FREQUENCIES OF MICRONUCLEATED LYMPHOCYTES AND EPSTEIN-BARR VIRUS CONTAMINATION IN ALTAY REGION RESIDENTS LIVING NEAR THE SEMIPALATINSK ATOMIC TESTING GROUND.....	172
N.N. Ilyinskikh, E.N. Ilyinskikh, A.Yu. Yurkin, I.N. Ilyinskikh	
CHROMOSOME BREAKAGE AT SITES OF ONCOGENES IN A POPULATION ACCIDENTALLY EXPOSED TO RADIOACTIVE CHEMICAL POLLUTION.....	178
N.N. Ilyinskikh, I.N. Ilyinskikh, E.N. Ilyinskikh	
МЕДИКО-ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ, ПРОЖИВАЮЩЕГО НА СИП.....	184
Березина М.В., Кенжина Г.Т.	
ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ ЭНЗИМЫ В ТКАНИ СЕЛЕЗЕНКИ ЖИВОТНЫХ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ РЕНТГЕНОВЫХ ЛУЧЕЙ.....	188
Утешев А.Б., Макашев Ж.К., Утешев Т.А., Журнист А.Г.	
ВЛИЯНИЕ ОБЩЕГО γ-ОБЛУЧЕНИЯ НА КОНЦЕНТРАЦИЮ КАТЕХОЛАМИНОВ В ТКАНЯХ ЖИВОТНЫХ.....	191
Макашев Ж.К., Утешев Т.А., Абылаев Ж.А., Журнист А.Г.	

УДК 621.039.9:577.4

РАДИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЯДЕРНЫХ ИСПЫТАНИЙ НА ПОЛИГОНАХ МИРА

Логачев В.А., Логачева Л.А.

Государственный научный центр - Институт биофизики, Москва, Россия

Представлены результаты оценки величины наработки долгоживущих биологически значимых радионуклидов в период проведения США, СССР, Великобританией, Францией и Китаем ЯИ в атмосфере. Для расчетов использовался новый подход к оценке энерговыделения ЯИ за счет использования реакций деления. Кроме того, приведены данные, характеризующие степень техногенного загрязнения объектов природной среды ^{137}Cs , ^{90}Sr , $^{239,240}\text{Pu}$, ^{14}C и ^3H , причем с учетом доли локальных, промежуточных и глобальных выпадений радиоактивных продуктов, а также представлены результаты сопоставления содержания этих радионуклидов с природными. Отмечена необходимость разработки новых подходов к оценке последствий проведения ЯИ, возникновения крупных радиационных аварий и воздействия малых доз радиации (менее 100 мЗв) на организм.

ВВЕДЕНИЕ

В последние два-три десятилетия среди вопросов, представляющих большой научный и практический интерес, немногие приковывают к себе постоянное и столь пристальное внимание общественности, а также вызывают так много споров, как вопрос о последствиях действия радиации на человека и природную среду после ядерных испытаний (ЯИ) или крупных радиационных аварий. В настоящее время знания в этой области безусловно не абсолютны даже при том, что об источниках радиации, о действии радиации на живой организм, в частности на человека, известно значительно больше, чем о любом другом факторе, который может оказать вредное воздействие на природную среду и ее обитателей.

Известно, что при проведении испытаний ядерного оружия (ЯО) в атмосфере часть радиоактивных веществ (РВ) могла выпадать не далеко от места взрыва, какая-то часть задерживалась в среднем до месяца в тропосфере и затем, подхваченная воздушными потоками, могла перемещаться на большие расстояния, постепенно выпадая на землю. Такие выпадения названы промежуточными или тропосферными. При мощных ядерных взрывах (ЯВ) радиоактивные продукты могли забрасываться в стратосферу и оттуда поступить в приземный слой воздуха только через год, формируя тем самым глобальный радиационный фон [1].

Выпадение на землю продуктов ЯВ привело к возникновению радиоактивного загрязнения природной среды и к облучению ионизирующими излучениями ее обитателей. Значимое влияние на такое загрязнение оказали испытания ЯО, которые проводили в атмосфере США, СССР, Великобритания, Франция и Китай – это государства -“члены ядерного клуба”. Кстати, проводимые этими странами подземные ядерные испытания, а также те немногочисленные подземные взрывы, осуществленные Индией и Пакистаном, не внесли практически никакого вклада в радиоактивное загрязнение окружающей среды [2].

В настоящем докладе представлены результаты ретроспективной оценки масштабов и степени возможного радиоактивного загрязнения окружающей среды и доз облучения населения после проведения ЯИ в атмосфере на различных полигонах мира. Основной для такой оценки стали материалы архивного хранения, содержащие данные радиационных разведок, сведения специальных экспедиционных обследований территорий в зонах радиоактивного загрязнения, а также литературные и расчетные данные.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ

Как известно, в период испытаний на масштабы и степень радиоактивного загрязнения окружающей среды оказывали вид и мощность ЯВ. Так, при подземных ЯИ практически все РВ оставались в полости взрыва, при этом даже в случае возникновения нештатных радиационных ситуаций в атмосферу выходило не более 0,1 % от общего количества продуктов взрыва в основном в виде радиоактивных инертных газов (^{85}Kr , ^{87}Kr , ^{88}Kr , ^{133}Xe , ^{135}Xe и др.) [3]. Выход радиоактивных инертных газов и даже легколетучих радионуклидов (^{131}I , ^{133}I и др.) при камуфлетных взрывах не приводил к загрязнению местности за пределами территории испытательных полигонов. В связи с этим *при оценке последствий ЯИ на полигонах мира следует рассматривать только взрывы в атмосфере и под водой, которые стали основной причиной радиоактивного загрязнения природной среды.*

1. ОСНОВНЫЕ ДАННЫЕ О ПРОВЕДЕНИИ ЯДЕРНЫХ ИСПЫТАНИЙ НА ПОЛИГОНАХ МИРА

На основании результатов анализа и обобщения имеющихся сведений и документов [4-7 и др.] о проведении ядерными державами испытаний в атмосфере составлена карта-схема размещения полигонов для испытаний ЯО в различных районах Земного шара, которая приведена на рисунке 1. Основные данные о ЯИ в атмосфере, проведенных на полигонах мира, представлены в таблице 1 [8,9].

Таблица 1. Основные сведения из истории проведения ядерных испытаний в США, СССР, Великобритании, Франции и Китае [8,9]

Основное событие в истории ядерных испытаний	Даты проведения ядерных испытаний государствами - "членами ядерного клуба"				
	США	СССР	Великобритания	Франция	Китай
Первое ядерное испытание.	16.07.45 г.	29.08.49 г.	03.10.52 г.	13.02.60 г.	16.10.64 г.
Первое воздушное ЯИ (сброс ядерной бомбы с самолета)	06.08.45 г.	18.10.51 г.	11.10.56 г.	19.07.66 г.	14.05.65 г.
Первое ЯИ мощного двух-стадийного термоядерного заряда.	28.02.54 г.	22.11.55 г.	28.04.58 г.	24.08.68 г.	17.06.67 г.
Последнее ЯИ в атмосфере	09.06.63 г.	25.12.62 г.	23.09.58 г.	14.09.74 г.	16.10.80 г.
Первое подземное ЯИ	29.11.51 г.	11.10.61 г.	01.03.62 г.	07.11.61 г.	23.09.69 г.
Последнее ядерное испытание (под землей).	23.09.92 г.	24.10.90 г.	26.11.91 г.	27.01.96 г.	29.07.96 г.
Общее количество ядерных испытаний.	1032	715	45	210	47
Суммарная мощность ЯИ в атмосфере, Мт	153,8	246,3	8,1	10,1	20,7
Суммарная мощность ЯИ в атмосфере по делению, Мт	67,9	65,7	5,5	6,4	10,3
Доля суммарной мощности ЯИ в атмосфере по делению от общей мощности, %	44	27	68	63	50

Примечание. *) Без учета ядерных испытаний Великобритании на Невадском испытательном полигоне (НИП) США. Государства - "члены ядерного клуба" провели в различных природных средах всего 2049 ядерных испытаний.

Всеми ядерными державами мира было осуществлено в атмосфере 525 ЯВ (США - 217, СССР - 219, Великобритания - 21, Франция - 45, Китай - 23), суммарная мощность которых составила 439 Мт. Несомненный интерес представляют сведения о проведении ЯИ различными странами мира.

США

Следует особо отметить, что США большую часть ЯИ в атмосфере проводили вне основной своей территории. География районов испытаний США и характеристика ЯИ в атмосфере представлены в таблице 2. Из данных таблицы 2 следует, что большинство ЯИ в атмосфере США провели за пределами континентальной территории страны. При осуществлении наземных ЯВ на Невадском испытательном полигоне (НИП), распо-

ложенном на континентальной части США максимальная мощность наземных взрывов не превышала 40 кт, т.е. была небольшой. Все наземные и надводные взрывы с большим энерговыделением были проведены вне территории США. Так, наземный взрыв Mike мощностью 10,4 Мт был произведен 31.10.1952 г. на атолле Эниветок, а наземный взрыв Bravo, энерговыделение которого составило 15 Мт, на атолле Бикини 28.02.1954 г. Также на атолле Бикини был произведен 26.03.1954 г. надводный взрыв Romeo энерговыделением 11 Мт, что в 700 раз больше самого мощного надводного взрыва, осуществленного в СССР. Пик проведения атмосферных ЯИ в США приходился на 1958 г. (29 % от общего количества испытаний в атмосфере), а в СССР - на 1962 г. (35 %).



На карте-схеме показано положение изолиний доз гамма-излучения (в рентгенах) на местности до полного распада продуктов взрывов. Изолинии построены по результатам измерений содержания радионуклидов в объектах внешней среды (коэффициент запаса в пользу населения равен (2)). Масштаб 1:30000000

Рисунок 1. Карта-схема возможной радиационной обстановки на территории Сибири и Дальнего Востока после проведения ядерных испытаний в атмосфере на Новоземельском полигоне

РАДИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЯДЕРНЫХ ИСПЫТАНИЙ НА ПОЛИГОНАХ МИРА

Таблица 2. Сводные данные о проведении США ядерных испытаний в атмосфере и под водой

Район проведения испытаний	Год проведения испытаний	Количество испытаний	Суммарная мощность, Мт
Первое испытание в штате Нью-Мексико	1945	1	0,021
Япония (боевое применение ядерного оружия)	1945	2	0,036
Авиабаза Неллис (штат Невада)	1951-1953	5	0,025
Невадский полигон	1951-1963	100	1,05
Акватория Тихого океана	1958-1962	4	0,08
Атлантический океан	1958	3	0,035
Полинезия:			
атолл Бикини	1946-1958	23	76,8
атолл Энвевек	1948-1958	43	31,7
о. Джонстон	1958-1962	12	20,8
о. Рождества	1962	24	23,3
ВСЕГО	1945-1963	217	153,8

Таблица 3. Данные о количестве атмосферных и подводных ЯВ, произведенных на полигонах СССР [10,11]

Вид испытания	Количество испытаний	Тротиловый эквивалент, Мт	Количество РВ, выброшенных в атмосферу в период испытаний, МКи	
			¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr
1. СИП				
Воздушные	86	6,0	0,20	0,12
Наземные	30	0,6	0,056	0,035
2. СИПНЗ				
Воздушные	85	240	9,2	6,0
Наземные	1	0,032	0,002	0,001
Надводные	2	0,020	0,001	0,0005
Подводные	3	0,020	0,005	0,003
ИТОГО	207	~246,6	~9,5	~6,1

СССР

Ядерные испытания в атмосфере Советский Союз проводил в основном на двух полигонах: на Семипалатинском испытательном полигоне (СИП) и на Северном испытательном полигоне Новая Земля (СИПНЗ) (Табл. 3.), а также на площадках ракетного полигона Капустин Яр (10 высотных и космических взрывов мощностью 1,2-300 кт), в районе г. Аральска (наземный взрыв мощностью 0,3 кт) и в районе г. Тозка (воздушный взрыв мощностью 40 кт в ходе общевоинского учения) [8].

Из общего количества ЯИ, осуществленных в СССР, более 95 % были проведены на СИП и СИПНЗ. При этом количество испытаний было практически одинаковым на обоих полигонах, а суммарная мощность ЯВ на СИПНЗ была примерно в 35 раз больше, чем на СИП. Вне границ полигонов в СССР было осуществлено 117 подземных мирных ЯВ для народнохозяйственных и промышленных целей [9].

За весь период проведения ЯИ в атмосфере, вплоть до вступления в действие в августе 1963 г. Договора о запрещении испытаний в трех средах, США провели 333 ЯИ (1945-1963 гг.), а СССР - 221 ЯИ (1949-1962 гг.). Кроме испытаний в атмосфере США в этот период подготовили и осуществили 116 подземных ЯИ, приобретая тем самым богатый практический опыт проведения подземных ЯВ, а в СССР было осуществлено только 2 подземных ЯВ.

Период атмосферных испытаний в США характеризуется осуществлением значительно большего, чем в СССР, количества ЯВ на поверхности, т.е. наземных и надводных взрывов. Так, в США было проведено

120 таких взрывов, в СССР - 34, из них надводных - 36 и 2, соответственно. Но в СССР было в два раза больше, чем в США, осуществлено воздушных ЯВ, а именно, 177 и 83, соответственно. Количество ЯИ, проведенных другими странами - "членами ядерного клуба", было значительно меньше.

Великобритания

В ноябре 1945 г. в Вашингтоне - столице США главы трех государств - США, Великобритании и Канады подписали меморандум "о полном и эффективном сотрудничестве в области атомной энергии". Однако уже в следующем 1946 г. в США начал действовать "Акт Мак Магона", запрещающий передачу любой информации о ядерной энергии третьим странам. Великобритания вынуждена была действовать самостоятельно [12]. Потребовалось пять лет для разработки первой английской плутониевой бомбы. Она была создана лишь к осени 1952 г. Для испытания этой бомбы США отказались предоставить Великобритании свой ядерный полигон, поэтому первое испытание английского ядерного заряда было осуществлено вблизи побережья Австралии 03.10.1952 г. (Рис. 1). Этот ядерный заряд, мощностью 25 кт, был размещен на фрегате ВМС, поставленном на якорь вблизи гряды островов Монте Белло. В ходе этого испытания выполнялись только физические измерения. Всего у берегов Австралии и на ее территории Великобритания осуществила 12 испытаний.

Самым мощным из пяти ЯВ на башнях был взрыв, осуществленный 19.06.1956 г. на о. Альфа (гряда островов Монте Белло). Его мощность соста-

вила 98 кт. Именно этот взрыв стал причиной наиболее сильного радиоактивного загрязнения местности. Локальный след сформировался в северной части континента с образованием высоких уровней радиации, которые были зарегистрированы 29 метеостанциями. Последнее 12-ое ЯИ в атмосфере на территории Австралии Англия провела 09.10.1957 г. на полигоне Мараллинга. Это было испытание ядерного заряда, предназначавшегося в качестве первичного модуля для двухфазного термоядерного боеприпаса. Заряд, подвешенный под тремя аэростатами, был взорван на высоте 300 м. Великобритания ЯИ проводила не только у берегов и на территории Австралии, но и на островах в Тихом океане. Так, в 1956-1958 гг. были осуществлены ЯВ, включая термоядерные мощностью до 3 Мт, на островах Молден и Рождества. Последнее ЯИ в атмосфере мощностью до 42 кт Англия провела 23.09.1958 г.

Франция

Первое атмосферное ЯИ Франция провела 13.02.1960 г. Начиная с этого первого взрыва и до 15.09.1974 г. ею было осуществлено 45 ЯИ в атмосфере. Первые 4 ЯВ, мощность каждого из которых составляла 20-60 кт, были осуществлены Францией в 1960-61 гг. на полигоне Регонн в Алжире. С 1966 г. ЯИ стали проводиться на островах Фангатауфа (4 ЯВ мощностью от 100 кт до 1,35 Мт) и Муруроа (37 ЯВ мощностью от 10 кт до 1,35 Мт, заряды для которых размещались или на барже, или на аэростатах, или сбрасывались с самолета). Кроме того, Франция в течение 1961-1996 гг. осуществляла испытания ЯО и под землей. За всю историю создания

и совершенствования ядерного оружия эта страна провела 210 испытаний [13].

Китай

Начиная с 16.10.1965 г. и по 16.10.1980 г., Китай осуществил 23 ядерных испытания в атмосфере. Все они проводились на территории страны, в пустынной ее части, - на полигоне Лобнор. Мощность ядерных зарядов находилась в пределах от 6 кт до 4 Мт. Три ЯВ были произведены на вышках высотой до 102 м, остальные взрывы были воздушные, для осуществления которых ядерный заряд сбрасывался с самолета-носителя. Суммарный тротиловый эквивалент атмосферных ЯИ составил примерно 21 Мт (Табл. 1). На этом же полигоне Китай осуществил 24 подземных ЯИ [14].

Кроме государств - "членов ядерного клуба", ядерные испытания проводили Индия и Пакистан. Этими двумя странами было осуществлено несколько подземных ЯИ.

В настоящее время вне "Договора о нераспространении ядерного оружия", который вступил в силу 05.03.1970 г. осталось около 20 государств.

2. ОЦЕНКА ПОСЛЕДСТВИЙ ЯДЕРНЫХ ИСПЫТАНИЙ

Результаты анализа, обобщения и изучения данных о радиационной обстановке вблизи ядерных полигонов мира показывают, что площади локальных следов и территорий, загрязненных ближайшими после взрывов в атмосфере тропосферными (промежуточными) выпадениями, относительно невелики. Подтверждением тому является обстановка вокруг НИП США (Рис. 2) и бывшего СИП в Республике Казахстан (Рис. 3) [10,15].

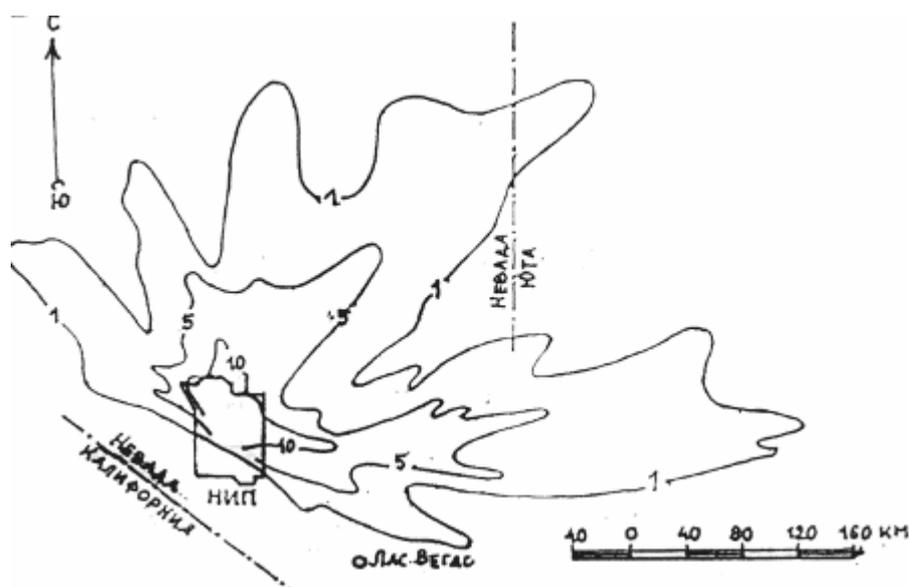


Рисунок 2. Следы радиоактивного загрязнения местности после проведения атмосферных ядерных испытаний на Невадском полигоне (НИП) США с указанием положения изолиний доз гамма-излучения (в рентгенах) до полного распада продуктов взрывов

На рисунке 1 представлены данные о возможной радиационной обстановке после проведения воздушных ЯИ на Новоземельском полигоне (СИПНЗ), поскольку, как известно, на этом полигоне был произведен лишь один небольшой по мощности наземный ЯВ, локальный след от которого в основном сформировался на территории полигона. При воздушных взрывах ядерных зарядов крупного и сверхкрупного калибров, которые в основном осуществлялись на этом полигоне, основная масса РВ "забрасывалась" в стратосферу, откуда они выпадали на поверхность земли в виде глобальных выпадений [11].

Данные о радиационной обстановке на территориях других полигонов мира и вблизи них до настоящего времени не опубликованы.

Радиоактивное загрязнение природной среды

Для определения вклада испытаний ЯО на различных полигонах мира в масштабы и степень радиоактивного загрязнения природной среды необходимо оценить величины тротиловых эквивалентов ЯИ по использованию реакции деления, при протекании которых образуются основные долгоживущие биологически значимые радионуклиды ^{137}Cs и ^{90}Sr (со своими дочерними продуктами $^{137\text{m}}\text{Ba}$ и ^{90}Y).

Таблица 4. Величины удельной активности биологически опасных радионуклидов при делении ^{238}U термоядерными нейтронами и ^{239}Pu , ^{235}U нейтронами спектра деления [16]

Радионуклид	Удельная активность при делении основных ядерных материалов, Ки/кг		
	U-238	Pu-239	U-235
Cs-137	136	183	171
Sr-90	93	60	160

Таблица 5. Расчетные данные о мощности ядерных взрывов в атмосфере по делению

Годы	Страна	Количество испытаний	Мощность ядерных взрывов по делению (ТЭ), Мт
1945-1963	США	217	67,9 (44%)
1949-1962	СССР	219	65,7 (42%)
1952-1958	Великобритания	21	5,5 (3,4%)
1960-1974	Франция	45	6,4 (4,1%)
1964-1980	Китай	23	10,3 (6,5%)
ВСЕГО		525	155,8 (100%)

Данные таблицы 5 свидетельствуют о том, что ЯИ двух великих ядерных держав США и СССР внесли основной вклад в радиоактивное загрязнение окружающей среды, который примерно в 10 раз превышает вклад от испытаний, проводившихся остальными ядерными державами - Великобританией, Францией и Китаем, вместе взятыми.

В связи с имеющимися некоторыми неточностями в оценке суммарного тротилового эквивалента всех ЯИ в атмосфере пока нет возможности установить абсолютного лидера по величине "выброса" радиоактивных продуктов деления в атмосферу. Можно считать, что вклад ЯИ, проводившихся США и СССР, в радиоактивное загрязнение природной среды, которое сформировалось в основном в результате глобальных выпадений, является примерно одинаковым.

Данные об удельной наработке этих радионуклидов при реализации реакций деления приведены в таблице 4.

Для оценки масштабов и степени радиоактивного загрязнения окружающей среды с учетом приведенного в таблице 4 разброса удельной активности были использованы усредненные данные, характерные для деления ^{238}U .

Однако прежде, чем определить масштабы и степень загрязнения природной среды после проведения ЯИ, необходимо было оценить доли тротиловых эквивалентов взрывов по делению Кд. Но это могут быть только ориентировочные данные, так как ядерные державы до настоящего времени не публикуют подробных сведений по данному вопросу. Так, например, для определения мощности по делению ЯВ, которые осуществлялись в СССР, был использован каталог ЯИ СССР [7], по данным которого мощность по делению 50-мегатонного взрыва равна 3 %. Было принято решение считать, что мощность по делению взрывов от 50 кт до 0,5 Мт равна 50 %, а в диапазоне от 0,5 Мт до 50 Мт величина коэффициента Кд изменяется по линейному закону. Аналогичным образом были определены и суммарные мощности по делению ЯИ, проводившихся другими странами – "членами ядерного клуба". Полученные результаты приведены в таблице 5. При составлении этой таблицы использовались материалы доклада, сделанного в 1982 г. Научным комитетом Организации Объединенных наций по действию атомной радиации Генеральной Ассамблеи ООН [17], а также сведения, имеющиеся в официальных публикациях [5, 7, 18, 19].

При оценке вклада ЯИ в атмосфере, проводившихся в СССР, в радиоактивное загрязнение природной среды исходили из того, что суммарная мощность по делению таких испытаний составила 65,7 Мт. При этом учитывалось, что основными дозобразующими долгоживущими радионуклидами являются ^{137}Cs и ^{90}Sr . Но поскольку со времени окончания ЯИ в атмосфере прошло уже более 40 лет, то при определении содержания этих радионуклидов в природной среде необходимо учитывать уменьшение их активности вследствие распада ядер. К настоящему времени (2003 г.) осталось около 42 % ядер ^{137}Cs и примерно 40 % ядер ^{90}Sr от уровня их "наработки". В соответствии с этим можно предположить, что в настоящее время содержание в природной среде активности ^{137}Cs и ^{90}Sr , обусловленной

атмосферными ЯИ в СССР, оценивается следующими величинами:

- ^{137}Cs - 4 МКи;
- ^{90}Sr - 2,5 МКи.

При определении средних характеристик глобальных выпадений, обусловленных этой активностью, следует предположить, что 20% РВ сосредоточено в местах локального загрязнения (Рис. 3), а 80% определяют интенсивность глобальных выпадений. Кроме того, при оценке плотности выпадений

можно допустить, что 70% активности выпало на территории Северного полушария Планеты, а 30% - на территории Южного полушария. Результаты проведенных расчетов свидетельствуют о том, что к настоящему времени средняя плотность загрязнения территории Северного полушария глобальными выпадениями ^{137}Cs и ^{90}Sr после ядерных испытаний на полигонах СССР должна составить:

- ^{137}Cs - 9 мКи/км²;
- ^{90}Sr - 5,5 мКи/км²

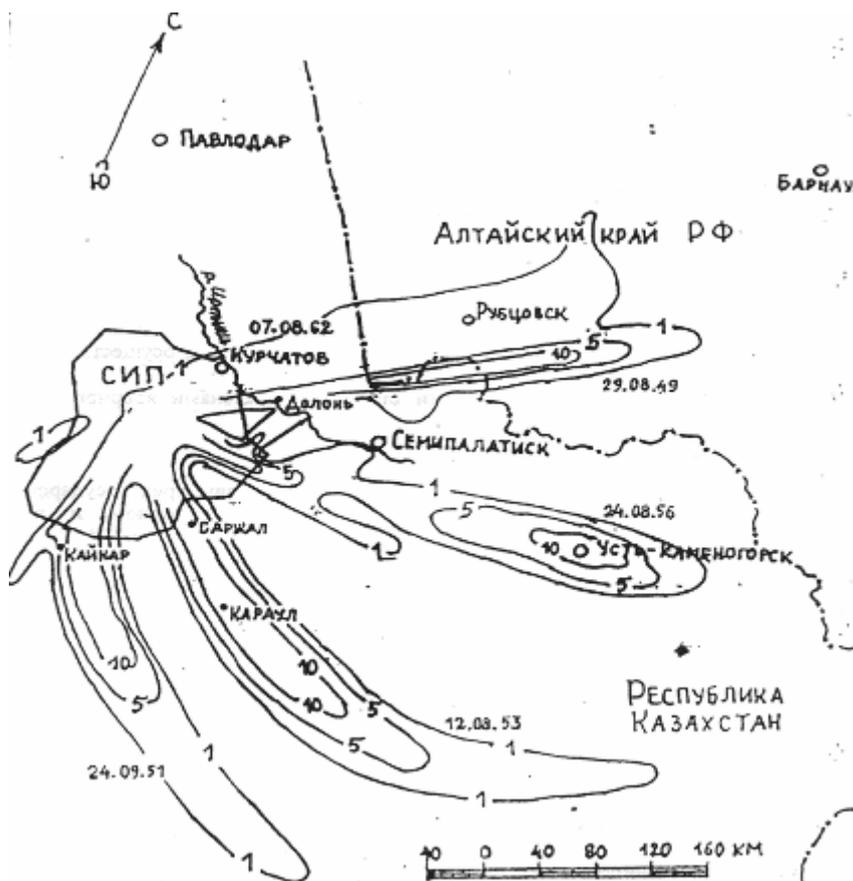


Рисунок 3. Положение основных дозообразующих следов наземных ядерных взрывов, осуществленных на СИП, с указанием величин доз гамма-излучения на местности до полного распада РВ

Для оценки средних значений плотности глобальных выпадений этих радионуклидов в настоящее время были использованы данные работы [20], основанные на результатах инструментальных измерений в полосе суши от 300 до 700 северной широты, которые учитывают вклад всех атмосферных ЯИ на всех полигонах мира. По результатам расчетов установлено, что в настоящее время среднее значение плотности глобальных выпадений составляет:

- ^{137}Cs - 36 мКи/км²;
- ^{90}Sr - 18 мКи/км²

При этом следует отметить, что плотность загрязнения местности продуктами ЯВ увеличивалась по направлению с севера на юг.

Если сопоставить данные о средних плотностях глобальных выпадений ^{137}Cs и ^{90}Sr после ЯИ в атмо-

сфере на всех полигонах мира с аналогичными данными после испытаний на полигонах СССР, то можно констатировать, что последние составляют 25-30% от суммарной активности. Это соответствует реальности, поскольку доля ЯИ на полигонах СССР также составляет 25-30% от всех испытаний в мире (Табл. 1).

При плотности загрязнения ^{137}Cs и ^{90}Sr , соответственно, 9 мКи/км² и 5,5 мКи/км² и равномерном распределении активности в верхнем слое грунта с массовой толщиной 10 г/см² удельное загрязнение грунта составит:

- ^{137}Cs - 3 Бк/кг;
- ^{90}Sr - 2 Бк/кг.

Поскольку ^{137}Cs и ^{90}Sr не имеют прямых радиоактивных природных аналогов, то уровень техно-

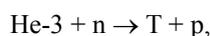
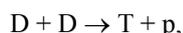
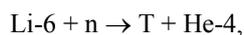
генного загрязнения почвы можно сравнить, например, с содержанием в ней природного радиоактивного ^{40}K , типичная концентрация которого составляет 400 Бк/кг. Получается, что содержание природного радионуклида ^{40}K в 80 раз превышает суммарное содержание ^{137}Cs и ^{90}Sr , т.е. такой добавкой, равной примерно 1%, можно пренебречь.

Уровень внешнего облучения, создаваемый γ -квантами дочернего $^{137\text{m}}\text{Ba}$, в 300-400 раз меньше естественного среднего уровня γ -облучения, равного 0,5 мЗв в год.

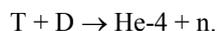
Активность других радионуклидов - продуктов деления ядерных взрывчатых веществ (^{125}Sb , ^{147}Pm , ^{155}Eu , ^{151}Sm и др.) в десятки, сотни и даже тысячи раз меньше суммарной активности ^{137}Cs и ^{90}Sr .

При определении уровней глобального выброса в атмосферу Pu необходимо учитывать как общее количество Pu , заложенного в испытанные ядерные заряды, так и наработку Pu в процессе протекания ядерных реакций, когда происходит активация стартовых ядер ^{238}U нейтронным потоком. Таким образом, общее поступление Pu в атмосферу за счет ЯИ в СССР можно оценить величиной $2,25 \times 10^5$ Ки [16,21]. Поэтому среднее значение глобальных выпадений Pu в Северном полушарии планеты будет равно примерно 0,5 мКи/км². Для сравнения можно отметить, что среднее содержание таких естественных α -активных радионуклидов, как ^{238}U , ^{226}Ra и ^{232}Th в верхних слоях грунта в 500 раз превышает среднюю величину глобальной концентрации Pu , связанную с ЯИ. Следует отметить, что приведенные данные о содержании Pu в атмосфере являются результатом глобальных оценок. Если рассматривать конкретно территорию Семипалатинского полигона, то можно констатировать, что плотность загрязнения этим радионуклидом объектов окружающей среды, в частности почвы, достаточно высокая, поскольку на площадках этого полигона было осуществлено 30 наземных ЯИ, большое количество наземных модельных экспериментов с макетами ядерных зарядов [22] и других экспериментов с использованием Pu [8]. Поэтому до настоящего времени остается актуальной проблема оценки содержания Pu и в почве, и в воздухе, так как ингаляционный путь поступления этого радионуклида в организм вносит наибольший вклад в дозу облучения человека.

Радиоактивный тритий (T) во время ЯИ нарабатывался в ходе протекания термоядерных реакций



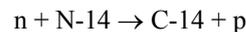
а также не полностью выгорал в основной реакции



Результаты расчетов свидетельствуют о том, что при растворении в гидросфере наработанного к на-

стоящему времени T (примерно 3×10^8 Ки) его концентрация составит только около 10% от естественного уровня, а в питьевой воде - на 7 порядков ниже ПДК.

Наконец, последний радионуклид, который имеет биологическое значение, - это ^{14}C . При проведении атмосферных ЯВ подавляющая часть нейтронов, выходящих из зарядного устройства, замедлялась в воздухе и захватывалась атмосферным азотом в реакции



с образованием радиоактивного углерода ^{14}C . Удельная активность ^{14}C равна $4,45 \times 10^3$ Ки/кг, а период полураспада составляет 5730 лет.

После атмосферных ЯВ СССР могло образоваться примерно $3,7 \times 10^6$ Ки ^{14}C . При среднем содержании CO_2 в атмосфере, равном $3,1 \times 10^{-2}$ %, активность естественного ^{14}C , образующегося за счет космического излучения, будет равна 4×10^6 Ки, т.е. в атмосфере могло произойти удвоение содержания ^{14}C . В гидросфере за счет ^{14}C искусственного происхождения его концентрация повысится не более, чем на 2% [23].

Таким образом, представленные в докладе данные можно считать основными параметрами радиоактивного загрязнения природной среды в результате проведения Советским Союзом ЯИ в атмосфере. Чтобы ориентировочно оценить уровни радиоактивного загрязнения природной среды в результате деятельности всех ядерных полигонов мира, нужно приведенные выше параметры, характерные для СССР, умножить на 4.

Радиационно-гигиенические последствия ядерных испытаний

Как уже отмечалось выше, каждый ЯВ является источником высвобождения большого количества различных радионуклидов. В таблице 6, составленной по данным Научного комитета ООН по действию атомной радиации [24], приведена динамика накопления ^{90}Sr на земной поверхности за весь период проведения ядерных испытаний в атмосфере. Анализ данных (Табл. 6) свидетельствует о том, что существует тенденция к медленному, но неуклонному спаду уровней поверхностного загрязнения Земли ^{90}Sr за счет радиоактивного распада, заглубления его в почву и смыва в водные системы. Наблюдаемое различие между плотностью загрязнения природной среды Северного и Южного полушарий объясняется незначительностью эффекта перемешивания воздушных масс между полушариями. Динамика накопления на поверхности Земли другого биологически опасного радионуклида - ^{137}Cs имеет практически тот же характер, но при этом для количественных оценок содержания ^{137}Cs данные о содержании ^{90}Sr следует умножить на коэффициент 1,6.

На рисунке 4 показано изменение во времени средних ежегодных величин эффективных доз облучения населения Северного полушария Земли в результате глобальных выпадений ^{90}Sr и ^{137}Cs , а также образования под действием нейтронов взрыва ^{14}C и трития.

Кроме того, показано изменение величины суммарной дозы облучения от воздействия всех радионуклидов, перечисленных выше, а также и от других более короткоживущих продуктов деления [19].

Из приведенных на рисунке 4 данных видно, что после 1951 г. величины доз облучения начали увеличиваться, а в 1963-64 гг. достигли максимальных значений. В этот период величина эффективной дозы облучения от воздействия всех радионуклидов составляла примерно 0,15 мЗв в год при годовой коллективной дозе 30 млн. чел.×Зв. Такая величина коллективной дозы облучения, рассчитанная с учетом проведения всех ЯИ в атмосфере, соответствует примерно 4 годам дополнительного облучения населения земного шара за счет природного радиационного фона. В среднем это довольно незначительное облучение от ЯИ, проведенных в атмосфере.

В таблице 7 представлены результаты расчета величин возможных эффективных доз облучения от различных радионуклидов, которые образовывались в результате ЯИ в атмосфере.

Таблица 6. Накопленное количество ⁹⁰Sr на земной поверхности

Год	Количество ⁹⁰ Sr, МКи	
	Северное полушарие	Весь земной шар
До 1958	1,70	2,30
1958	2,28	3,12
1960	3,44	4,58
1965	9,49	11,95
1970	9,36	12,18
1975	8,72	11,53
1977	8,41	11,13
1978	8,31	10,98
1980	7,98	10,54
1985	6,80	9,05
1990	5,70	7,70
1995	4,85	6,65
2000	4,30	5,90

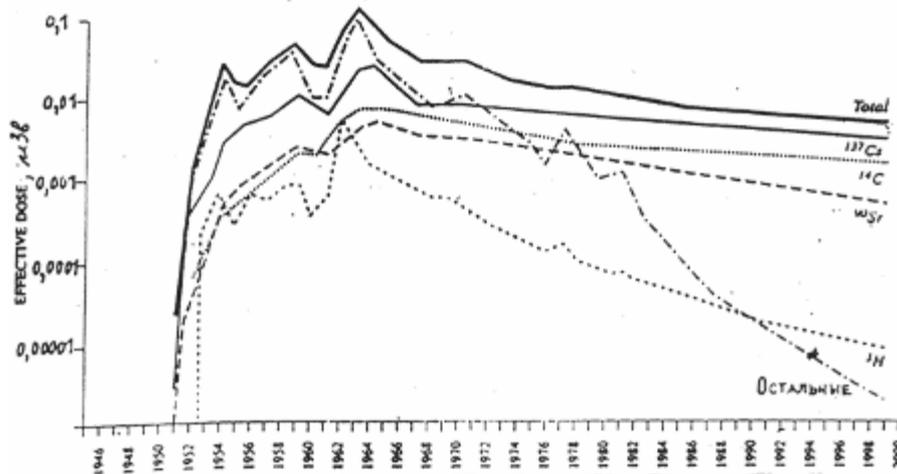


Рисунок 4. Ежегодные эффективные дозы облучения жителей Северного полушария Земли как отдельными радионуклидами, образовавшимися в результате проведения ядерных испытаний в атмосфере, так и их суммой

Таблица 7. Вклад различных радионуклидов в дозу облучения в результате проведения ядерных испытаний в атмосфере [17]

Радионуклид	Период полураспада	Ожидаемая эффективная эквивалентная доза, мкЗв	Вклад в суммарную дозу %
Углерод-14	5760 лет	2600	69
Цезий-137	30,2 года	540	14
Цирконий-95	64,1 суток	200	5,3
Стронций-90	28,6 года	120	3,2
Рутений-106	368 суток	83	2,2
Церий-144	284 суток	54	1,4
Тритий-3	12,35 года	47	1,2
Йод-131	8,1 суток	33	0,9
Плутоний-239	24110 лет	27	0,7
Барий-140	12,8 суток	25	0,7
Рутений-103	39,5 лет	17	0,4
Плутоний-240	6537 лет	17	0,4
Плутоний-241	14,5 года	9	0,2
Железо-55	2,7 года	9	0,2
Америций-241	432,8 года	4	0,1
ВСЕГО (округлено)		3800	100

Из данных таблицы 7 можно сделать вывод, что определяющий вклад в величину возможной эффективной эквивалентной дозы облучения населения вносят четыре первых радионуклида. Вклад ^{95}Zr уже практически реализован. Значительная часть вклада в дозу облучения ^{137}Cs и ^{90}Sr будет реализована к концу этого столетия, при этом величины таких доз будут незначительны. Только ^{14}C , имеющий большой период полураспада, будет продолжать действовать как источник облучения в далеком будущем. Действительно, этот радионуклид к 2000 г. потеряет лишь около 7% своей первоначальной активности. Однако надо иметь в виду, что суммарный выброс в атмосферу ^{14}C в результате ядерных испытаний составил всего 2,6% от величины его естественного накопления в природе под действием космического излучения. Поэтому за время жизни одного поколения (70 лет) доза облучения от ^{14}C "взрывного" происхождения составит не более 0,0065 мЗв. Такая доза не может оказать какого-либо вредного влияния на здоровье человека.

Для основной массы населения самыми опасными источниками радиации являются вовсе не те, о которых чаще всего сообщается в средствах массовой информации. Наибольшую дозу человек получает от естественных источников радиации. Влияние радиации, связанное с развитием атомной энергетики и даже с испытанием ядерного оружия в атмосфере, незначительно и составляет лишь малую долю радиационного воздействия.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящем докладе представлены основные сведения о проведении ЯИ на различных полигонах мира. Показано, что основное влияние на увеличение степени радиоактивного загрязнения природной среды имели атмосферные ЯВ. Приведены основные данные об атмосферных ЯИ, которые осуществляли государства - "члены ядерного клуба", а также результаты оценки суммарной мощности атмосферных ЯВ по делению, поскольку именно в результате реакций деления в ядерных зарядах происходил выброс в атмосферу основного количества РВ, длительное время загрязнявших природную среду. Представлены данные о радиоактивном загрязнении объектов природной среды локальными, промежуточными и глобальными выпадениями. Показано, что основной вклад (80%) в радиоактивное загрязнение внесли ЯИ, проводившиеся США и СССР (примерно по 40%), а все остальные ядерные державы (Великобритания, Франция и Китай) - оставшиеся 20%. В докладе представлены результаты анализа данных о последствиях ЯИ на двух ядерных полигонах бывшего СССР - СИП и СИПНЗ.

Доклад завершается результатами оценки радиационно-гигиенических последствий проведения ЯИ на всех полигонах мира, в частности, оценки ежегодных эффективных доз облучения жителей Северного полушария Земли. Показано, что для основной массы населения Планеты облучение, связанное с ЯИ, является лишь малой долей от общего радиационного воздействия. Однако существующая и до настоящего времени используемая для оценки последствий воздействия радиационного фактора линейная беспороговая концепция, которая была предложена много лет назад для планирования мероприятий по радиационной безопасности, значительно завышает риск возникновения рака различной локализации при облучении в малых дозах (менее 100 мЗв в год). Например, согласно этой концепции риск от облучения в дозе 0,1 мЗв составляет 0,0001 долю от уровня риска при воздействии радиации в дозе 1000 мЗв.

Подобную ошибку допускали и такие крупные ученые, как А.Д. Сахаров и И.В. Курчатов. Так, в 1959 г. И. В. Курчатов в предисловии к книге "Советские ученые об опасности испытаний ядерного оружия" писал: "Испытания атомного и водородного оружия, помимо того, что они держат мир в постоянной тревоге, как предвестник грядущих атомных войн, приносят, а в дальнейшем в еще большей степени будут приносить вред здоровью людей. Расчеты показывают, что если и впредь испытания атомного оружия будут продолжаться в том же темпе, как сейчас, то вследствие выпадения на поверхность земли образующихся при взрыве и распространяющихся по всему земному шару радиоактивных изотопов стронция, цезия и углерода в будущем поколении будет поражено наследственными заболеваниями несколько миллионов человек." [25].

Следует отметить, что при наличии огромного количества данных о последствиях воздействия радиации на живой организм до сих пор отсутствуют экспериментальные данные, подтверждающие линейную зависимость гипотезы "доза - биологический эффект" [26,27]. Воздействие излучения от глобальных радиоактивных выпадений не может вызвать появления наследственных (генетических) заболеваний. У потомков тех японцев, которые пережили атомную бомбардировку, не отмечено повышения частоты генетических эффектов. Однако у переживших эту бомбардировку и облученных в дозах более 100 мЗв за прошедшие годы было зарегистрировано более 300 дополнительных случаев смерти от рака [28]. Таким дозам облучения в период проведения ЯИ могла подвергнуться лишь очень небольшая группа жителей населенных пунктов, расположенных на локальных следах наземных ядерных взрывов (Рис. 2,3.).

ЛИТЕРАТУРА

1. Махонько К. П. Поведение в атмосфере радиоактивных продуктов ядерных взрывов. – С.-Петербург: Гидрометиздат, 2002. – 163 с.
2. Ядерное оружие в мире. "Известия", 14 мая 1998 г.
3. Израэль Ю. А. Радиоактивные выпадения после ядерных взрывов и аварий. - С.-Петербург: Прогресс-погода, 1996. - 355с.
4. Ядерные испытания СССР. Том 1. Цели. Общие характеристики. Организация ядерных испытаний СССР. Первые ядерные испытания. /Кол. авторов под рук. В. Н. Михайлова. - Саров, РФЯЦ-ВНИИЭФ, 1997. - 286 с.
5. Известные ядерные испытания, проведенные в мире в 1945-1994 гг. // Бюлл. Центра общ. инф. по атом. энергии, 1996, № 1. - С. 32-43.
6. United States Nuclear Tests July 1945 Through September 1992. - USA, 1993. - 59+38 p.
7. Испытания ядерного оружия и ядерные взрывы в мирных целях СССР. 1949-1990 гг. / Кол. авторов под рук. В. Н. Михайлова. - Саров, РФЯЦ ВНИИЭФ, 1996. - 66 с.
8. Ядерные испытания СССР: современное радиэкологическое состояние полигонов. / Кол. авторов под рук. В. А. Логачева. – М.: ИздАТ, 2002. – 639 с.
9. Ядерные испытания СССР. Том 2. / Кол. авторов под рук В. Н. Михайлова. - Саров, РФЯЦ-ВНИИЭФ, 1998. - 302 с., илл.
10. Ядерные испытания СССР. Семипалатинский полигон: обеспечение общей и радиационной безопасности ядерных испытаний. / Кол. авторов под рук. В. А. Логачева. М.: Вторая типография ФУ "Медбиоэкстрем" при Минздраве России, 1997. - 319 с. + илл.
11. Ядерные испытания СССР. Новоземельский полигон: обеспечение общей и радиационной безопасности ядерных испытаний. / Кол. авторов под рук. В. А. Логачева. М.: ИздАт, 2000. – 487 с., илл.
12. Ядерная энергетика: вопросы и ответы. Вып. 9. История освоения ядерной энергии. Под ред. В. А. Качалова. - М.: ИздАт, 1996. - 128 с.
13. Ядерный потенциал в странах мира. В кн. : Ядерная энциклопедия . - М.: Благов. фонд Ярошинской, 1996. - С. 111-123.
14. Махонько К. П., Павлова Л. Н. Радиоактивные продукты в атмосфере СССР от китайских ядерных взрывов. – С.-Петербург: Гидрометиздат, 2001. – 138 с.
15. Principal authors of the NTS Offset Radiation Exposure Review Project (ORERP). USA. 1985. - 51 p.
16. Андрияшин И. А. Чернышев А. К. Оценка наработки и параметров глобальной активности долгоживущих радионуклидов продуктов деления. Доклад на 2-й Междунар. конф. специалистов по вопр. истории ядерного оружия. Вашингтон, США, 1998. - 15 с.
17. Ионизирующие излучения: источники и биологические эффекты. Научный комитет ООН по действию атомной радиации (НКДАР). Доклад на Генеральной Ассамблее, Т. 1. - ООН, Нью-Йорк, 1982.
18. Стратегическое ядерное вооружение России. / Кол. авторов под рук. П. Л. Подвига. - М.: ИздАт, 1998. - 492 с.; илл.
19. Exposures From Man-Made Sources of Radiation. UN GA, 82/R.568, 6 March 1997. - 99 p.
20. Чуркин В. Н., Брендаков В. Ф. Загрязнение почвенного покрова территории Советского Союза осколочными продуктами ядерных взрывов. В кн.: Радиоактивные загрязнения атмосферы и местности продуктами ядерных взрывов. - Обнинск, 1967. - С. 154-164.
21. Ядерные испытания СССР. Гидроядерные эксперименты. Инвентаризация затрат плутония. / Кол. авторов под рук. В. Н. Михайлова. – Саров, РФЯЦ-ВНИИЭФ, 1998.- 22 с.
22. Андрияшин И. А., Дубасов Ю. В., Логачев В. А. Материалы по вопросам радиэкологического состояния территории бывшего Семипалатинского полигона в результате воздействия значимых ядерных испытаний (Окончательный доклад). – Арзамас-16, Москва, С.-Петербург: РФЯЦ-ВНИИЭФ, 1994. – 172 с.
23. Василенко И. Я., Осипов В. А. Кинетика обмена и биологическое действие радиоактивного углерода. – М.: Медицина, 2002. – 126 с.
24. Облучение в результате испытаний ядерного оружия и ядерного топливного цикла. / Материалы к 34 сессии НКДАР 14-18 апреля 1986 г. - ООН, Нью-Йорк, 1986. - 34 с.
25. Советские ученые об опасности испытаний ядерного оружия. Под Ред. А. В. Лебединского. - М.: Атомиздат, 1959. - 118 с.
26. Jaworowski Z. Radiation risk and ethics.//Physics Today (American Inst. of Physics). 1999. - V. 52, № 9. - P. 24-29.
27. Coursaget I., Pellerin P. European Union Facing Radioprotection Standards. // Preprint, WONUC International Conference, Versailles, 16-18 June 1999. - 9 p.
28. Cohen B. L. Health impacts of low level radiation. // Preprint, 1999.

**ӘЛЕМНІҢ ПОЛИГОНДАРЫНДА ЖҮРГІЗІЛГЕН ЯДРОЛЫҚ
СЫНАҚТАРДЫҢ РАДИОЛОГИЯЛЫҚ ЗАРДАПТАРЫ**

Логачев В.А., Логачева Л.А.

Мемлекеттік ғылыми орталығы- биофизика институты, Ресей, Мәскеу

АҚШ, СССР, Ұлыбритания, Франция, және Қытай елдері ядролық сынақтарын жүргізген мерзімде атмосферадағы ұзақ өмір сүретін биологиялық маңызды радионуклидтердің көлем жұмыстарын бағалау нәтижесі баяндамада ұсынылған. Есеп үшін, реакцияның бөлінуі арқылы ядролық сынақтардың энерго шығаруды бағалауға жаңа ынғайы қолданылды. Бұдан басқа, осы радионуклидтерді табиғилықтармен

салыстырудың нәтижелері ұсынылған, сондай-ақ радиоактивті өнімдердің глобальды түсу бөлігі мен аралығы локальды бөлігінің есебімен ^{137}Cs , ^{90}Sr , $^{239,240}\text{Pu}$, ^{14}C және ^3H табиғи ортадағы объектілердің техногенді ластану деңгейін сипаттайтын мәліметтер келтірілген. Ядролық сынақтар жүргізу салдарының жаңа әдістемесін бағалау, ірі радиациялық аппараттардың шығуы және аз дозалы радиацияның (100мЗв) ағзаға тигізген әсерін қарастыру қажет.

RADIOLOGICAL CONSEQUENCES OF NUCLEAR TESTING AT WORLD NUCLEAR TEST SITES

V.A. Logachev, L.A. Logacheva

State Research Center – Institute of Biophysics, Russia, Moscow

The paper presents results of long-lived biologically available radionuclides' buildup evaluation for the time of nuclear testing in the atmosphere by the US, USSR, Great Britain, France and China. A new approach to estimation of the NT yield, based on the application of fission reactions, was used for the assessment. The paper also provides data on the extent of man-caused environmental contamination by ^{137}Cs , ^{90}Sr , $^{239,240}\text{Pu}$, ^{14}C and ^3H taking into account local, intermediate and global fallout of radioactive products, and results of comparing the content of the above radionuclides and naturally occurring ones. The authors point out that new approaches to assessment of NT effects, nuclear accident consequences and low dose impacts (<100 mSv) on a human body are needed.

УДК 551.510.721+504.3.054+574

ПЕРСПЕКТИВЫ СОВМЕСТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ИНСТИТУТА РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И ЭКОЛОГИИ НЯЦ РК И НПО "ТАЙФУН" РОСГИДРОМЕТА И ДИНАМИКА ФОРМИРОВАНИЯ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ В КАЗАХСТАНЕ¹Птицкая Л.Д., ²Газиев Я.И., ¹Артемьев О.И., ²Крышев И.И.,
²Вакуловский С.М., ²Орлов М.Ю., ¹Ларин В.Н., ²Уваров А.Д.¹*Институт радиационной безопасности и экологии НЯЦ РК, Курчатов, Казахстан*
²*НПО «Тайфун» Росгидромета, Обнинск, Россия*

Проведен первый совместный полевой эксперимент по техногенному пылеподъему в приземную атмосферу на территории бывшего СИП. Обсуждены предварительные результаты этого эксперимента. Рассмотрены средне- и долгосрочные перспективы совместных исследований ИРБЭ и НПО "Тайфун" по вопросам динамики формирования радиоэкологической обстановки в районах, пострадавших от ядерных испытаний на СИП. Установлено, что в ближайшие 2-3 года такие исследования должны быть посвящены проблеме радиоактивного загрязнения системы атмосфера-подстилающая поверхность на территориях СИП и прилегающих к нему районов, а также радиологическим аспектам этой проблемы.

ВВЕДЕНИЕ

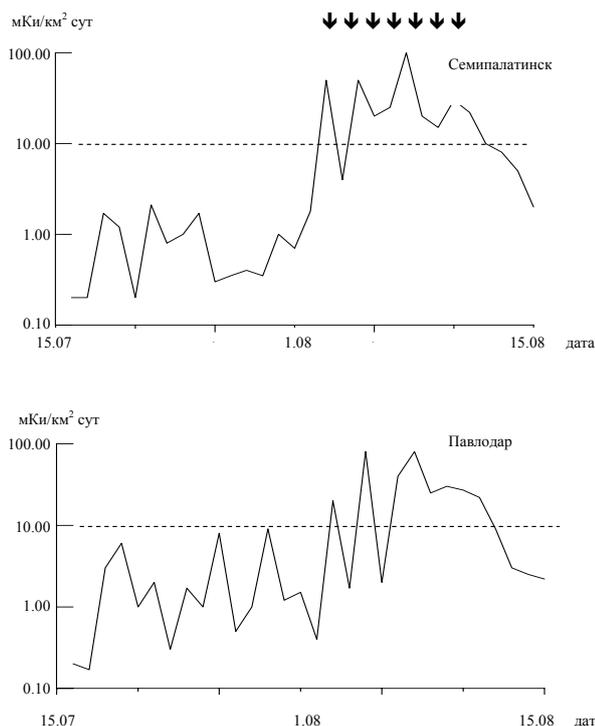
В 2000 г. руководством Института радиационной безопасности и экологии НЯЦ РК и Института экспериментальной метеорологии НПО "Тайфун" было принято решение об организации сотрудничества в области исследований по проблеме радиоэкологических последствий радиационного наследия Семипалатинского испытательного полигона (СИП). Оно было не случайным. В ИРБЭ и НПО "Тайфун" имеются высококвалифицированные специалисты, успешно занимающиеся в течение многих лет теоретическими и экспериментальными аспектами радиоэкологии и радиационного мониторинга окружающей среды. Совместная их работа позволит в значительной степени уменьшить риски от возможных существенных ошибок при постановке задачи, научно-методическом обеспечении, подготовке и проведении исследований по отмеченной проблеме, а также при интерпретации и обобщении полученных данных. Одновременно повысится и результативность исследований.

Как известно из многочисленных публикаций в печати сотрудники НПО "Тайфун" и ИРБЭ принимали активное участие в исследованиях особенностей радиоактивного загрязнения природной среды, обусловленного переносом в атмосфере и атмосферными выпадениями газоаэрозольных продуктов ядерных испытаний на СИП и последующей миграции в окружающей среде радионуклидов, содержащихся в этих продуктах [1-4]. Причем, НПО "Тайфун" отвечало, главным образом, за создание технических средств и проведение комплексного мониторинга загрязнения атмосферы и подстилающей поверхности радиоактивными продуктами ядерных взрывов, проводившихся на СИП. Наблюдения проводились на сети метеостанций, оснащенных воздухофильтрующими устройствами (ВФУ) и марлевыми горизонтальными планшетами для сбора проб атмосферных радиоактивных выпадений [1]. В частности,

отбор проб радиоактивных атмосферных аэрозолей и выпадений в указанных пунктах проводился во время серии атмосферных ядерных взрывов на СИП в августе-сентябре 1962 г. При прохождении над пробоотборными пунктами радиоактивных облаков от ядерных взрывов наблюдались интенсивные радиоактивные атмосферные выпадения в этих пунктах. Результаты таких наблюдений, проведенных в двух городах, расположенных относительно недалеко от полигона, приведены в качестве примеров на рисунке 1. Представленные на рисунке 1 максимумы поверхностных плотностей выпадений бета-активных продуктов ядерных взрывов естественно соответствовали периодам прохождения их радиоактивных облаков над Семипалатинском и Павлодаром.

Простейший вид радиационного мониторинга, использованный при получении приведенных на рисунке 1 данных, пригоден для ближней зоны атмосферных выпадений радиоактивных продуктов ядерных испытаний на СИП. Он, как известно, недостаточен для дальнейшей зоны этих выпадений, а в случае необходимости проведения ретроспективных исследований особенностей ее радиоактивного загрязнения рассмотренный выше простейший вид радиационного мониторинга вообще не пригоден. В частности, подобная необходимость возникла примерно через 40 лет после первого атомного взрыва на СИП во время ретроспективных оценок его радиоэкологических последствий для Алтайского края [2]. Ряд важных данных, нужных для таких оценок, был получен НПО "Тайфун" и рассмотрен в [2]. Этот ряд включал в себя результаты расчетов распространения в атмосфере радиоактивных продуктов атомного взрыва и данные анализов радионуклидных составов проб почвы и донных отложений, отобранных в районе наблюдений. Оказалось, что обширная территория Алтайского края была загрязнена радиоактивными продуктами первого атомного взрыва на СИП. На этой территории в Курбинском

районе был произведен послойный отбор информативных проб донных отложений в оз.Колыванском. На Рис.2 показано распределение удельных активностей ^{137}Cs ($A_{\text{уд}}$) по глубине этих отложений. По отношению активностей $^{134}\text{Cs}/^{137}\text{Cs}$ было установлено, что первый (верхний) максимум распределения $A_{\text{уд}}$ относится к продуктам аварии на Чернобыльской АЭС. Второй максимум был обусловлен радиоактивными выпадениями от ядерных испытаний в атмосфере на различных полигонах в 1962-1963 г.г. Наконец, третий (самый нижний) максимум $A_{\text{уд}}$ приблизительно на 15-сантиметровой глубине донных отложений, с учетом их "возраста", относился к ^{137}Cs , образовавшемуся во время первого атомного взрыва на СИП. Наблюдался также аналогичный максимум в вертикальном распределении удельных активностей $^{239+240}\text{Pu}$ в рассматриваемых донных отложениях. Причем отношение активности $^{239+240}\text{Pu}$ к активности ^{137}Cs в идентифицированных радиоактивных продуктах первого атомного взрыва составляло в расчете на 1990 г. примерно 0,04 для донных отложений оз.Колыванского и района его расположения.



Примечание: Стрелками отмечены моменты ядерных взрывов на полигоне. Пунктиром отмечен уровень, соответствующий предельным значениям колебаний глобального радиационного фона

Рисунок 1. Изменение со временем выпадений из атмосферы долгоживущей суммарной β -активности с середины июля по середину августа 1962г. вокруг Семипалатинского полигона

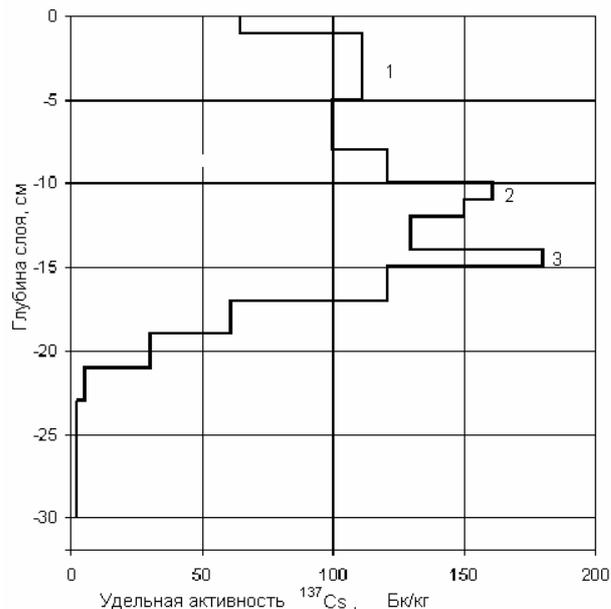


Рисунок 2. Вертикальное распределение удельной активности ^{137}Cs в донных отложениях оз. Колыванского

В период с 2000 – 2002 гг. прошли 3 встречи в г.Курчатове специалистов ИРБЭ и ИЭМ в области мониторинга природных сред. К числу приоритетных исследований были отнесены следующие направления:

- Расширение состава контролируемых объектов СИП и совершенствование методов исследований его радиационного наследия;
- Подготовка и проведение мониторинга загрязнения приземной атмосферы в г. Курчатове радиоактивными аэрозолями и дисперсной фазой атмосферных аэрозолей в целом; оценка рисков от этого загрязнения для населения города и его окрестностей;
- Изучение экологически значимых путей миграции в окружающей среде радиоактивных продуктов ядерных взрывов и испытаний радиологического оружия;
- Анализ динамики загрязнения природных сред радиоактивными продуктами ядерных взрывов на СИП по результатам исследований, проведенных ранее ИЭМ и ИРБЭ. Продолжение изучения этой динамики в современных условиях;
- Исследование динамики формирования радиоэкологической обстановки в районах расположения СИП и других полигонов Казахстана. Оценка экологических рисков для населения и природной среды в этих районах.

В 2001 г. был проведен эксперимент по техногенному пылеподъему на территории СИП на выбранной экспериментальной площадке, на которой производились испытания радиологического оружия. Мощности экспозиционной дозы (МЭД) на наиболее загрязненных участках экспериментальной площадки были порядка 6 мкЗв/ч. Из сохранившихся на пло-

щадке отдельных частей носителей расплывшихся радиоактивных веществ были отобраны пробы остатков этих веществ в количествах порядка нескольких десятков миллиграмм в расчете на одну пробу. С помощью γ -спектрометра с полупроводниковым детектором типа LO-AX-60495 EG&GOREC (США) и сцинтилляционного β -спектрометра НПО "Тайфун", состоящего из детектора β -излучения базового блока детектирования БДБСЗ-1 еМ (Россия) и устройства спектрометрического SBS-50м (фирмы Green Star, Москва) измерены γ - и β -спектры наиболее активной пробы. Первый из них фактически полностью соответствовал сплошному спектру тормозного излучения, возникающему при торможении β -частиц в пробе исследуемого вещества. На этом спектре наблюдались очень слабые, по отношению к нему, несколько γ -линий, одна из которых принадлежала ^{241}Am ($E_\gamma=60$ кэВ). Максимальная энергия квантов тормозного излучения была близка к 2МэВ. Спектр β -излучения пробы был по форме аналогичен спектру эталонного источника $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$. Как известно, эти радионуклиды являются "чистыми" β -излучателями. Максимальную энергию, равную 2,3 МэВ, имеют β -частицы ^{90}Y . Они и определяют максимальную энергию квантов тормозного излучения. Следует отметить, что α -активность пробы была примерно на 3 порядка меньше её β -активности.

Для первого опыта по техногенному пылеподъему на экспериментальной площадке по испытаниям радиологического оружия был выбран небольшой её участок, размерами порядка 30×30 м, наиболее загрязненный указанными выше радиоактивными веществами. Образование и подъем в приземную атмосферу радиоактивной пыли происходили во время движения по кругу на этом участке автомобиля ЗИС-131, с прицепленным к нему металлическим диском от старого автомобильного колеса (для усиления процессов образования аэрозвесей). Меняя скорость движения автомобиля и/или отсоединяя отмеченный диск, можно было изменять в широких пределах интенсивность образования и подъема радиоактивной пыли в приземную атмосферу. В частности, можно было создавать условия поступления в атмосферу почвенной пыли такие же, как и при пыльных бурях. Во время рассматриваемого опыта, проводившегося при слабом ветре, концентрации аэрозолей и аэрозвесей в приземной атмосфере вблизи от места пыления были порядка нескольких граммов на метр кубический воздуха. При этом протяженность зон выпадений основных масс дисперсных фаз радиоактивных аэрозвесей и аэрозолей была порядка нескольких метров и десятков метров, соответственно. Причем вторая оценка относится к частицам грубодисперсных аэрозолей. Основная масса более мелких радиоактивных частиц переносилась, естественно, на большие расстояния.

В дальнейшем, необходимо с учетом вышеизложенного усовершенствовать разработанные к на-

стоящему времени в ИРБЭ и НПО "Тайфун" методы исследований особенностей процессов техногенного загрязнения окружающей среды радиоактивными аэрозолями и аэрозвесями и определить основные физические характеристики этих процессов применительно к растительному покрову территорий СИП и прилегающих к нему районов.

В настоящее время появились новые реальные перспективы проведения совместных исследований ИРБЭ и НПО "Тайфун". В первую очередь это связано с организацией в г. Курчатове стационарного пункта контроля загрязнения приземной атмосферы радиоактивными аэрозолями и содержащимися в них "горячими" β - и α -активными частицами. Для целей такого контроля отмеченный пункт будет оснащен высокопроизводительной воздухофильтрующей установкой (ВФУ) типа "Тайфун-4К". Это позволит, в частности, получить представительные аэрозольные пробы для оценки радиационных рисков от загрязнения приземного слоя атмосферы вследствие естественного ветрового подъема радиоактивной пыли на территориях СИП и прилегающих к нему районов, а также во время степных пожаров, затрагивающих значительные площади в районе расположения СИП. Такие оценки, вместе с аналогичными прогностическими оценками на ближайшее десятилетие в рамках изучения радиационного наследия СИП, дадут возможность получения важных количественных характеристик особенностей формирования в современных условиях радиоэкологической обстановки в районе расположения г. Курчатова и в других близких к полигону районах.

Кроме того, имеются хорошие перспективы дополнения вышеуказанного контроля совместными исследованиями по приоритетным проблемам загрязнения вдыхаемого человеком воздуха аэрозольными продуктами распада радона и аэрозолями нерадиоактивных вредных веществ, например, канцерогенных полиароматических углеводородов и токсичных микроэлементов. Это даст возможность получения наиболее важных обобщенных оценок рисков для населения г. Курчатова от загрязнения окружающей среды в части, относящейся к атмосферному воздуху. Как показано в [5] уровни риска от химического загрязнения воздуха могут в некоторых случаях существенно превышать радиационные риски.

Необходимо отметить, что важные перспективы совместных исследований имеются также в плане подготовки и проведения фракционного отбора импакторных проб ингалируемой фракции и дисперсной фазы аэрозолей в целом в атмосферном воздухе в районе расположения бывшего СИП и в г. Курчатове, в частности. Особенности импакторного метода пробоотбора аэрозоля, используемого в НПО "Тайфун" рассмотрены в [6,7].

Пробы аэрозольных частиц, а также пробы почвы, являющейся источником терригенных аэрозолей, могут анализироваться традиционными мето-

дами, которые успешно используются в ИРБЭ и НПО "Тайфун". Кроме того, в случаях, когда будет необходимо провести многоэлементные анализы миллиграммовых и декамиллиграммовых проб, эти анализы можно будет проводить с помощью разработанного Скрипкиным А.М. в НПО "Тайфун" "Лазерно-искрового экспресс-анализатора элементного

состава объектов природной среды" (ЛИАС). Технические характеристики этого прибора и один из примеров его аналитических возможностей представлены на следующей странице. Из рисунка 3 видно, что концентрация в почве бериллия, используемого в различных ядерных устройствах, легко может быть измерена даже на уровне $10^{-3}\%$ масс.

Технические характеристики спектроанализатора ЛИАС:

Диапазон анализируемых длин волн, нм	200-800
Разрешение по спектру, нм	0.02-0.03
Предельная чувствительность на содержание химических элементов в образце, например, в почвенной матрице, %, мг/кг	10^{-4} - 10^{-5} , (0.1-1.0)
Количество определяемых элементов	90
Время количественного анализа, мин	1-3
(достоинство-получение результатов в режиме реального времени; практически отсутствует пробоподготовка)	
Количество вещества, необходимое для анализа, мг	5-10
Напряжение сети питания, В	220
Габаритные размеры, мм	800×450×600

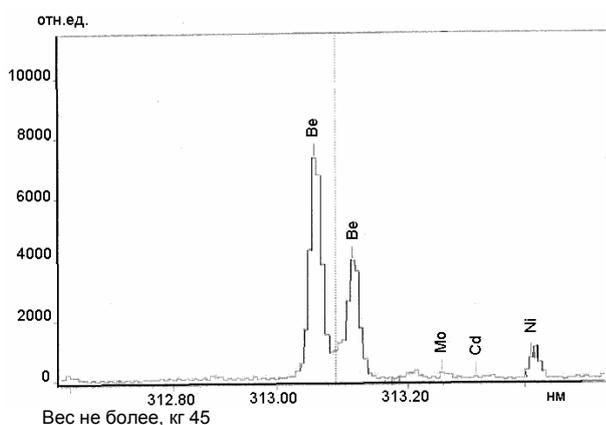


Рисунок 3. Фрагмент спектра почвы с включением бериллия (Be) при концентрации $1 \times 10^{-3}\%$ масс., полученного на лазерном спектроанализаторе

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время на основе взаимной заинтересованности имеются хорошие перспективы проведения совместных исследований ИРБЭ и НПО "Тайфун" по проблеме динамики формирования радиоэкологической обстановки в Казахстане, обусловленной радиационным наследием СИП. В бли-

жайшие 2-3 года целесообразно подготовить и провести такие исследования в части, относящейся к процессам аэрозольного загрязнения приземной атмосферы в районе расположения полигона экологически значимого загрязнения атмосферы. В это же время должен быть выполнен комплексный анализ динамики загрязнения природных сред радиоактивными продуктами ядерных взрывов на СИП по результатам исследований, проведенных ранее ИЭМ и ИРБЭ, и продолжено изучение этой динамики в современных условиях. При этом результаты комплексного анализа должны быть использованы, в случае необходимости, для уточнения имеющихся оценок рисков от указанных взрывов для населения и природной среды в районе расположения СИП и прилегающих к нему районов.

Следует отдельно обратить внимание на то, что получение в рамках совместных работ ИРБЭ и НПО "Тайфун" представительных проб радиоактивных атмосферных аэрозолей, содержащих "горячие" частицы, очень важно для отработки высокочувствительных методов обнаружения и идентификации в окружающей среде следов ядерной деятельности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Махонько К.П., Мазурина З.А., Козлова Е.Г. Радиоактивное загрязнение атмосферы в результате проведения ядерных взрывов на Семипалатинском полигоне. /Бюллетень центра общественной информации по атомной энергии. – 1993. - №9. -С. 13-20.
2. Орлов М. Ю., Бобовникова Ц.И., Газиев Я.И. Радиоактивное загрязнение территории Алтайского края. /Атомная энергия. -Т.77. -Вып. 6. -433 с.
3. Артемьев О.И., Ахметов М.А., Птицкая Л.Д. Радиационное наследие атмосферных испытаний, проведенных на Семипалатинском испытательном полигоне. /Труды международной конференции. Радиоактивность при ядерных взрывах. Москва, 24-26 апреля 2000г. - Москва. -2000. -Т.1. -С. 459-464.
4. Ахметов М.А., Коновалов В.Е., Птицкая Л.Д. Современное состояние экосистемы на испытательной площадке Дегелен бывшего СИП. / Труды международной конференции. Радиоактивность при ядерных взрывах. Москва, 24-26 апреля 2000 г. - Москва, - 2000. -Т.1. -С. 477-483.
5. Крышев И.И., Рязанцев Е.П. Экологическая безопасность ядерно-энергетического комплекса России. - М. ИздАТ. – 2000. - 384 с.

6. Разработка унифицированной методики контроля основных физических характеристик аэрозолей, загрязняющих почву вокруг промышленных центров и обуславливающих глобальное загрязнение тропосферы: Отчет о НИР (заключительный) / Руководитель Газиев Я.И. – Фонды НПО "Тайфун". – Обнинск. -1977.
7. Газиев Я.И., Кабанов Ю.И. Изучение загрязнения приземного слоя атмосферы "горячими" радиоактивными частицами и ингалируемой фракцией аэрозольной составляющей продуктов аварии на ЧАЭС. /Труды 1 Всесоюзной конференции "Радиационные аспекты Чернобыльской аварии", - Обнинск, июнь 1988 г., -Т.1. - С. 104-107.

ҚАЗАҚСТАНДАҒЫ РАДИОЭКОЛОГИЯЛЫҚ ЖАҒДАЙДЫ ҚАЛЫПТАСТЫРУ ДИНАМИКАСЫ "ТАЙФУН" ҒӨБ РОСГИДРОМЕТІ МЕН ҚР ҰЯО РҚЭИ БІРЛЕСКЕН КЕЙБІР ЗЕРТТЕУЛЕРДІҢ БОЛАШАҒЫ МЕН ҰЙЫМДАСТЫРУДЫҢ ТӘЖІРИБЕСІ

¹Птицкая Л.Д., ²Газиев Я.И., ¹Артемьев О.И., ²Крышев И.И.,
²Вакуловский С.М., ²Орлов М.Ю., ¹Ларин Н.В., ²Уваров А.Д.

¹ ҚР ҰЯО Радиациялық қауіпсіздік және экология институты, Курчатов
²"Тайфун" ҒӨБ Росгидрометі, Обнинск қаласы, Ресей

2001ж қыркүйегінде РҚЭИ мен "Тайфун" ҒӨБ бастаған серіктестік рамкасында бұрынғы ССП аумақтарындағы жерлердің атмосферасына техногенді шаңкөтеру бойынша бірлескен бірінші аландық тәжірибесі өткізілді. Осы тәжірибелердің нәтижелері алдын-ала талқыланған болатын. ССП ядролық сынақтарынан зардап шеккендердің аудандарындағы радиоэкологиялық жағдайдың динамикасын қалыптастыру мәселелері бойынша РҚЭИ мен "Тайфун" ҒӨБ біріккен зерттеулерінің орташа-және ұзақ уақытты болашағы қарастырылған. Осындай зерттеулерді жуырдағы 2-3 жылды ССП аумақтарын және сонда жататын аудандардың үстінде төсеніштік-атмосфера жүйесінің радиоактивті ластану мәселесіне арнау керек.

WORK EXPERIENCE AND SOME ASPECTS OF COLLABORATION BETWEEN IRSE NNC OF REPUBLIC KAZAKHSTAN AND SPA "TYPHOON" OF ROSHYDROMET IN STUDYING OF DYNAMICS OF RADIOECOLOGICAL SITUATION IN KAZAKHSTAN

¹L.D. Ptitskaya, ²Ya.I. Gaziev, ¹O.I. Artemyev, ²I.I. Kryshev
²S.M. Vakulovsky, ²M.Yu. Orlov, ¹N.V. Larin, ²A.D. Uvarov

¹Institute of Radiation Safety and Ecology of the National Nuclear Centre of the Republic Kazakhstan, Kurchatov
²SPA "Typhoon" of Roshydromet, Obninsk, Russia

In the frame of collaboration between IRSE and SPA "Typhoon" a field experiment on man-made dust-rising into ground atmosphere was conducted at STS in September 2001. Preliminary results of the experiment were discussed. Medium and long-term collaboration between IRSE and SPA "Typhoon" in study of radioecological situation in the areas affected by nuclear tests at STS are considered. The decision is made that radioactive contamination in the system atmosphere-surface layer at STS and the near zone, as well as radiological aspects of the problem should be studied in 2-3 years.

УДК 504.062.2:574.4

РАДИАЦИОННАЯ ОБСТАНОВКА ВОКРУГ СЕМИПАЛАТИНСКОГО ПОЛИГОНА И ПРИЛЕГАЮЩИХ ПОСЕЛКАХ

Дубасов Ю.В., Пахомов С.А., Шагин Б.О.

НПО "Радиевый институт им. В.Г. Хлопина", С.-Петербург, Россия

В 1990-1993 гг. было проведено целевое обследование территории вокруг Семипалатинского полигона как наземными, так и авиационными техническими средствами. При обследовании производились определения мощности экспозиционной дозы (МЭД), плотности поверхностного загрязнения почвы и растительности радионуклидами, содержания ^{90}Sr и ^{137}Cs в воде; отбирались контрольные пробы аэрозолей из атмосферного воздуха и радона в жилищах. Был выполнен большой объем исследований по радиационной обстановке в прилегающих к границам полигона населенных пунктах Долонь, Кайнар, Саржал, Карааул, Мостик, Майское, Егындыбулак и Чаган. С помощью аэро- и наземных методов проведено обследование территории общей площадью более 30 тыс. км².

В связи с тем, что в этом году отмечается 10-летие создания Института радиационной безопасности и экологии Национального ядерного центра Республики Казахстан нам представляется необходимым вспомнить те исследования, которые были в основном проведены за несколько лет до создания данного института, а также сравнить ту ситуацию с настоящей.

В течение 1949-1962 гг. на Семипалатинском испытательном полигоне (СИП) было проведено 30 наземных ядерных взрывов [1]. Всего же в этот период было проведено 116 атмосферных ядерных испытаний. При этом в создании радиационной обстановки определяющими являются наземные взрывы, при которых высокотемпературный "огненный шар" соприкасается с поверхностью земли, вследствие чего происходит активация огромного количества частиц грунта. Перенос этих частиц с воздушными потоками и их постепенное осаждение образуют след радиоактивных выпадений. Но таких ядерных взрывов, при которых произошло образование радиоактивного следа за пределами границ полигона, было 11, остальные 19 были проведены в режиме максимального осаждения их продуктов непосредственно в пределах полигона [2,3]. Среди этих только 5 взрывов (29.08.49, 24.09.51, 12.08.53, 24.08.56, 07.08.62) в значительной мере повлияли на радиационную обстановку за пределами полигона.

Для получения достоверной информации о радиационной обстановке на СИП и прилегающих территориях Верховный Совет СССР и Совет Министров приняли несколько постановлений в

1989 г и поручили Минатомэнергопрому совместно с Минобороны организовать детальное изучение сложившейся ситуации. Российские и Казахские исследовательские коллективы приняли участие в этих исследованиях. НПО "Радиевый институт" им. В. Г. Хлопина был назначен главным исполнителем комплексной НИР "Регион-1".

Аэро-гамма-спектрометрическое обследование населенных пунктов и территорий вокруг полигона выполнялось двумя организациями и по различным методикам: Московским инженерно-физическим институтом (МИФИ) и Комплексной аэросъемочной экспедицией ПГО "Аэрогеология" (КАЭ). При этом данные МИФИ оказались почти в 2 раза ниже данных, полученных КАЭ. Это обусловлено тем, что эти уровни приближаются к порогу чувствительности измерительной аппаратуры, а также различиями в масштабе съемки: МИФИ снимал специально поселки, а КАЭ вела площадную съемку, захватывая и поселки. Наземное обследование населенных пунктов проводили сотрудники Радиевого института с участием специалистов Министерства обороны [4]. Оно включало детальное обследование населенных пунктов с измерением МЭД, отбором проб почвы, растительности и воды с последующими измерениями в лабораторных условиях.

Полученные результаты представлены в таблицах 1-8 и на рисунках 1-3, причем результаты наземного обследования наиболее полно коррелируют с данными аэрогамма-съемки, выполненной специалистами МИФИ.

Таблица 1. Плотность загрязнения населенных пунктов ^{137}Cs (по данным аэрогамма-съемки)

Населенный пункт	Удаленность от полигона, км	Плотность загрязнения, ГБк/км ²	
		По данным МИФИ	По данным КАЭ
Кайнар	130	2,6 – 3,7	11
Саржал	110	4,4 – 5,2	11
Карааул	200	3,3-4,4	7,4
Егындыбулак	115	1,8 – 2,6	-

1 Ки/км² = 37 ГБк/км²

Таблица 2. Концентрация урана и тория в почвах (по данным аэрогамма-съемки), мас. %

Населенный пункт	Уран	Торий
Кайнар	$(1-3) \cdot 10^{-4}$	$(7-8) \cdot 10^{-4}$
Саржал	$1 \cdot 10^{-4}$	$6 \cdot 10^{-4}$
Карааул	$1 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-4}$
Мостик	$1 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 50^{-4}$

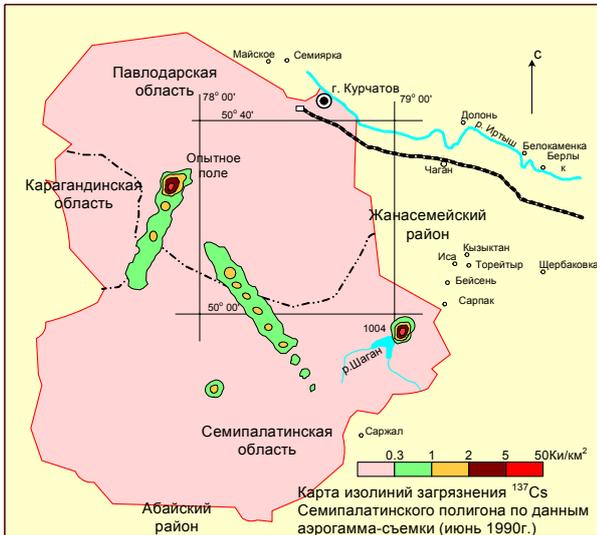


Рисунок 1. Плотность загрязнения территории Семипалатинского полигона ¹³⁷Cs по данным аэрогамма-спектрометрической съемки

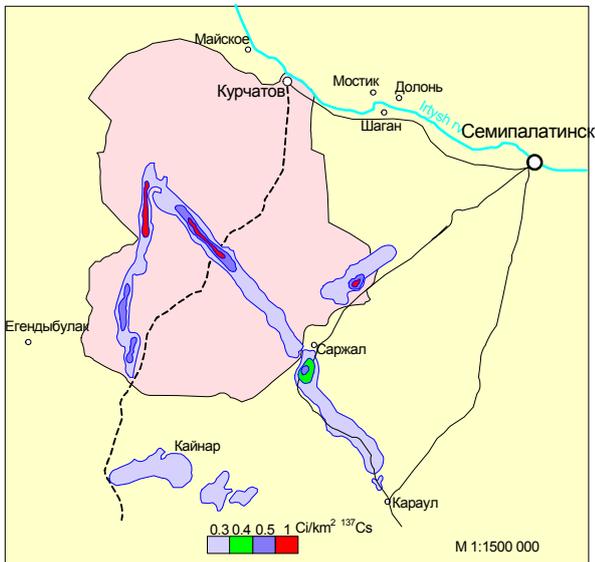


Рисунок 2. Карта изолиний плотности поверхностного загрязнения ¹³⁷Cs территории, прилегающей к Семипалатинскому полигону

По данным КАЭ, в целом по отснятой территории плотность загрязнения ¹³⁷Cs лежит в пределах от уровня глобальных выпадений ($1,8 \text{ ГБк/км}^2$) до $18,5 \text{ ГБк/км}^2$. В среднем плотность загрязнения составляет $3,7-7,4 \text{ ГБк/км}^2$. Повышенная плотность (до $18,5 \text{ ГБк/км}^2$) наблюдается на двух участках. Первый из них является продолжением следа, имеюще-

гося на полигоне (Рис. 1,2). На восточном крае этого следа, где плотность составляет $\sim 11 \text{ ГБк/км}^2$, расположен пос. Саржал. След обрывается в 15 км от пос. Карааул. В пределах этого следа имеется пятно эллипсоидной формы площадью $\sim 4 \text{ км}^2$, с плотностью загрязнения до $\sim 18 \text{ ГБк/км}^2$. Второй участок загрязнения расположен южнее полигона. Он более размыт, и по сути, - это три пятна загрязнения с плотностью загрязнения по ¹³²Cs $\sim 11 \text{ ГБк/км}^2$. На западном пятне расположен пос. Кайнар.

Мощности дозы на отснятой территории лежат в интервале 10-50 мкР/ч, в среднем 20-30 мкР/ч. Если вычесть из общей дозы вклад естественного излучения, то окажется, что по мощности дозы есть превышение на 10 мкР/ч в юго-восточном направлении. В пос. Саржал, Карааул и Кайнар вклад искусственных радионуклидов в суммарную МЭД не превышает 5 мкР/ч (Рис. 3).

При наземном обследовании измерение МЭД осуществляли поверенным дозиметром ДРГ-01Т у поверхности земли и на высоте 1 м. Пробы почвы отбирали на глубину 10 см равномерно по поселку с шагом $\sim 50 \text{ м}$ и за пределами поселка на удалении $\sim 0,5 \text{ км}$ на целинных землях. Число отобранных в каждом поселке проб равнялось 30-40. В каждом поселке в 6-7 точках проводили послойный отбор почвы на глубину 0-5, 6-10, 11-15, 16-20 см. Почву отбирали путем трех уколов пробоотборником по углам треугольника со стороной $\sim 1,5 \text{ м}$. Кроме того, в каждом поселке отбирали по 5 проб растительности. За пределами полигона вдоль его периметра пробы почвы отбирали через 5 км по схеме "конверт" (5 уколов пробоотборником) на глубину 10 см. Через 30 км проводили послойный пробоотбор (три укола на глубину 20 см).

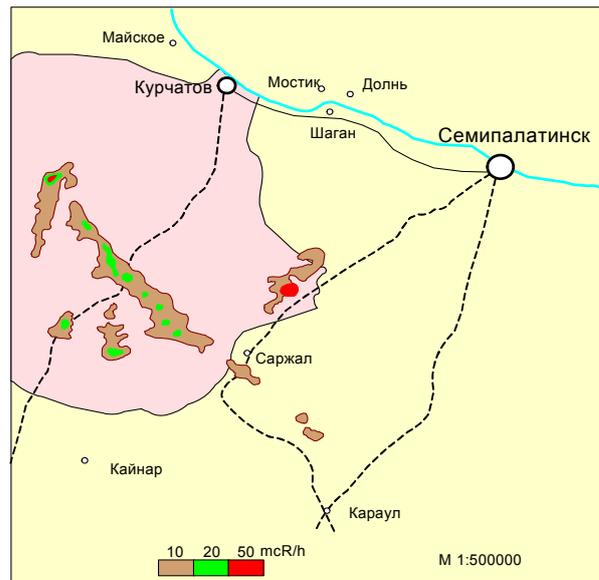


Рисунок 3. Карта изолиний МЭД на территории, прилегающей к полигону, мкР/ч

Анализ фактического материала показал, что характер загрязнения почвы в пос. Долонь имеет пятнистый характер. Относительно высокими значениями по ^{137}Cs и плутонию характеризуются пробы, отобранные на северной окраине поселка и по направлению к пос. Мостик. Территория с относительно высокими концентрациями есть область следа радиоактивных выпадений из облака первого советского ядерного взрыва 29.08.1949 г, прошедшего между пос. Долонь и Мостик, но ближе к пос. Долонь, накрыв его окраину. Плотность загрязнения $^{239+240}\text{Pu}$ на следе превышала значение 37 кБк/м^2 . Ввиду того, что такая величина загрязнения $^{239+240}\text{Pu}$ является весьма высокой для территорий, находящихся за пределами полигона было решено провести на следующий 1993 г. дополнительное детальное обследование пос. Долонь и, в особенности, его северной окраины. В некоторых пробах почвы, отобранных со следа радиоактивных выпадений, были обнаружены сферические темные непрозрачные стекловидные частицы со смолянистым блеском диаметром от 10 до 100 мкм. Это были частицы расплавленного грунта, содержащие основную долю тугоплавких радионуклидов, вовлеченные в огненный шар наземного взрыва, и затем выпадавшие из радиоактивного облака по мере его движения и остывания. Выпадение частиц подчинялось закону гравитации, снижению температуры и

турбулентности в облаке. Поэтому более мелкие частицы ушли на более удаленные расстояния, чем крупные. Величина плотности загрязнения почвы $^{239+240}\text{Pu}$ для северной окраины Долони лежит в интервале значений $0,37\text{-}30 \text{ кБк/м}^2$. Результаты обследования пос. Долонь представлены в таблице 3.

Как видно, плотность загрязнения почвы поселка такими радионуклидами как ^{137}Cs и ^{90}Sr примерно в 2 раза превышает уровень глобальных выпадений, в то время как средняя величина загрязнения $^{239+240}\text{Pu}$ почти в 30 раз выше фона глобальных выпадений. Это является результатом специфики наземного ядерного взрыва, при котором радиоактивные частицы, содержащие тугоплавкие радионуклиды, выпадают по мере движения облака. Эти частицы обеднены легколетучими радионуклидами и нуклидами, имеющими газообразных предшественников, например ^{137}Cs и ^{90}Sr .

В таблице 4 приведены аналогичные данные по пос. Мостик, расположенному на СЗ от пос. Долонь. Здесь только по $^{239+240}\text{Pu}$ наблюдается превышение над уровнем глобальных выпадений примерно в 9 раз.

На рисунке 2 видно, что за пределы полигона распространяется в южном направлении один из радиоактивных следов. Он располагается вблизи Кайнара. Это след радиоактивных выпадений от наземного испытания 24.09.1951 г.

Таблица 3. Плотность загрязнения почвы кБк/м^2 и мощность дозы в поселке Долонь 1991-1993 гг.

Радионуклиды, МЭД	Максимальная	Минимальная	Средняя \pm СКО	Фон глобальных выпадений
^{137}Cs	11	0.74	4.4 ± 3.0	1.8
^{90}Sr	11	0.52	1.8 ± 2.5	1.1
$^{239+240}\text{Pu}$	30	0.037	$3.4\pm 3.7; 5.2\pm 5^*; 8.1\pm 8^{**}$	0.09
МЭД, мкЗв/час	0.021	0.010	0.016 ± 0.002	0.01-0.015
МЭД (2002 г), мкЗв/час	0.012	0.011	0.012	

Примечание: * Данные относятся к северной части поселка Долонь.

** Данные относятся к ареалу поселка Долонь в направлении на север к поселку Мостик.

Таблица 4. Плотность загрязнения почвы кБк/м^2 и мощность дозы в поселке Мостик

Радионуклиды, МЭД	Максимальная	Минимальная	Средняя \pm СКО	Фон глобальных выпадений
^{137}Cs	4.8	0.74	2.0 ± 0.9	1.8
^{90}Sr	2.2	0.74	1.5	1.1
$^{239+240}\text{Pu}$	3.0	0.02	0.8 ± 1.0	0.09
МЭД, мкЗв/час	0.018	0.012	0.014 ± 0.020	0.01-0.015
МЭД (2002), мкЗв/час	0.010	0.009	0.010	0.01-0.015

Таблица 5. Плотность загрязнения почвы (кБк/м^2) и мощность дозы в поселке Кайнар, 1992 г.

Радионуклиды, МЭД	Максимальная	Минимальная	Средняя \pm СКО	Фон глобальных выпадений
^{137}Cs	11	1.1	4.4 ± 2.2	1.8
^{90}Sr	5.2	0.74	1.9 ± 1.4	1.1
$^{239+240}\text{Pu}$	1.0	0.22	0.37 ± 0.30	0.09
МЭД, мкЗв/час	0.020	0.013	0.016 ± 0.002	0.01-0.015
МЭД (2002 г), мкЗв/час	0.014	0.013	0.013	0.01-0.015

Из данных (Табл. 5) следует, что средняя плотность загрязнения почвы в поселке примерно в 2 раза выше уровня глобальных выпадений по осколочным радионуклидам ^{137}Cs и ^{90}Sr и в 4 раза выше по $^{239+240}\text{Pu}$.

След радиоактивных выпадений от самого мощного наземного взрыва 12.08.1953 г. - испытания первого советского термоядерного заряда выпал в юго-восточном направлении, пересек границу полигона и

накрыл пос. Саржал (Рис. 2). По современным данным след не доходит до пос. Карааул 15 км (Рис. 2). Как видно из данных таблицы 6, средняя плотность загрязнения почвы в поселке примерно в 2 раза выше уровня глобальных выпадений по осколочным радионуклидам ^{137}Cs и ^{90}Sr и в 10 раз выше по $^{239+240}\text{Pu}$. В пос. Карааул средняя плотность загрязнения почвы также примерно в 2 раза выше уровня глобальных выпадений по осколочным радионуклидам ^{137}Cs и ^{90}Sr и в

3 раза выше по $^{239+240}\text{Pu}$ (Табл. 7). Показатели по мощности дозы (МЭД) для всех 5 поселков почти не отличаются от регионального фона.

Полученные данные по пробам почвы, отобранным с южной стороны полигона между пос. Саржал и Егиндыбулак, свидетельствуют, что плотность загрязнения почвы ^{137}Cs лежит в интервале 0,37-15 ГБк/км², причем наиболее высокие значения встречаются вдоль дороги Саржал - Карааул, т.е. в

зоне следа выпадений. ^{137}Cs в целом по указанным населенным пунктам распределен на глубину до 10-20 см; за пределами поселков нуклиды содержатся, как правило, в верхнем 10-см слое.

В пос. Кайнар, Саржал и Карааул также отмечается значительная неравномерность величины плотности загрязнения (50-80%) Однако даже максимальные значения плотности загрязнения не превышают критических уровней, а средние значения далеки от них.

Таблица 6. Плотность загрязнения почвы (кБк/м²) и мощность дозы в поселке Саржал, 1992 г.

Радионуклиды, МЭД	Максимальная	Минимальная	Средняя ±СКО	Фон глобальных выпадений
^{137}Cs	11	1.8	4.4±2.6	1.8
^{90}Sr	9.6	1.5	2.6±2.1	1.1
$^{239+240}\text{Pu}$	3.7	0.001	1.0±1.2	0.09
МЭД, мкЗв/час	0.020	0.013	0.016±0.020	0.010-0.015
МЭД(2002), мкЗв/час	0.012	0.011	0.012	0.010-0.015

Таблица 7. Плотность загрязнения почвы (кБк/м²) и мощность дозы в поселке Караул, 1992 г.

Радионуклиды, МЭД	Максимальная	Минимальная	Средняя ±СКО	Фон глобальных выпадений
^{137}Cs	13.7	0.30	3.0±2.6	1.8
^{90}Sr	7.0	0.07	2.2±1.7	1.1
$^{239+240}\text{Pu}$	1.2	0.011	0.31±0.33	0.09
МЭД, мкЗв/час	0.018	0.010	0.014±0.002	0.010-0.015
МЭД(2002), мкЗв/час	0.010	0.009	0.010	0.010-0.015

Гамма-спектрометрический анализ более 500 проб почвы, отобранных в этот же период вокруг полигона, показал, что величина плотности загрязнения ^{137}Cs лежит в интервале значений 0,37-17 кБк/м², имеет пятнистый характер. Основная часть проб по содержанию ^{137}Cs приближается к уровню глобальных выпадений 1,8 кБк/м². Однако на участках дорог (sections) между пос. Кайнар-Саржал-Карааул, а также Долонь и Мостик встречаются ограниченные пятна с повышенными значениями 3,7-7,4 кБк/м², подтверждая таким образом данные аэрогамма-съемки, которая фиксировала следы радиоактивных выпадений от испытаний 1949 и 1953 гг.

Таблица 8. Средние значения плотности загрязнения почвы ^{137}Cs по периметру полигона (на 15.01.93г.)

Участок периметра	Среднее значение плотности загрязнения почвы ^{137}Cs , ГБк/км ² ± СКО
Семипалатинск - Курчатов	1,3± 0,74
Долонь – Мостик	4,0± 0,74
Саржал – Чаган	1,7± 0,81
Кайнар - Карааул	5,1± 0,56
Карааул – Саржал	6,6± 0,67
Муржик – Айрык	2,4 ± 0,92
Айрык – Карашенгель	1,8± 0,81
Карашенгель - Майское	1,6 ± 0,63
Мостик – Семиарка	1,7± 0,67
Кайнар – Егиндыбулак	1,5±0,96

На большей части обследованной территории вдоль периметра СИП плотность загрязнения ^{90}Sr также близка к уровню глобальных выпадений с некоторым повышением на участке около пос. Муржик (3-5 ГБк/км²) и Мостик-Долонь. Вблизи пос. Муржик также встречаются точки с повышенным содержанием плутония. Однако, эта величина 0,74 кБк/м² только в 4 раза выше уровня глобальных выпадений и не являются критическими. В таблице 8 приведены средние ве-

личины плотности загрязнения почвы для отдельных участков вдоль периметра СИП.

Осенью 2002 г. в рамках выполнения работ по проекту МНТЦ К-414-2 нами было проведено краткое мониторинговое обследование вдоль периметра бывшего СИП и тех же 5 населенных пунктов. В ходе этого обследования мы дали ранее обследованным точкам географическую привязку с помощью GPS-прибора "Garmin-12" точную привязку и, а с помощью полевого гамма-спектрометра "Скиф" сняли γ -спектры и измерили мощность дозы γ -излучения. Средние значения мощности дозы по каждому поселку даны в таблицах 3–7 в последней строке. Полученные максимальные величины (второй столбец) оказались меньше, чем предыдущие, что может быть обусловлено и рекультивационными мероприятиями, проведенными в некоторых поселках, а также тем, что в 2002 г., в отличие от 1991-1993 гг., измерения не проводились на приусадебных участках. Данные, полученные методом полевой γ -спектрометрии в 5 поселках показывают, что плотность загрязнения ^{137}Cs находится в интервале значений 0,01-0,08 мкКи/м² (0,37-3,0 кБк/м²), т.е также уменьшилась по сравнению с 1992 г. и надо полагать по тем же самым причинам. Установлена корреляция между величиной МЭД и концентрацией естественных радионуклидов ^{40}K , ^{232}Th , ^{137}Cs , ^{238}U . Это дает основание считать, что зафиксированные в 2002 г. несколько повышенные значения МЭД (в Кайнаре, Саржале и Долони) связаны в первую очередь не с повышенным содержанием ^{137}Cs , а с повышенной естественной радиоактивностью почвы, либо использованных при строительстве автодорог материалов.

Для изучения миграции радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr из почвы и грунтов в питьевые источники на-

селенных пунктов, находящихся вблизи СИП летом 1991-1992 гг. и осенью 1993 г. (для пос. Долонь) проводился повторный отбор проб воды. К сезону 1992 г. чувствительность методики по определению ^{137}Cs была повышена в несколько раз. Обследовались 5 поселков: Долонь, Мостик, Саржал, Караул и Кайнар. Также отбирали пробы воды из р. Иртыш в трех местах: в районе лодочной станции г. Курчатова, в 45 км вверх по течению и в 115 км вниз по течению от г. Курчатова. Пробы воды отбирались из колодцев и скважин, являющихся главными источниками водоснабжения населения указанных поселков. Объем каждой отобранной пробы составлял ~ 10 л. Десятилитровые пробы объединялись для усреднения в одну пробу объемом ~ 100 л для каждого населенного пункта. В полевых условиях проводилось концентрирование проб и в них вносились растворы изотопных носителей ^{134}Cs и ^{85}Sr с активностями примерно по 150 Бк. Из полученного осадка в лабораторных условиях затем проводилось выделение и определение ^{90}Sr и ^{137}Cs . Если бы средняя концентрация радионуклидов в питьевой воде оказалась бы ниже ДКБ всего лишь в 10 раз, то тогда были бы основания полагать, что в одном из источников концентрация либо равна, либо превышает ДКБ. В таком случае нужно было бы анализировать воду из каждого колодца по упрощенной методике с более низкой чувствительностью. Полученные данные представлены в таблице 9.

Таблица 9. Содержание ^{90}Sr и ^{137}Cs в питьевой воде, Бк/л, 1991-1993 гг.

Населенные пункты,	Концентрация в питьевой воде, Бк/л	
	^{90}Sr	^{137}Cs
Долонь	<0.002	<0.02
Мостик	-	0.037
Кайнар	-	0.033
Караул	0.004	0.08
Саржал	0.0035	0.03
Курчатова, водопроводная вода	0,0078	<0,03
Из реки Иртыш		
У пос. Долонь	0,0089	<0,037
У г. Курчатова	0,011	<0,04
У пос. Белогорье	0,016	<0,018
Уровень вмешательства [6]	5.0	11.0

Приведенные в таблице 9 величины свидетельствуют, что содержание ^{90}Sr и ^{137}Cs в питьевой воде в обследованных поселках и р. Иртыш в районе СИП на несколько порядков ниже даже современных допустимых норм [6] и практически совпадают с таковыми для открытых водоемов европейской территории России.

Отбор проб аэрозолей в приземном слое воздуха осуществляли в 1991-1992 гг. с помощью 10 фильтровентиляционных установок. Система отбора аэрозолей функционировала непрерывно в течение 1,5 лет. Как видно из рисунка 1, установки были практически размещены по кольцу вокруг полигона. Из данных (Табл. 10) следует, что концентрация α -активных радионуклидов значительно ниже допустимых уровней (от 900 до 10^7 раз по плутонию). Необходимо отме-

тить, что концентрацию ^{210}Po по его активности в золе аэрозольных фильтров не представилось возможным определить достоверно, так как не известно, какая часть его улетучивается при озолении фильтров. Учитывая то обстоятельство, что ^{210}Po является основным α -излучателем в аэрозолях СИП, необходимо было бы провести специальные анализы для определения истинной концентрации его в аэрозолях.

Таблица 10. Концентрация $^{239+240}\text{Pu}$ и ^{210}Po в воздухе населенных пунктов в 1991-1992 гг., Бк/м³

Место отбора пробы	$^{239+240}\text{Pu}$	^{210}Po
Поселок Долонь	От $3.7 \cdot 10^{-5}$ до $7.5 \cdot 10^{-4}$	$\sim 3.7 \cdot 10^{-4}$
Поселок Кайнар	От $6 \cdot 10^{-4}$ до $3.7 \cdot 10^{-8}$	От $2.2 \cdot 10^{-4}$ до $1.8 \cdot 10^{-4}$
Поселок Саржал	От $3 \cdot 10^{-5}$ до $1.7 \cdot 10^{-6}$	$\sim 3.7 \cdot 10^{-4}$
Поселок Караул	от $3 \cdot 10^{-5}$ до $6 \cdot 10^{-7}$	$\sim 3.7 \cdot 10^{-5}$
Поселки Майское, Егундыбулак	От $3.7 \cdot 10^{-5}$ до $1.8 \cdot 10^{-7}$	$\sim 3.7 \cdot 10^{-4}$
г. Курчатова, поселок Чаган	$\sim 3.7 \cdot 10^{-7}$	$\sim 3.7 \cdot 10^{-4}$
ДКБ* (НРБ-76/87)	$1.1 \cdot 10^{-3}$	$1.1 \cdot 10^{-4}$
ДОА _{нас} (НРБ-2000)	$2.5 \cdot 10^{-3}$	$3.4 \cdot 10^{-2}$

Для оценки радоновой опасности в жилых и рабочих помещениях в пос. Долонь, Саржал, Караул и Кайнар было проведено выборочное обследование (~5% жилого фонда) по определению объемной активности радона. Поселки Долонь, Саржал и Караул расположены в степи на ровной каменисто-глинистой поверхности, пос. Кайнар расположен в предгорье. Для проведения обследования было установлено 190 пассивных радиометров радона, которые экспонировались в течение 1,5 мес. Значений эквивалентной равновесной концентрации радона (при коэффициенте равновесия 0,5), превышающих временные нормативы для новых и старых зданий жилого фонда (100 и 200 Бк/м³ соответственно), не обнаружено.

Таким образом, в 1990-1993 гг. радиационная обстановка в регионе СИП была обусловлена как глобальными выпадениями, так и ранее проведенными атмосферными испытаниями на полигоне. Полученные данные могут быть приняты за исходные для комплексной оценки санитарно-гигиенической обстановки в регионе в целях принятия соответствующих решений по улучшению обстановки в целом. Учитывая действительные значения МЭД и плотностей загрязнения, вряд ли можно ожидать, что население прилегающих к границам полигона населенных пунктов дополнительно получает сейчас среднегодовую эффективную дозу облучения >1 мЗв (0,1 бэр).

Летом 1994 г. о ситуации, сложившейся на северной окраине Долони было сообщено экспертам МАГАТЭ, которые в это время находились с инспекционной миссией на бывшем СИП. В Долонь была организована специальная поездка, отобраны пробы почвы и выполнен их анализ на содержание радионуклидов плутония и определена форма его нахождения (подвижная и неподвижная). Полученные результаты во многом совпали с нашими данными [7].

ЛИТЕРАТУРА

1. Испытания ядерного оружия и ядерные взрывы в мирных целях СССР 1949 - 1990гг. Редактор Михайлов В.Н.. Российский федеральный ядерный центр – ВНИИЭФ. – Саров. - 1996.
2. Дериглазов В.Н., Горин В.В., Мальцев А.Л. Радиационно-экологическая обстановка в прилегающих к Семипалатинскому полигону областях Казахской ССР//Информационный бюллетень. - 1991. - N 4. (Центр общественной информации по атомной энергии).
3. Дубасов Ю.В., Матушенко А.М., Филонов Н.П. Семипалатинский испытательный полигон: оценивая радиологические последствия // Бюллетень Центра общественной информации по атомной энергии. - 1993. Спецвыпуск 20 янв.
4. Дубасов Ю.В., Кривохатский А.С., Филонов Н. П. Радиационная обстановка за пределами Семипалатинского полигона. /Бюллетень ЦОИ по атомной энергии. - 1993. - № 9. - С 5-10.
5. Yu. Dubasov, A. Krivokhatskii, K. Kharitonov, V. Gorin. Radioactive contamination of the Semipalatinsk testing ground and adjacent territories in consequence of atmospheric nuclear tests in 1949-1962. International Symposium on Remediation and Restoration of Radioactive-contaminated Sites in Europe, 11-15 October 1993, Proceedings, Antwerpen (1994).
6. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99), Минздрав России. -1999.
7. M. Gastberger, A. Hubmer, F. Steinhausler et al. Plutonium in soil from Dolon` near the Semipalatinsk nuclear test site. Radiochimica acta 2001. -V. 89. -№6. -P 371-375.

**СЕМЕЙ ПОЛИГОННЫҢ АЙНАЛАСЫНДА ЖӘНЕ
ІРГЕЛЕСКЕН ПОСЕЛКІЛЕРДЕ РАДИАЦИЯЛЫҚ ЖАҒДАЙЫ**

Дубасов Ю.В., Пахомов С.А., Шагин Б.О.

"В.Г.Хлопин атындағы радиолық институты" ҒӨҰ, Ресей, С.-Петербург

1990-1993жж. Семей полигонның аумағының айналасында жер үстіндегі және авиациялы техникалық жабдықтармен тексеру жұмыстары өткізілді. Тексеру кезінде экспозициялы дозалардың күштілігінің анықтамасы өткізілді топырақпен өсімдіктердің үстіртті ластанудың тығыздығын, ⁹⁰Sr мен ¹³⁷Cs судағы құрамын, үй-жайларда атмосфердық ауадан және родоннан аэрозольдық бақылау пробалары іріктелді. Полигон шекарасымен іргелескен Долонь, Қайнар, Саржал, Қараауыл, Мостик, Майск, Егіндібұлақ, және Шаған елді мекендерде радиациялық жағдай бойынша үлкен көлемде зерттеулер өткізілді. Аэро-және жерг үсті әдістемелердің көмегімен ортақ ауқымды 30мың км²-ден аса аумақтарды зерттеулер өткізілді.

RADIATION SITUATION AROUND THE SEMIPALATINSK TEST SITE AND ADJACENT SETTLEMENTS

Y.V. Dubasov, S.A. Pakhomov, B.O. Shagin

V.G.Khlopin Radium Institute, St.-Petersburg, Russia

In 1990 -1993 special purpose radiation survey of the territory around the Semipalatinsk Test Site by both aero both gamma spectrometry and surface means. During the survey exposure dose rate (EDR) were determination as well as soil and vegetation surface radionuclide contamination densities ⁹⁰Sr and ¹³⁷Cs content in water was also determined, control aerosols samples were taken from atmospheric air and those of radon in dwellings. Large volume of investigations was carried out on radiation situation in settlements Dolon`, Kainar, Sarzhal, Karaul, Mostik, Mayskoe, Egendybulak and Shagan adjoining to Test Site boundaries. By air and ground methods a territory was surveyed. By aerogamma spectrometry a territory was surveyed having the area of more then 30 thousand km². The priority in works was given to five settlements survey that is, of Dolon`, Mostik, Kainar, Karaul and Sarzhal, situated at the distance of 100 -200 km from Ground Zero (Opytnoe Pole) where surface nuclear tests conduction and influence by radioactive fallout most of all.

УДК 504.53:539.16

**РАДИОНУКЛИДНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВЫ ЮГО-ВОСТОЧНОГО РАЙОНА БЫВШЕГО
СЕМИПАЛАТИНСКОГО ЯДЕРНОГО ПОЛИГОНА ВБЛИЗИ пос. САРЖАЛ**

¹Приест Н., ²Буркитбаев М., ³Артемьев О.И., ⁴Лукашенко С., ⁵Митчелл П.,
⁵Винтро Л., ³Стрильчук Ю.Г., ³Умаров М.А., ²Омарова А., ²Куянова Л., ⁴Жанпейсова Г.

¹*Миддлсекский университет, Лондон, Великобритания*

²*Казахский национальный университет им. Аль-Фараби, Алматы, Казахстан*

³*Институт радиационной безопасности и экологии НЯЦ РК, Курчатов, Казахстан*

⁴*Институт ядерной физики НЯЦ РК, Алматы, Казахстан*

⁵*Университет Дублина, Дублин, Ирландия*

Показано, что наиболее загрязненными локальными участками юго-восточного района СИП вблизи п. Саржал являются места проведения экскавационных взрывов Телькем-1 и Телькем-2. Продуктами деления ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr и компонентами ядерного горючего ^{239,240}Pu и ²⁴¹Am загрязнены почвы в радиусе около 600 метров от эпицентра взрыва.

ВВЕДЕНИЕ

Поселок Саржал расположен на юго-восточной границе бывшего Семипалатинского испытательного полигона (СИП). Известно [1], что район этого населенного пункта неоднократно подвергался радиационному воздействию от радиоактивных выпадений ядерных испытаний. Наиболее значительное загрязнение было вызвано испытанием первого термоядерного устройства 23.08.1953 г. Также потенциальным источником радиационной опасности для жителей поселка остаются расположенные в нескольких десятках километров от населенного пункта места проведения экскавационных взрывов – Телькем-1 и Телькем-2. В результате заполнения образованных после взрыва воронок грунтовыми водами образовались два искусственных озера. Визуальные наблюдения свидетельствуют об использовании воды этих искусственных водоемов для водопоя животных. Кроме того, радиационная опасность для местного населения также может быть обусловлена относительной близостью горного массива Дегелен, в штольнях которого было проведено более двухсот ядерных взрывов. Несмотря на закрытие штолен, отмечен неконтролируемый выход из них на дневную поверхность вод, содержащих значительные количества продуктов деления, продуктов активации и не прореагировавшего ядерного горючего [2]. Рельеф местности, а именно, перепад высот от горного массива к относительно равнинной территории вблизи п. Саржал составляет несколько сот метров. Это позволяет предположить, что в результате миграции искусственных радионуклидов от горного массива Дегелен с поверхностными и грунтовыми водами может произойти загрязнение ими почвы вдоль русел ручьев и даже источников питьевой воды в поселке.

Снимок этой местности, сделанный из космоса, четко свидетельствует, что этот район традиционно являлся сельскохозяйственным. После закрытия полигона богатая степной растительностью равнинная ме-

стность между горным массивом Дегелен и п. Саржал стала заново активно использоваться местным населением для выпаса скота и заготовки сена. В летнее время на этой территории постоянно функционируют несколько ферм животноводческих хозяйств.

Целью настоящей работы являлось определение содержания в почве искусственных радионуклидов, образовавшихся в результате ядерных взрывов и оценка радиационного риска для жителей п. Саржал от использования в сельскохозяйственной деятельности земель юго-восточной части бывшего СИП. Было важно классифицировать земли этой местности с точки зрения безопасности их использования для выпаса скота и заготовки сена [3].

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Общее радиологическое обследование для изучения территории проводилось в течение трех полевых летних сезонов в составе Международной экспедиции с участием сотрудников ИРБЭ НЯЦ РК, ИЯФ НЯЦ РК и КазНУ им. Аль-Фараби.

В общей сложности за эти три сезона были проведены радиометрические измерения и отобраны пробы в 200 точках исследуемой местности. Определение географических координат местоположения точек отбора проб природной среды проводили с помощью спутникового навигационного прибора GPS (Garmin GPS 12 XL). В выбранных точках местности проводили замер воздушной кермы на расстоянии 1 м от поверхности земли с использованием прибора Mini 6-80 с детектором типа MC-71 (Saint-Gobain Crystal and Detector Ltd), снабженного компенсатором энергии. В каждой точке проводили также замер плотности потока α - и β -частиц с использованием α - и β -сцинтилляционных радиометров (Harwell Instruments Ltd с рабочей поверхностью 200 см²). В каждой точке измерения отбирали образцы почвы (площадь отбора 100×100 мм; глубина 0-10 см). В каждой десятой точке проводили отбор проб для изучения распределения радионуклидов по глубине почвы: 0-5, 5-10, 10-15 см. В ряде точек вокруг искусственных водо-

емов Телькем-1 и Телькем-2 проводили полевые γ -спектрометрические измерения с использованием полевых γ -спектрометров с полупроводниковыми детекторами из особо чистого германия. Эти спектрометры входят в комплект мобильной полевой радиологической лаборатории на базе машины Форд

Из отобранных проб почвы готовились препараты для γ -спектрометрического и радиохимического анализов, которые проводились по общепринятым сертифицированным методикам в лабораториях ИРБЭ и ИЯФ НЯЦ РК. Проводили γ -спектрометрический анализ на содержание как природных радионуклидов ^{40}K , ^{232}Th , ^{238}U , так и искусственных – ^{137}Cs , ^{60}Co , ^{152}Eu , ^{154}Eu , ^{155}Eu и ^{241}Am . Определение содержания ^{90}Sr проводили после его радиохимического выделения в чистом виде радиометрическим и β -спектрометрическим методами. Определение содержания ^{239}Pu и ^{240}Pu проводили α -спектрометрическим методом после их предварительного радиохимического выделения. В качестве трассера использовали радионуклиды ^{242}Pu , ^{236}Pu .

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На рисунке 1 представлены данные по измерению воздушной кермы на расстоянии 1 м от поверхности земли исследуемой территории. Результаты интерпретированы с применением ГИС технологии (Arc-View GIS). Средняя величина воздушной кермы на всей территории исследованного района составила всего 0,07 мкЗв/ч. Из данных (Рис. 1) видно, что значения мощности дозы γ -излучения находятся в пределах нормы. Самая высокая мощность дозы γ -излучения наблюдается в восточной части горного массива Дегелен и в районе проведения экскавационных взрывов – озер Телькем-1 и Телькем-2. Последствий от взрывов на обследованных территориях вблизи озер Телькем-1 и Телькем-2, в целом, не обнаружено. Однако мощность дозы внутри и на наружных сторонах кратеров озер в три раза превышали значения, измеренные за их пределами на расстоянии более 100 метров. Максимальное значение мощности дозы у кратеров составило 0,23 мкЗв/ч. Мощность дозы воздушной кермы на территории п. Саржал отвечает среднемировому значению.

Плотность потока α -частиц с поверхности земли составляет, в среднем, 0,3 импульса ($\text{см}^2 \times \text{мин}$). Как можно видеть из рисунка 2, наибольшая плотность потока α -частиц наблюдается на поверхности почвы в районе проведения экскавационных взрывов, что обусловлено загрязненностью этой местности продуктами ядерного горючего – ^{239}Pu , ^{240}Pu и их примесным радионуклидом ^{241}Am (Рис. 5,6).

Относительно высокое значение плотности потока α -частиц у восточного подножия горного массива Дегелен обязано своим происхождением естественным радионуклидам ^{238}U и ^{232}Th .

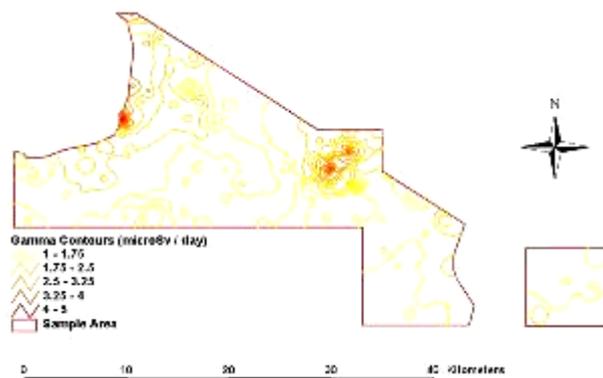


Рисунок 1. Значения воздушной кермы на расстоянии 1 м от поверхности земли исследуемой территории



Рисунок 2. Распределение плотности α -излучения

Средний уровень содержания ^{40}K в исследованных образцах почвы составляет ~ 536 Бк/кг и практически не меняется с глубиной почвы, по крайней мере, в слое 0-15 см, что, в целом, характерно для этого радионуклида. Гомогенно распределены в почве также уран и торий с концентрацией 21 Бк/кг, что также типично для почв Семипалатинского региона.

Наибольший интерес, естественно, вызывал вопрос содержания в пробах почвы искусственных радионуклидов – продуктов деления, таких как ^{137}Cs и ^{90}Sr и, особенно, не прореагировавшего оружейного ^{239}Pu и примесного к ним ^{241}Am . Карты площадного распределения этих радионуклидов в почве исследованной территории показаны на рисунках 3-6.

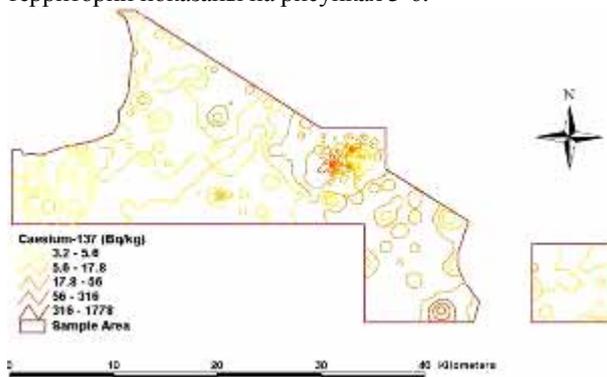


Рисунок 3. Концентрационная карта распределения в почве ^{137}Cs

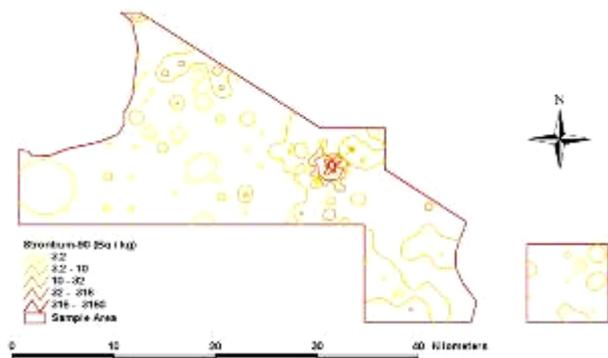


Рисунок 4. Концентрационная карта распределения в почве ^{90}Sr

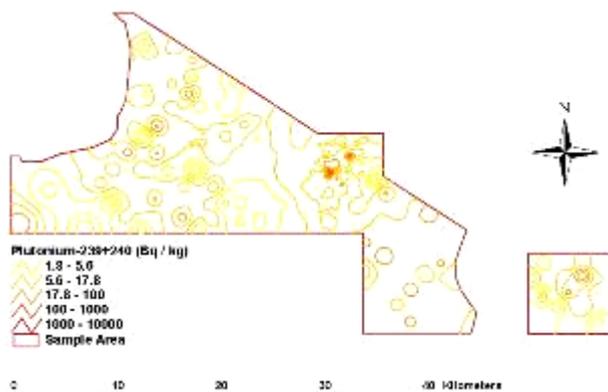


Рисунок 5. Концентрационная карта распределения в почве $^{239,240}\text{Pu}$

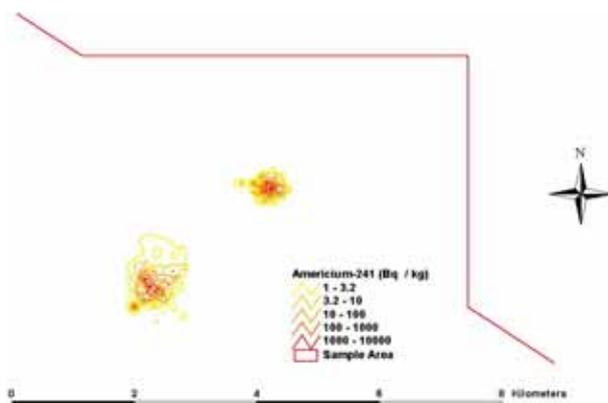


Рисунок 6. Концентрационная карта распределения в почве ^{241}Am

Данные, приведенные на этих рисунках, также наглядно подтверждают сделанный ранее вывод, что искусственные радионуклиды, загрязнившие изучаемую местность в результате ядерных испытаний, сконцентрированы, в основном, в локальных зонах проведения экскавационных взрывов. Наибольшая плотность загрязнения почв ^{137}Cs в южной части исследуемого региона СИП обусловлена, по-видимому, радиоактивными выпадениями от юго-восточного следа, возникшего в результате взрыва первого термоядерного устройства в августе 1953 г. За исключением вышеназванных зон, среднее со-

держание ^{137}Cs в почвах составляет 30-40 Бк/кг, что незначительно превышает уровень глобальных выпадений, составляющий ~ 35 Бк/кг (150 мКи/км^2). Содержание ^{90}Sr в почвах составляет, в среднем, 12-15 Бк/кг, что примерно соответствует глобальному уровню ~ 16 Бк/кг (70 мКи/км^2) (Рис. 4).

Наибольшее содержание $^{239,240}\text{Pu}$ обнаружено в донных отложениях озер Телькем-1 и Телькем-2, а также в образцах почвы, отобранных внутри кратеров. Удельная активность плутония доходит до 200 кБк/кг сухого донного отложения. Уровень удельной активности плутония в кратерах достигает 30 кБк/кг, но наблюдается снижение активности с ростом расстояния от эпицентра взрыва. Так, например, на внешней стороне кратера Телькем-2 удельная активность плутония падает до 3400 Бк/кг и в дальнейшем составляет 2400 Бк/кг на расстоянии 100-200 м от эпицентра; на расстоянии 300-400 м – 54 Бк/кг. На расстоянии 600 м уровень активности плутония приближается к фоновому значению, характерному для территории СИП. Гранулометрические измерения показали, что оружейный плутоний, в основном, вовлечен во фракции частиц размерами более 63 мкм.

Особенно четко локальный характер загрязнения почвы актиноидами можно видеть из рисунка 6. В масштабе этого рисунка места проведения экскавационных взрывов выглядят как точечные источники радионуклидного загрязнения.

Содержание ^{241}Am в образцах почвы кратеров достигает 10 кБк/кг, а на расстоянии нескольких сот метров от эпицентра взрывов содержание ^{241}Am , в целом, уменьшается, изменяясь от образца к образцу от 20 до нескольких сот Бк/кг. По-видимому, такой разброс значений связан с наличием в образцах почвы макроскопических техногенных образований в виде "горячих частиц", включение которых в усредненный и гомогенизированный образец почвы может приводить к значительному разбросу концентрации актиноидов.

Таким образом, проведенные исследования показали, что наиболее загрязненными локальными участками юго-восточного района СИП вблизи п. Саржал являются места проведения экскавационных взрывов Телькем-1 и Телькем-2. Продуктами деления и активации ^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{60}Co , ^{152}Eu , ^{154}Eu , ^{155}Eu и компонентами ядерного горючего $^{239,240}\text{Pu}$ и ^{241}Am загрязнены почвы в радиусе 600 метров от эпицентра взрыва. В то же время, не были обнаружены протяженные радиоактивные следы от экскавационных взрывов, и в настоящее время их можно рассматривать как точечные источники радионуклидного загрязнения. За исключением вышеуказанной зоны, в целом, в исследованном районе СИП не обнаружены участки с радиоактивным загрязнением поверхностного слоя почвы, которые могли бы препятствовать проведению сельскохозяйственной деятельности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ядерные испытания СССР. Семипалатинский полигон: обеспечения общей и радиационной безопасности ядерных испытаний. / Кол. авторов под рук. В.А. Логачева. - М.: Вторая типография ФУ "Медбиоэкстрем" при Минздраве России, 1997.
2. Информационный отчет по теме РЦНТП "Развитие атомной энергетики в Казахстане". - Курчатов, ИРБЭ. – 2002.
3. N.Priest, M.Burkitbayev, O.Artemyev, S.Lukashenko. Investigation of the Radiological Situation in the Srzhhal Region of the Semipalatinsk Nuclear Test Site. Nato Semirad, Project: SfP-976046(99), September 2002. – 88p, February 2003. – 103p.

БҰРЫНҒЫ СЕМЕЙ ПОЛИГОННЫҢ ОҢТҮСТІК - ШЫҒЫС АУДАНЫНДАҒЫ САРЖАЛ АУЫЛЫНЫҢ МАҢЫНДАҒЫ ТОПЫРАҚТЫҢ РАДИОНУКЛИДТІК ЛАСТАНУЫ

¹)Приест Н., ²)Буркитбаев М., ³)Артемьев О., ⁴)Лукашенко С., ⁵)Митчелл П.,
⁵)Винтро Л., ³)Стрильчук Ю., ³)Умаров М., ²)Омарова А., ²)КуяноваЕ., ⁴)Жанпеисова Г.

¹)Middlesex University, London, United Kingdom

²)Әл – Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

³)ҚР ҰЯО Радиациялық қауіпсіздік және экология институты, Курчатов, Қазақстан

⁴)ҚР ҰЯО ядролық физика институты, Алматы, Қазақстан

⁵)Dublin University, Dublin, Ireland

СПП оңтүстік – шығыс ауданының Саржал ауылының Телкем – 1, Телкем – 2 экскавациялық жарылыстар болған жергілікті учаскелер көбірек ластанған деп көрсетілді. Тағам бөлінісі ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr және ²³⁹⁻²⁴⁰Pu, ²⁴¹Am ядролық жанар-май құрауыштармен жарылыс эпицентрінен радиусы 600 метр шамасында топырақ ластанған.

RADIONUCLID CONTAMINATION OF THE SOIL of THE SOUTH-EASTERN REGION OF THE FORMER SEMIPALATINSK NUCLEAR TEST SITE NEAR THE SARZHAL SETTLEMENT

¹)T. Priest, ²)M. Burlitbaev, ³)O. Artemyev, ⁴)S. Lukashenko, ⁵)P. Mitchell,
⁵)L. Vintro, ³)Yu. Strilchuk, ³)M. Umarov, ²)A. Omarovs, ²)L. Kuyanova, ⁴)G. Zhanpeisova

¹)Middlesex University, London, Great Britain

²)Kazakh National University of Al-Farabi, Almaty, Kazakhstan

³)Institute of Radiation Safety and Ecology of the NNC of the RK, Kurchatov, Kazakhstan

⁴)Institute of the Nuclear Physics of the NNC of the RK, Almay, Kazakhstan

⁵)Dublin University, Dublin, Ireland

It is shown that the most contaminated local areas of the South-East region of the STS near the Sarzhal settlement are the areas of the excavation exposures Telkem-1 and Telkem-2. The soil is contaminated by the fission products ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr and components of nuclear fuel ^{239,240}Pu and ²⁴¹Am in radius of 600 meters from the epicenter of the explosion.

УДК 577.4.001

РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА В КАЗАХСТАНЕ¹Берикболов Б.Р., ²Буркитбаев М., ¹Шишков И.А.¹АОА "Волковгеология", Алматы²Казахский национальный университет им. Аль-Фараби, Алматы

Рассмотрены основные источники радионуклидного загрязнения, ответственные за создание напряженной радиоэкологической обстановки в Казахстане. Радиоэкологическая ситуация обусловлена главным образом действиями военно-промышленного комплекса бывшего Советского Союза, предприятиями горнорудной и уранодобывающей и ураноперерабатывающей промышленности а также нефтегазовой промышленностью.

ВВЕДЕНИЕ

Охрана окружающей среды должна быть одним из неоспоримых приоритетов развития любой страны. Не выполнение этого общечеловеческого положения приводит к серьезным экологическим проблемам. В этом смысле Казахстан известен как страна со сложной экологической ситуацией, возникшей в результате экстенсивной деятельности промышленной системы бывшего Советского Союза, полностью игнорировавшего природоохранные мероприятия. Экологическая обстановка в целом по стране усугубляется также сложной радиоэкологической обстановкой. В значительной мере это связано также с деятельностью промышленных и оборонных предприятий Советского Союза. Реабилитация территорий, загрязненных радионуклидами является важной и сложной экономической, социальной и экологической проблемой. Эти проблемы, порожденные бывшей государственной системой, легли на плечи относительно молодого государства Казахстан.

В настоящей работе представлены данные об основных источниках радионуклидного загрязнения территории Казахстана.

**ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ РАДИОАКТИВНОГО
ЗАГРЯЗНЕНИЯ**

В настоящее время основными факторами, вызывающими напряженность радиационной обстановки в стране являются:

- Загрязнения поверхности земли искусственными радионуклидами, образованными в результате многочисленных ядерных взрывов, проводившихся на территории Семипалатинского и других ядерных полигонов [1-4];
- Наличие большого количества очагов радиационного загрязнения в виде радиоактивных отвалов горных пород и сбросов вод при геологоразведочных и эксплуатационных работах на месторождениях урана, полиметаллов и редких земель [5-7], а также нефти и угля [8];
- Высокий радиационный фон в регионах, вмещающих урановорудные и торий-редкометалльные провинции, рудные районы и

отдельные площади развития горных пород с повышенной радиоактивностью [5,6];

- Широкое распространение природных грунтовых и подземных вод с высокими содержаниями радионуклидов в районах распространения гидротермальных месторождений урана [10,11]. Имеющиеся данные позволяют отметить экологическую опасность содержащихся в природных водах естественных радионуклидов.

По своему происхождению перечисленные факторы представляют собой источники природных, техногенных и искусственных типов загрязнения.

Природные типы загрязнения, обусловлены тем, что Казахстан представляет собой уникальный урановорудный регион, в котором по оценочным данным сосредоточено около 30% мировых запасов урана [5,6], вследствие чего территория страны характеризуется:

- высоким природным радиационным фоном земной поверхности в регионах, вмещающих урановорудные и торий-редкометалльные месторождения;
- высоким содержанием радионуклидов в природных водах урановорудных провинций [10,11].

Большинство из многочисленных урановых месторождений сосредоточено в 5-ти урановорудных провинциях и нескольких ураноносных районах [4, 5].

Северо-Казахстанская и *Бетпадала-Чу-Илийская* урановорудные провинции характеризуются выходами на дневную поверхность специализированных на уран геологических формаций палеозойского возраста, отличающихся повышенными фоновыми содержаниями урана и тория. Кроме этого, здесь имеется очень много типичных для аридных зон локальных приповерхностных инсоляционно-эвапорационных скоплений урана.

Чу-Сарысуйская и *Сырдарьинская* урановорудные провинции размещаются в осадочных бассейнах краевой части Туранской плиты и содержат крупные пластово-инфильтрационные урановые месторождения, контролируемые региональными фронтами зон пластового окисления в водоносных горизонтах мела и палеогена. Вдоль этих фронтов сформировались обширные ореолы пластовых вод, непригодных для питьевого водоснабжения из-за

аномально высоких концентраций в них природных радионуклидов [10,11].

Основные урановорудные провинции и породные уран-ториевые аномалии, определяющие повышенный естественный радиационный фон и уровень дозовой нагрузки на население Казахстана за счет внешнего γ -излучения, вдыхания радона и поступления радионуклидов с водой и пищей, размещаются в *восточной половине* республики – к востоку от меридиана г.Кызылорда. На этой территории распространены выходы интрузивных и эффузивных пород с повышенным содержанием естественных радионуклидов [5,6]. Имеется ряд крупных тектонических разломов с повышенным эманированием, что приводит к значительному увеличению концентрации радона и его дочерних продуктов распада, действие которых становится доминирующим в коллективной дозе облучения населения [12].

В западной половине Казахстана располагается лишь один урановорудный район–Прикаспийский, который характеризуется единым сорбо-биогенным типом комплексного скандий-редкоземельно-уран-фосфорного оруденения. Месторождения этого типа большей частью отработаны открытым способом, часть законсервирована. На месте отработки этих месторождений остались карьеры, отвалы, а также большое количество производственного оборудования, которые могут быть радиоактивно загрязненными и требуют утилизации как радиоактивные отходы.

Техногенные источники радионуклидного загрязнения, связаны с перераспределением природных радионуклидов в результате производственной деятельности. Наиболее масштабные негативные изменения окружающей среды вызваны многолетним функционированием предприятий уранодобывающих и ураноперерабатывающих комплексов и связанных с ними геологоразведочных работ. В период СССР Казахстан являлся основным поставщиком урана, который добывался горнорудным способом из гидротермальных месторождений.

Основную часть отходов ураноперерабатывающей промышленности представляют отходы шахт и хвосты рудообогатительных фабрик, действовавших при рудниках, которые по активности можно отнести к низко- и среднеактивным радиоактивным отходам [13]. Радиационная опасность от этих отходов заключается в возможности их дефляции, выделения радона и загрязнении подземных вод [10,11].

По оценкам, проведенным в [13] радиоактивные отходы *урановой горнодобывающей и горноперерабатывающей промышленности*, в процессе деятельности которой было добыто более 80 тысяч тонн урана, составляют 222 млн. тонн с суммарной активностью около 250 тыс. Кюри, причем только в хвостохранилище Прикаспийского горнометаллур-

гического комбината сконцентрировано 173 млн. тонн активностью 187 тыс. Кюри.

Установлено, что уровень мощности радиационной дозы от каждого из брошенных отвалов превышает ПДК более чем в 50 раз [13]. Разнос радионуклидов в виде пылевидных аэрозолей может распространяться на десятки километров.

До последнего времени в стороне от общественного внимания оставался еще один источник радиационной опасности, постоянно сопровождающий технологические процессы по добыче и переработке нефти. Это - почва и пластовые воды в районах добычи нефти, которые содержат повышенную концентрацию природных радионуклидов урана, тория, а также продуктов их распада. Природные радионуклиды концентрируются и осаждаются в местах сбросов нефтяных вод, а также на стенках технологического оборудования и трубопроводов, достигая активностей по α - и γ -излучению в сотни и тысячи раз, превышающие фоновые значения и сопоставимы с классами низко- и среднеактивных радиоактивных отходов [8,9]. Так содержание ^{226}Ra и ^{232}Th в верхнем слое почвы на полях испарения составляют десятки тысяч Бк/кг [8]. Таким образом, в нефтеносных регионах Казахстана существует серьезная проблема радиационной опасности, требующая разработки методов дезактивации и обеззараживания почв и бывших в употреблении технологических труб.

По подсчетам [14] радиоактивные отходы от *неурановых* предприятий составляют 2,36 млн. тонн с активностью 128 Кюри. Основная часть этих отходов (98%) образуется на нефтепромыслах Западного Казахстана.

Кроме того, на некоторых урановых месторождениях верхние окисленные части пластов содержат урановое оруднение и подлежат хранению, как радиоактивные отходы [14].

Загрязнение **искусственными радионуклидами** территории Казахстана связано:

- с многолетним испытанием ядерного оружия на Семипалатинском ядерном испытательном полигоне, занимающего площадь в 18 500 км² [1,2,4], а также ядерными взрывами для так называемых "мирных" целей [3];
- с функционированием ядерных промышленных и исследовательских реакторов, один из которых, промышленный реактор БН-350 (г. Актау), в настоящее время остановлен;
- с использованием источников ионизирующих излучений (ИИИ) в промышленности, медицине, науке.

Согласно официальным данным [1,2] на Семипалатинском испытательном полигоне (СИП) с 1949 по 1989 гг. было произведено 456 ядерных испытаний, с использованием 607 ядерных зарядов в результате 116 атмосферных ядерных испытаний, в том числе 86 воздушных, 30 наземных и 340 подземных испытаний. Наибольший ущерб окружаю-

щей среде оказали ядерные испытания в атмосфере, которые проводились с 1949 по 1962 гг на СИП. Только в результате ядерных атмосферных взрывов общей мощностью 6,3 Мт в биосферу было выброшено около 0,1 МКи ^{90}Sr и 0,2 МКи ^{137}Cs [1].

Дополнительный вклад в радиоактивное загрязнение территории создали 85 гидроядерных эксперимента, в результате которых проходило деспергирование искусственных радионуклидов на местности [1,2]. В результате вышеуказанных испытаний территория бывшего СИП, а также прилегающей к ней местности (включая Алтайский край России) оказалась загрязненной искусственными радионуклидами.

По данным [1,2] радионуклидное загрязнение территории СИП носит характер "пятен", различающихся по размерам и плотности загрязнения. Наименее изученной является загрязненность территории СИП альфа излучающими радионуклидами [4]. В настоящее время территория бывшего СИП является открытой для проведения совместных радиэкологических исследований в рамках Международных проектов [15].

Ситуация вокруг Семипалатинского региона стала причиной серьезной озабоченности народа и правительства Казахстана, которое объявило этот регион зоной экологического бедствия. Генеральная Ассамблея ООН Резолюцией 53 Сессии (от 12.11.1998 г.) "Международное сотрудничество и координация деятельности в целях реабилитации населения, экологии и экономического развития Семипалатинского региона в Казахстане" призвала Международные Фонды и организации к оказанию помощи в реабилитации здоровья населения и экосистемы в регионе.

Кроме ядерных взрывов на СИП проводились подземные ядерные испытания в мирных, народнохозяйственных целях. Всего таких испытаний было проведено 39 в семи областях Казахстана [3]. Эти взрывы проводились с целью отработки промышленных взрывных технологий; создания подземных емкостей и искусственных водоемов; сейсмического зондирования земли. Так на объекте "Лири", расположенном в Западном Казахстане, с целью создания подземных емкостей-хранилищ для газоконденсата в соляных куполах на глубине около 1 км было проведено 6 подземных ядерных взрывов [3]. Потенциальная экологическая опасность последствий этих взрывов до сих пор не исследована. Определенную тревогу вызывает также, расположенный вблизи границы Казахстана, китайский испытательный полигон Лоп-Нор.

Радиационная опасность ядерных полигонов заключается, прежде всего, во вторичном атмосферном переносе радионуклидов на заселенные сосед-

ние районы, а также их проникновением в подземные и поверхностные воды.

Суммарная активность радиоактивных отходов *ядерных полигонов* составляет 12,9 млн. Кюри общей массой 12,3 млн. тонн, из которых 6,5 млн. тонн накопилось в подземных полостях и 5,8 млн. тонн – на поверхности в местах проведения ядерных взрывов [13].

Отходы ядерной энергетики, связанные с использованием реакторов, составляют 15 тыс. тонн активностью 2,32 млн. Кюри, в том числе 450 тонн активностью 1,9 млн. Кюри – высокоактивные отходы, связанные с работой энергетического реактора БН-350, для которых проблема их захоронения еще не решена [13].

Кроме того, по оценочным данным [13] ежегодно в обращении находятся до 100 тысяч источников ионизирующего излучения, используемых в промышленности, медицине, научных исследованиях, отходы предприятий, использующих *изотопную* продукцию, составляют общей активностью до 25000 Кюри.

Правительство Казахстана принимает все усилия для оздоровления ситуации с радиоактивным загрязнением территории страны. За последние годы приняты ряд государственных программ и нормативных документов, действие которых позволит регулировать и осуществлять контроль за радиационной безопасностью [16].

Выводы

Таким образом, Казахстан в силу особенностей геологического строения его территории, богатства природными урансодержащим и углеводородным ресурсами, а также исторических условий развития в системе бывшего СССР в качестве сырьевой базы военно-промышленного комплекса и полигонов для ядерных испытаний, как ни одна страна в мире накопил богатый и печальный опыт отношений с величайшим открытием XX столетия – радиоактивностью. Значительная часть территории страны оказалась загрязненной природными и искусственными радионуклидами. Сложнейшим для государства является решение проблемы реабилитации загрязненных радионуклидами территорий и проблема утилизации и захоронения радиоактивных отходов. Решение этих проблем невозможно без участия мирового сообщества. Вместе с тем сложившаяся в Казахстане радиэкологическая ситуация предоставляет уникальную возможность для проведения широкого круга радиэкологических исследований и практической реализации их результатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ядерные испытания СССР. Семипалатинский полигон. Под редакцией В. А. Логачева. – Москва. - 1997.-320с.
2. Семипалатинский испытательный полигон. (создание, деятельность, конверсия). Под редакцией В. С. Школьника – Алматы. - 2003. -344с.
3. Мирные ядерные взрывы: обеспечение общей и радиационной безопасности при их проведении. Под редакцией В. Л. Логачева. М.: ИздАТ. - 2001. -519с.
4. Radiological conditions at the Semipalatinsk Test Site, Kazakhstan:Preliminary assessment and Recommendations for further study.IAEA, Vienna. - 1998.
5. Петров Н.Н., Язиков В.Г., Берикболов Б.Р. Урановые месторождения Казахстана (эндогенные) Алматы: Гылым. - 2000.
6. Петров Н.Н., Язиков В.Г., Аубакиров Х.Б. Урановые месторождения Казахстана (экзогенные) Алматы: Гылым. - 1995.
7. Сорока Ю.Н., Молчанов А.И. Обследование радиационной обстановки в районе действия ПО "Казвольфрам".- Цветная металлургия.- №2. - 1998.
8. Радиозэкологическая обстановка на территории Республики Казахстан (нефтепромысловые районы Западного Казахстана).Под редакцией Н.И.Баева. - Алматы. - 1997. -67с.
9. Сыромятников Н.Г., Козловский А.А. Природа и источник высокой радиоактивности солевых отложений на стенках труб нефтяных скважин месторождения Жетыбай. Геодинамика и минерагения Казахстана. Часть 2. Алматы: РИО ВАК РК. - 2000. - С.157-164.
10. Ефремов Г.Ф., Юдин С.С. Масштабы загрязнения природных вод естественными радионуклидами и их связь с особенностями геологии и климата РК. Геология Казахстана.- 1998. - №2. - С.117-122.
11. Сыромятников Н.Г. Экологическая значимость содержания естественных радионуклидов в подземных водах на участках рудных месторождений и населенных пунктов Казахстана. Геология Казахстана.- 2001. - №1. - С. 73-79.
12. Учебно-методическое руководство по радиозэкологии и обращению с радиоактивными отходами для условий Казахстана. – Алматы. - 2002. - 304с.
13. Концепция захоронения радиоактивных отходов РК. - Алматы. ААЭ РК. - 1993.
14. Программа ликвидации очагов радиоактивного загрязнения при разведке урановых месторождений. – Алматы. - 2002.
15. N.Priest, M.Burkitbayev, O.Artemyev. Investigation of the radiological situation in the Sarzhai region of the Semipalatinsk Nuclear Test Site. Final Report NATO SFR-976046(99). 2003.
16. Сборник законодательных актов РК.Т.1.Информационно-презентационный центр минерально-сырьевого комплекса РК. - 1997.

ҚАЗАҚСТАНДАҒЫ РАДИОЭКОЛОГИЯЛЫҚ ЖАҒДАЙ

¹⁾ Берікболов Б.Р., ²⁾ Бүркітбаев М., ¹⁾ Шишков И.А.

¹⁾ АОА "Волковгеология", Алматы

²⁾ Әль-Фараби атындағы қазақ ұлттық Университеті, Алматы

Қазақстандағы кернеулі радиозэкологиялық жағдайлардың тудыруына жауапты, радионуклидті ластанудың негізгі көздері қарастырылды. Радиозэкологиялық жағдайлар бұрынғы Совет Одағының әскери- өнеркәсіп комплексінің ісінен, таукен мен уран өндіретін және уранды қайта өңдейтін өндірістерде, сонымен қатар мұнайгаз кәсіпорындарының әсерінен болған.

RADIOLOGICAL SITUATION IN KAZAKHSTAN

¹⁾Berikbolov B.R., ²⁾Burkitbayev M., ¹⁾Shishkov I.A.

¹⁾JSC "Volkovgeology", Almaty

²⁾Al-Farabi Kazakh National University, Almaty

The main sources of radionuclides accountable for creation of the tight radioecological conditions in Kazakhstan are reviewed. The radioecological situation is conditioned mainly by operating of a military-industrial complex of the former Soviet Union, firms ore mining both uranium extractive industry and uranium processing industry and also by an oil gas industry.

УДК 504.064:539.16

РАБОЧАЯ МОДЕЛЬ МИГРАЦИИ РАДИОНУКЛИДОВ ИЗ МЕСТ ПОДЗЕМНЫХ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ**Такибаев Ж.С.***Национальный ядерный центр Республики Казахстан, Алматы*

В докладе предложена и математически обоснована модель расчета миграции радионуклидов через различные среды. Модель применима к изучению радиоэкологической обстановки в местах проведения подземных ядерных взрывов, при захоронениях высокоактивных радиоактивных отходов или от АЭС, расположенных под землей. Приведены результаты исследований, подтверждающие возможность создания в геологических формациях, находящихся вдали от водоносных слоев, надежных подземных хранилищ высокоактивных, долгоживущих радиоактивных отходов.

Прежде чем начать разговор о миграции радионуклидов через толщи земли, воды или через атмосферу мы должны более или менее детально представить себе сам процесс подземных ядерных взрывов (ПЯВ) [1-5]. В наших исследованиях точно воспроизвести все детали подземных ядерных взрывов, тем более, если они произведены много лет назад, не представляется возможным по следующим причинам. Во-первых, все первичные и последующие данные во многих случаях нам не доступны или по причине закрытости проведенных тогда работ, или эти данные уже стали собственностью разных организаций и ведомств, не желающих в наши дни предоставлять их просто так. Во-вторых, многие фактические сведения, даже цифровые и графические данные весьма не точны и уже не представляют большого интереса по причине их давности. К тому же эти данные довольно часто противоречивы и впоследствии как-то исправлялись, и все равно степень их достоверности вызывает по разным причинам сомнение. Например, на территории Семипалатинского испытательного ядерного полигона (СИП) производилось сотни ПЯВ с весьма разными начальными данными (местность, глубина и т.д.) в течение сорока лет в разных местах с отличающимися геологическими структурами [6]. Плюс ко всему этому, на том же полигоне проводились испытания, так называемых, грязных атомных бомб. Поэтому территория полигона настолько загрязнена радиоактивностью, что выяснить закономерность распределения различных радионуклидов становится почти невозможным. Остается просто находить и измерять шаг за шагом радионуклидное загрязнение, и кое-как устанавливать хотя бы локальную особенность распространения тех или иных радионуклидов [7].

В связи с такими неопределенностями и на фоне большого разнообразия ПЯВ, мы решили дать лишь приблизительную схему процесса ПЯВ, сохранив конечно необходимые обязательные узлы, которые должны присутствовать во всех таких взрывных работах под землей.

На рисунке 1 мы приводим схему взаимного расположения различных компонент, подготовленных

для взрыва. Подготовительная работа к взрыву является очень ответственным этапом во всех процессах проведения взрыва. На этой схеме даются лишь основные узлы. Ядерный заряд "я.з" опускается на определенную глубину заранее подготовленной скважины "3" по трубе "4" а для закрытия скважины после взрыва, и особенно для предотвращения выхода через нее радиоактивных веществ, скважина "3" укрепляется специальными техническими устройствами и материалами, такими как цементные пробки "6", щебень "5" и запорная арматура "1" на поверхности земли "2". В зависимости от обстоятельств в ряде случаев создают контрольные наблюдательные скважины "7", причем эти скважины создаются в основном после взрыва и располагаются на различных расстояниях L от основной скважины "3", где производились ПЯВ.

Глубины размещения ядерных зарядов бывают разные от сотни метров до полутора-двух километров. Все зависит от той задачи, которая ставится перед разработчиками. Цели тоже самые разные: от испытаний различных боевых ядерных бомб до создания емкостей для нефтепродуктов и радиоактивных отходов. Следует отметить, что поставленные цели не всегда достигаются. Например, создание емкостей не оправдывает себя, в ряде случаев эти емкости оказались непригодными для эксплуатации по разным причинам. Такая картина наблюдается на полигоне Азгир [8].

Очень большое значение имеет свойство среды, т.е. свойство конкретной геологической породы, где проводились указанные выше ядерные взрывы. На рисунке 1 римскими цифрами I, II, III, IV указаны приблизительные расположения различных геологических структур, т.е. те естественные породы, в которых создаются скважины. Например, I – щебень с песчаным заполнением, созданным искусственно строителями, а II – туфопесчанник, III – туфобрекция (огломерат). Слои IV могут быть гранитами, сланцами и т.д.

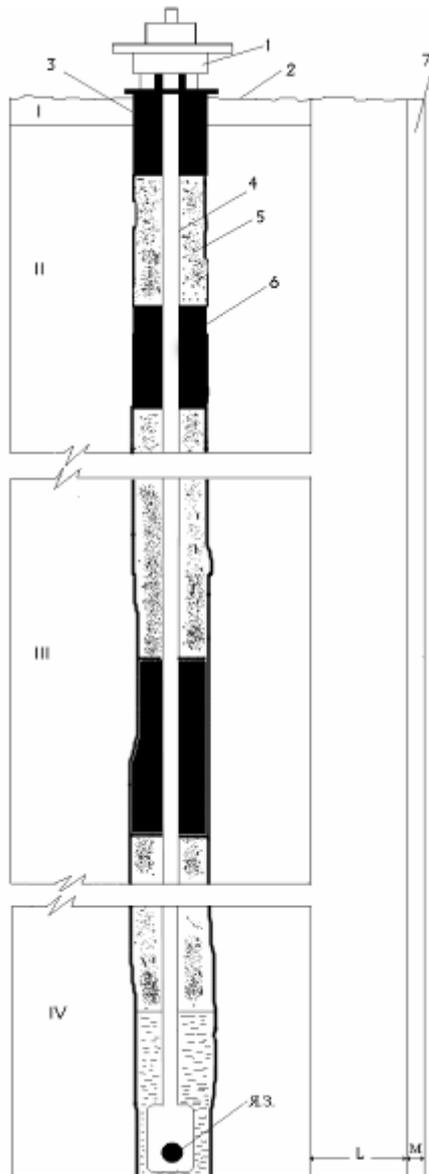
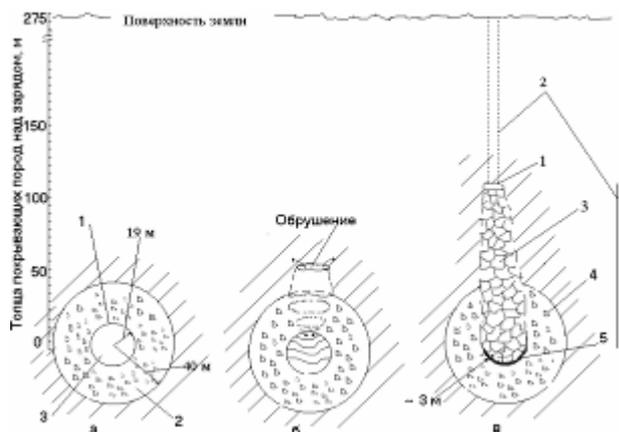


Рисунок 1. Схема скважины, подготовленной для проведения ПЯВ

Такая структура среды характерна для территории СИП. А среда, где проводились ПЯВ в Западном Казахстане, отличалась тем, что были выбраны протяженные соляные купола. Предполагалось, что такая монолитная среда более подходит для создания гигантской емкости, где будет возможно хранить нефтепродукты или радиоактивные и другие токсичные промышленные отходы в большом количестве. Например, недалеко от п. Аксай на территории нынешнего Карачаганакского нефтегазоконденсатного месторождения в восьмидесятых годах XX столетия было произведено 6 ПЯВ в соляном куполе большой протяженности. Глубина залегания была порядка одного километра. В настоящее время состояние этих скважин изучается детально институтами Национального ядерного центра Республики

Казахстан (НЯЦ РК) [9]. На американских полигонах среда, в которой проводились ПЯВ, содержала туфы, состоящие в основном из вулканического стекла с крупными кристаллами кварца и ортоклаза. О свойствах среды, в которой проводились ПЯВ в разных местах, мы подробно можем ознакомиться в специальных статьях и отчетах [7]. После подготовки к ПЯВ, приблизительно, в соответствии со схемой (Рис. 1), приступают к проведению взрывов по обычной схеме.

Многочисленные исследования [1-6] процессов ПЯВ по времени (микросекунды) в период взрыва и их результатов по истечении достаточно большого (годы) промежутка времени привели к следующему сценарию события взрыва. В течение первых нескольких десятков микросекунд образуется полость взрыва размером в десятки метров (Рис.2) в зависимости от мощности ядерного заряда. По-видимому, в это же время или несколько позже происходит обрушение разрушенной взрывом породы. Затем в конце обрушения образуется конусообразный раздробленный материал, накрывающий стекловидную массу, образованную на дне емкости этого конусообразного вещества. В этой полости, в этом пространстве, в процессе развития взрыва, приблизительно, через несколько микросекунд от начала взрыва температура достигает почти миллионов градусов, а давление будет около десяти миллионов атмосфер. Таким образом, такое пространство можно назвать адским, если мы хотим представить, что такое ад. Эти данные получены от ПЯВ с названием "Райнир", где мощность заряда была $(1,7 \pm 0,1)$ кт [1,2]. В других, довольно многочисленных ПЯВ общая картина остается такой же [1-5].



а – полость взрыва перед обрушением (1 – сферический слой расплавленной радиоактивной породы толщиной 10 см, 2 – зона разрушения, 3 – полость взрыва); б – развитие обрушения; в – конец обрушения (1 – полость в верхней части зоны обрушения, 2 – глубина от поверхности 156 м, расстояние от заряда 118 м, 3 – раздробленный материал, проницаемый для воды, 4 – разрушенный материал, непроницаемый для воды, 5 – расположение стекловидной массы).

Рисунок 2. Развитие обрушения полости при взрыве «Райнир»:

Если глубина залегания достаточно большая, то на поверхности земли (на Рис.1 – "2") ощутимых изменений не будет, и тогда говорят о взрывах полного внутреннего действия или полного камуфлета. Если же на поверхности земли будет замечен провал в виде воронок или впадин, то говорят о неполном камуфлетном взрыве. Когда на поверхности земли образуется довольно глубокая яма, то говорят о взрыве на выброс грунта. Примером ядерного взрыва на выброс является создание таким способом атомного озера "Шаган" на территории площадки "Балапан" СИП.

Мы уже заметили, что в полости, в этом адском пространстве, в течение нескольких микросекунд температура достигает миллионов градусов, и при такой невообразимой температуре вся порода и все содержимое самой бомбы превращаются в пар, и по мере его конденсации на дне полости образуется стекловидная масса в результате стекания вниз первоначально прижатой к стенке сферической корки порядка 10 см слоя жидкого вещества см. [2]. Что удивительно, эта стекловидная масса содержит до 70-90% радиоактивных веществ (РВ), образуемых в процессе всего взрыва. Таким образом, слава Богу, Природа нам сама помогает собрать РВ, создаваемые в этих взрывах, в одно место, т.е. сосредоточить в объеме этого остеклованного вещества (Рис.3). Это хорошо, что нам повезло хоть в этом вопросе, т.е. в вопросе преимущества ПЯВ перед ядерными взрывами в атмосфере или на земле. Теперь мы хорошо знаем, где сосредоточены радионуклиды. Самое главное, эти радионуклиды закреплены, замурованы в этих стекловидных веществах и плюс к тому находятся под землей. Опасность распространения радиоактивности существенно уменьшается. Только на минуту представьте, что было бы, если взрывы проводились бы в атмосфере или на поверхности земли, как это было до запрещения ядерных испытаний в атмосфере, в воздухе или над землей. Мы же до сих пор не можем избавиться от вредоносных радионуклидов, образованных при атмосферных ядерных испытаниях в сороковые и пятидесятые годы на СИП.

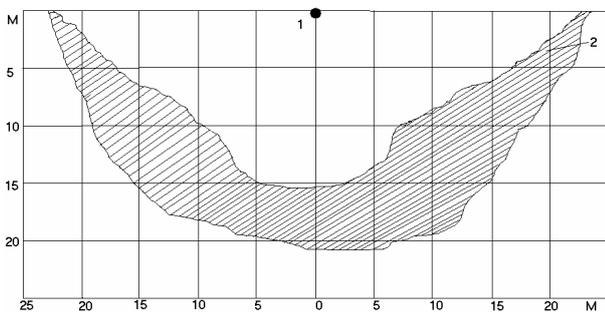


Рисунок 3. 1 – центр ядерного взрыва; 2 – стекловидная масса, содержащая основную часть радиоактивных веществ.

В случае полного камуфлетного ПЯВ под названием "Райнир" расположение радиоактивного стекловидного вещества показано на рисунке 3. В других аналогичных взрывах общая картина

местонахождения этих стекловидных веществ (в случае соляного купола это радиоактивный рассол) остается такой же и эту установленную закономерность следует использовать при дальнейших исследованиях распределения радиоактивности после ПЯВ.

Газообразная фракция РВ, составляющих порядка 15% остается в полости, если выход на дневную поверхность надежно закрыт разными перекрытиями и приспособлениями типа естественной засыпки щебнем или цементными пробками в скважине. Выход газообразных нуклидов на дневную поверхность наблюдается в тех случаях, когда работа по подготовке скважины к ПЯВ выполнена плохо. Кроме того, наблюдалось просачивание газа по трещинам, существовавшим до взрыва или образованным после взрыва. Эти явления изучались очень детально во многих работах [1-5]. Естественно просачивание, миграция разных радионуклидов, таким образом, сильно зависят от геологической структуры окружающей среды, т.е. той среды, где создавались скважины, в которых производились камуфлетные ПЯВ. В случае взрыва на выброс грунта распространение РВ представляет значительно большую опасность, чем при камуфлетном ПЯВ.

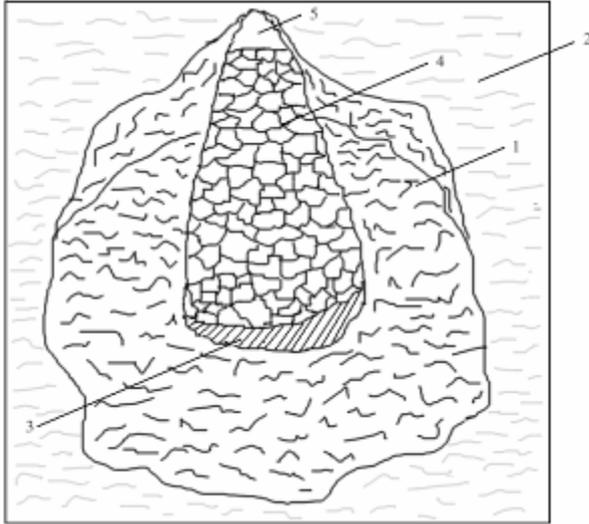
Как же теперь происходит миграция радионуклидов из той скважины (Рис.1), в которой взорваны ядерные заряды, условно их в свое время называли "изделиями".

После взрыва, точнее после ПЯВ, процесс происходит, как мы описали выше, приблизительно согласно схеме на рисунке 2. Уже через несколько дней картину следует представлять так, как она изображена на рисунке 4. Это по существу означает, что РВ при камуфлетном ПЯВ надолго замурованы в основном (~ 85%) в стекловидной массе породы и только небольшая часть (~ 15%) в газообразном состоянии окажется в полости. Таким образом, в первом приближении, РВ, как правило, это в основном продукты деления тяжелых ядер (^{235}U , ^{239}Pu и др.) остаются замурованы в полости, имеющей вид, приведенный на рисунке 4.

Во взрывах в соляных куполах, например на полигонах Азгир и Лира в Западном Казахстане, большая часть РВ остается в расплавах соли на дне полости, образованной в результате ПЯВ. На рисунке 4 такие радиоактивные соляные расплавы обозначены "3".

Если геологическая среда не проницаема, т.е. отсутствуют трещины, всякие иные каналы, по которым просачиваются РВ, даже их газообразные фракции, то предлагаемое приближение вполне годится для рабочей модели. Дело в том, что многочисленные наблюдения в течение многих лет наводят на мысль, что в скважинах ПЯВ радиоактивные вещества почти не наблюдаются за пределами 300-500 м окружающей скважину геологической структуры, причем эта толщина по горизонтали от центра ПЯВ варьируется в широких пределах в зависимости от геологической структуры окружающей полость среды. Например, в

одной из обследованных скважин ПЯВ на территории полигона Лира даже на расстоянии 40 м от нее на контрольной наблюдательной скважине не обнаружено превышение обычного фона, т.е. радионуклиды непосредственно связанные с ПЯВ не наблюдаются. Такой неожиданный результат удивляет нас, но вместе с тем и радует, это означает, что в этих работах хорошо замуровывались радионуклиды, образованные при ПЯВ.



1 – область разрушения породы; 2 – геологическая среда, окружающая полость; 3 – стеклообразная масса вещества, большая часть образованных при ПЯВ радионуклидов сосредоточена в этой массе; 4 – конус обвала; 5 – пустота, возникающая после обвала.

Рисунок 4. Полость, образованная после ПЯВ

Однако имеются скважины ПЯВ, где просачивание РВ экспериментально наблюдалось, оно все же имеет место. Особенно это относится к скважинам и штольням ПЯВ на СИП. По-видимому, такие выходы РВ из скважин ПЯВ связаны со следующими обстоятельствами. Во-первых, выход радионуклидов может происходить по причине неполного закрытия скважины ПЯВ; во-вторых, из-за наличия трещиноватости и других каналов в толще геологической среды; в-третьих, миграция может происходить за счет движения грунтовых вод, или даже перемещения газонефтемассы, если полость (Рис.4) окажется в зоне ареала водосодержащих пород. Обычно ядерный заряд взрывают на глубине ниже зоны грунтовых вод, но вода есть везде, все зависит от обилия воды.

Общий подход должен быть приближенным, как в математике. Количество РВ, точнее его распределение можно выразить в виде ряда:

$$Q = Q_0 + Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots \quad (1)$$

где Q – общее количество РВ, образованное при ПЯВ, включая радиоактивные нуклиды, возникающие за счет наведенной радиоактивности; Q_0 – количество РВ, оставшееся в полости (Рис. 4); Q_1 – количество РВ, т.е. радионуклиды, выходящие через скважины на дневную поверхность. Когда скважина закрыта хорошо, а глубина достаточно большая

(полный камуфлет), этот член ряда равен нулю. Q_2 – выход РВ за счет миграции радионуклидов с водой, в первую очередь с грунтовой водой. Q_3 – выход РВ по трещинам, другим каналам и за счет диффузии в геологической среде. Естественно, как в любом математическом подходе, предполагается, что

$$Q_0 \gg \sum_{i=1} Q_i.$$

Если например, скважина или штольня, т.е. горизонтальная выработка в горных массивах, отработана хорошо и закрыта плотно, а выбранное место скважины удовлетворяет всем требованиям, чтобы

$$\sum_1 Q_i \rightarrow 0,$$

то захоронение в будущем таким способом высокоактивных и долгоживущих радиоактивных отходов, т.е. высокоактивных нуклидов, становится надежным. Это место, следовательно, с уверенностью можно считать могильником для высокоактивных и долгоживущих радионуклидов на сотни, тысячи и более лет.

Такой общий подход, если он окажется правильным, приведет к следующему очень важному выводу. Во-первых, создание подземных атомных электростанций (АЭС) становится действительно самым безопасным использованием ядерной энергии в мирных целях [6]. В самом деле, если такая АЭС будет построена в тщательно выбранном месте под землей, где геологическая структура настолько надежна, что просачивание через нее радиоактивных нуклидов не происходит, а многочисленные коммуникационные проходы и сообщения в случае аварии хорошо закрываются с применением современных технологий, то результаты отрицательного действия любой, даже самой катастрофической аварии будут минимальными для окружающей среды, особенно на поверхности земли. Таким образом, безопасное применение атомной энергии обеспечивается достаточно надежно. При этом в будущем варианты технического осуществления с непременным уменьшением стоимости строительства могут оказаться самыми разными. Это естественно. Например, АЭС можно построить в чреве, т.е. внутри горы, причем таким образом, чтобы вблизи АЭС не попадали грунтовые воды, а обычные атмосферные осадки были минимальными. Может быть, следует создать приспособление, отводящее атмосферную влагу от АЭС. Таким подходящим местом в Казахстане на территории СИП является гора Косшоки, находящаяся вблизи горного массива Дегелен. Искать и находить безопасные способы использования атомной энергии совершенно необходимо, так как базовым энергоисточником мира на период тысячелетия является именно энергия ядра или как говорят атомная энергия.

Второе по значимости – это надежное захоронение радиоактивных отходов высокой активности. Такими отходами являются отработавшее свой срок

ядерное топливо от атомных реакторов АЭС, атомных транспортных средств (атомные подводные лодки и др.) и других многочисленных ядерных установок. И в этом случае, например, в вопросе захоронения радиоактивных отходов высокой активности способ их подземного захоронения является лучшим выходом из общеизвестного сложного положения. Можно сказать, что альтернативного способа пока не существует.

В-третьих, выше описанная рабочая модель, возникшая из анализа результатов наблюдения последствий ПЯВ, дает рецепт научного исследования распространения радионуклидов в тех районах, где проводились ПЯВ. Например, если распределение радионуклидов в окрестностях и вокруг скважины ПЯВ таково, что от поверхности земли по глубине радиоактивность уменьшается, то это означает, что эти радионуклиды распространились по поверхности от устьев скважины за счет плохого закрытия, не качественного уплотнения самой скважины. В таких случаях радионуклиды после ПЯВ вышли на поверхность земли по плохо закрытым трубам или около трубных проходов вблизи скважины и заразили район, прилегающий к скважине. Далее радионуклиды распространились по руслам рек, ветрами и т.д. Измерение радиоактивности местности по истечении многих лет показывает, в некоторых случаях, их отсутствие на замеренных глубинах при довольно большой зараженности поверхностного слоя. В большинстве случаев в районе полигона "Лира" это и наблюдается. Однако на Семипалатинском полигоне иногда обнаруживается обратная картина, т.е. распределение радионуклидов таково, что их больше внизу, чем на поверхности. Это говорит о просачивании радионуклидов через толщи геологической среды.

Члены ряда (1) - Q_1 , Q_2 , и т.д. могут быть сравнимы с Q_0 во взрывах на выброс грунта или при неполном камуфлетном взрыве. Ряд (1) имеет смысл при полном камуфлетном взрыве. Мы полагаем, что почти во всех случаях наблюдений наших исследователей [7-9,12-14] члены ряда (1) Q_1 , Q_2 , и т.д. значительно меньше Q_0 и поэтому наши приборы регистрируют радионуклиды, представленные этими малыми членами ряда (1).

В регионе горного массива Дегелен картина распределения радионуклидов очень сложная, вокруг штолен радиоактивность высокая, что подтверждает плохую работу по обработке и закрытию штолен в процессе подготовке ПЯВ. Вообще вопросы распространения, распределения радионуклидов, в основном ^{137}Cs , ^{90}Sr , и $^{239/240}\text{Pu}$ на территории полигонов Казахстана подлежат изучению в течение многих лет, и мы ожидаем еще много неожиданностей в подобных исследованиях. Поэтому представляется совершенно необходимым комплексное исследование радиационной обстановки в горном массиве Дегелен. Этот массив находится на территории

бывшего СИП на расстоянии порядка 100 км от г.Курчатова, где в настоящее время расположен Национальный ядерный центр Республики Казахстан. Общая площадь испытательного горного полигона Дегелен составляет $\sim 300 \text{ км}^2$. На этом горном массиве было проведено 215 ядерных взрывов различной мощности в 181 штольне, причем штольни создавались не только горизонтальные.

Представляет большой интерес миграция радионуклидов от этих штолен по воздуху, почве и, что особенно интересно - по водяным истокам, а также выяснение наличия протяженных естественных объектов (сред), аккумулирующих такие радионуклиды, как например ^{137}Cs , ^{90}Sr и $^{239/240}\text{Pu}$. Последний радионуклид связан в основном с взрывом плутониевых бомб.

Необходимо учесть то обстоятельство, что Дегелен находится недалеко от большой реки Иртыш.

Трудность исследования радиологической обстановки региона осложняется еще тем, что на протяжении многих лет в разных местах СИП испытывались самым беспорядочным образом и, так называемые, грязные бомбы, т.е. такие бомбы, с помощью которых разбрасывали вредные радионуклиды по территории некоторых мест полигона. Таким радиоактивным веществом, например, может быть отработавшее свой срок ядерное топливо атомного реактора. Эта варварская работа в свое время очень одобрялась властями, настолько, что исполнители становились героями, награждались высокими правительственными наградами.

Во всех указанных выше трех случаях, а именно, там где производились ПЯВ, или захоронения высокоактивных, радиоактивных отходов, или строились подземные АЭС нам необходимо знать процесс миграции радионуклидов в тех средах, где они проводились.

Миграция в простейшем случае описывается уравнением переноса вещества, а последнее происходит за счет прямой конвекции и диффузии. Общее уравнение конвекционной диффузии, как известно, записывается так:

$$\frac{\partial c}{\partial t} + U \nabla C = D \Delta C, \quad (2)$$

где C - концентрация переносимой диффундирующей примеси, U - скорость микроскопического течения, D - кинетический коэффициент молекулярной диффузии.

При разработке модели миграции радионуклидов, необходимо учитывать ядерно-физические свойства множества нуклидов, содержащихся, например, в предполагаемом объекте для радиозахоронения. В работе [10] выбрано шесть нуклидов, способных создать максимальные дозовые нагрузки на окружающую среду и население.

Уравнение усложняется в виду того, что необходимо учитывать не только миграцию этих шести радионуклидов, но и сложную структуру среды, т.е. состав среды и его взаиморасположение, влагосо-

держание, пористость и т.д. Уравнение конвекционной диффузии учитывает миграцию с водой и поэтому очень важно вводить различные параметры, характеризующие геологические среды с отличающимся влагосодержанием. Уравнение при таком подходе становится очень громоздким.

$$\frac{\partial c}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left[\vartheta D_{ij} \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\frac{C}{\rho K_d + \vartheta} \right) - V_i \frac{C}{\rho K_d + \vartheta} \right] - \lambda (C - C^M) + Q, \quad (3)$$

где C – суммарная концентрация нуклидов в твердой и жидкой фазе, Бк/м³, причем материнский нуклид обозначен через C^M ; ϑ – влагосодержание, безразмерный параметр (в условиях насыщения $\vartheta = n$, где n – активная пористость); ρ – плотность сухого грунта, кг/м³; K_d – коэффициент распределения, м³/кг; V_i – фильтрационный порог, м/с; D_{ij} – коэффициент дисперсии, м²/с;

$$D_{ij} = D^* + D^{ij},$$

где D^* – эффективный коэффициент диффузии; D^{ij} – коэффициент гидродинамической дисперсии:

$$D^{ij} = a_i |V| \delta_{ij} / \vartheta + (a_l + a_t) V_i V_j / |V| / \vartheta,$$

δ_{ij} – символ Кронеккера; a_l и a_t – продольная и поперечная дисперсность, м; λ – постоянная распада, 1/с; Q – активность источника, $\frac{A\dot{e}}{i^3/\bar{n}}$; t – время, с; i или j равно 1 для горизонтальной оси, и – 2 для вертикальной оси Z , направленной вниз.

В рамках научно-координационной программы МАГАТЭ выполнялась работа [10] по оценке безопасности приповерхностных захоронений радиоактивных отходов. В одном из заданий содержалось требование расчета выхода радионуклидов из пункта захоронения в первом случае, находящегося в земляной траншее, во втором – в бетонном могильнике. Предполагалось, что через 500 лет после захоронения гидрогеологические параметры бетона и зацементированных отходов не будут отличаться от параметров песка, но геологические и геохимические параметры останутся прежними. Места захоронения располагаются выше водоносной зоны, т.е. захоронение по существу является приповерхностным. Результаты работы [10] интересны тем, что модельный подход дает некоторое представление в виде прогноза на 500 лет о миграции шести радио-

нуклидов от ³H₁ до ²³⁰Th. Естественно, миграция максимальна у ³H₁ в водоносном горизонте, а у ²³⁰Th – минимальна.

Некоторые исследователи, выступавшие у нас в НЯЦ РК на семинаре, говорили, что эти результаты тривиальны и заранее можно было их ожидать. Конечно, лучше всего постоянно проводить простые измерения, и тем не менее, такие прогнозные расчеты [10] важны, их надо проводить. Расчеты, выполненные в работе [10], являются наиболее полными, причем, учтено все что возможно. Такое впечатление, что больше лучше не усложнять.

В работе [11] выявлялись пути водной миграции радионуклидов и эти оценочные данные будут использованы в будущих работах. Такие же работы по моделированию миграции РВ выполнялись в НЯЦ РК в 1990-х годах [15, 16, 17], и конечно эти данные надо использовать и аналогичные работы продолжить.

Во многих расчетах, как и в указанных нами ссылках на работы, прогнозируется малая проницаемость радионуклидов через естественный геологический слой вплоть до толщины порядка 500 метров, что является дополнительным подспорьем предположения о надежности подземного захоронения высокоактивных ядерных отходов в случае удачного выбора места в геологических формациях, находящихся по возможности вдали от водоносных слоев. Идеальным разрешением этого вопроса, т.е. вопроса выяснения общей картины миграции радионуклидов от места ПЯВ или от места подземного захоронения высокоактивных радиоактивных отходов (ВАРО), или в будущем от места подземных атомных электростанций, явилась бы организация мониторинга по регистрации радиоактивности вокруг этих мест. Например, в соответствии со схемой, приведенной на рисунке 1, вокруг ПЯВ организовать на контрольно-наблюдательных скважинах "7" постоянно действующие мониторинги "М", показывающие наличие разного сорта радионуклидов на определенных расстояниях (в местах контрольно-наблюдательных скважин) и изменение их количества по времени t .

Приповерхностные наблюдения, основанные на непосредственных измерениях радиоактивности [9,12-14], в дальнейшем было бы интересно вести одновременно с измерениями радиоактивности различных радионуклидов в контрольно-наблюдательных скважинах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Нифонтов Б.И., Протопопов Д.Д., Ситников И.Е., Куликов А.В. Подземные ядерные взрывы. - М.: Атомиздат. - 1965.
2. Подземные ядерные взрывы. Изд-во Иностранная литература. – Москва. - 1962.
3. Подземные ядерные взрывы и проблемы безопасности. Атомиздат. – Москва. - 1972.
4. Ядерные взрывы и землетрясения. Атомиздат.- Москва. - 1979.
5. Мирные ядерные взрывы. Вып.1,2. Атомиздат. Москва. - 1976.
6. Такибаев Ж.С. Атомная энергия – разрушающая и созидаящая. НИЦ Гылым. – Алматы. – 2002. - 220 с.

7. Такибаев Ж.С. Перспективы научно-исследовательских работ по проблеме радиационной экологии в Казахстане. - Вестник НЯЦ РК, Радиоэкология. Охрана окружающей среды, выпуск 3. Курчатов. 2000 г. с.5-8; Кадыржанов К.К., Хажекбер С., Казачевский И.В., Солдудухин В.П., Лукашенко С.Н. Особенности состава, форм нахождения и распределения радионуклидов на различных площадках СИП. – Там же, с.15-22; Ахметов М.А., Артемьев О.И., Птицкая Л.Д., Синяев В.А. Радиационный мониторинг водотоков и проблемы реабилитации на горном массиве Дегелен Семипалатинского испытательного полигона. – Там же, с.23-28; Артемьев О.И., Ахметов М.А., Птицкая Л.Д. Радиоактивное загрязнение территории Семипалатинского полигона от атмосферных ядерных испытаний. – Там же, с.29-34.; Лукашенко С.Н., Солдудухин В.П., Казачевский И.В. и др. Объекты "Ли́ра" – первые результаты изучения степени и характера радионуклидного загрязнения территории. – Там же, с.54-57.
8. Адомский В.Б., Адымов Ж.И., Ахметов Е.З. Мирные ядерные взрывы на солянокупольном месторождении большой Азгир. Препринт №10-98, ИЯФ НЯЦ РК. – Алматы. - 1998.
9. Кадыржанов К.К., Тулеушев А.Ж., Лукашенко С.Н. Анализ природы и механизмов радионуклидного загрязнения территории объектов Ли́ра. – Тез. Докл. 3-ей междунар. Конф. "Ядерная и радиационная физика", 4-7 июля 2001 г. Алматы. С.408; Вестник НЯЦ РК. - Вып.3. - 2002, 6 с.
10. Серебряков Б.Е. Расчет миграции радионуклидов из мест захоронения. – Атомная энергия. - Т.79. - Вып.5. – 1995. - 38 с.
11. Pfinger W. and Kislitsin S. Radionuclide migration from underground nuclear tests performed at the Lira facility, Kazakstan – estimations by source term and transport modelling, Waste Management Laboratory, Paul Scherrer Institute, Villigen, Switzerland, 2001.
12. Лукашенко С.Н., Агеева Т.Н., Мелентьев М.И. Выявление возможных путей миграции радионуклидов в блоках пород, вмещающих полости подземных ядерных взрывов по геофизическим и геохимическим данным (на примере площадки Балапан и участка Ли́ра). Тр. третьей междунар. Конф. "Ядерная и радиационная физика", – Алматы. - 2001. - Т.III. 409 с.
13. Птицкая Л.Д. Современное состояние радиационной обстановки на территории испытательной площадки Балапан бывшего Семипалатинского полигона. - Вестник НЯЦ РК. - Вып.3. – 2002. - 11 с.
14. Ахметов Е.З. Особенности присутствия цезия-137 в почве на площадках Азгирского полигона. – Вестник НЯЦ РК. - Вып.3. – 2002. - 37 с.
15. Хромушин И.В., Даукеев Д.К., Аксенова Т.И. Моделирование переноса радионуклидов подземными водами на площадке Балапан Семипалатинского полигона. Тез. Докл. Междунар. Конф. "Радиоактивность при ядерных взрывах и авариях", 24-26 апреля 2000г., Москва.
16. Khromushin I.V., Daukeev D.K., Mason C.F. Database management of radioecological data for dose assessment. – Nuclear Physical Methods in Radioecological Investigations of Nuclear Test Sites, 2000. - P.221-222.
17. Даукеев Д.К., Хромушин И.В. Моделирование транспорта радионуклидов грунтовыми водами. – Тез. Докл. Междунар. Конф. "Ядерная и радиационная физика", Алматы, 1999.

ЖЕР АСТЫ ЯДРОЛЫҚ ЖАРЫЛЫСТАР ЖЕРІНЕН РАДИОНУКЛИДТЕРДІҢ КӨШУ БАРЫСЫНЫҢ ЖҰМЫСТЫҚ МОДЕЛІ

Такибаев Ж.С.

Қазақстан Республикасының ұлттық ядролық орталығы, Алматы

Әр-түрлі орта арқылы радионуклидтердің көшу барысының есебінің моделі математикалық дәйіктелгені баяндамада ұсынылған. Жер астында орналасқан АЭС-тен немесе жоғары активті радиоактивтердің қалдықтарын жерлеу кезінде, жер асты ядролық жарылыстар жүргізген жерлерде радиоэкологиялық жағдайларды зерттеуге модельді қолданады. Су жүру қабаттарынан алыста тұрған жоғары активті ұзақ ғұмырлы радиоактивті қалдықтардың сенімді жер асты қоймалары, геологиялық формацияларда пайда болу мүмкіндігін растайтын, зерттеулердің нәтижелері келтірілген.

WORKING MODEL FOR RADIONUCLIDE MIGRATION FROM UNDERGROUND NUCLEAR EXPLOSION (UNE) LOCATIONS

Zh.S. Takibaev

National Nuclear Center of the Republic of Kazakhstan, Almaty

The paper proposes and mathematically validates a calculation model for radionuclide migration through various media. The model is applicable in studies of the radioecological situation in underground nuclear explosion areas and areas of underground disposal of highly active radioactive and NPP wastes. The paper presents study results validating the feasibility of construction of reliable underground repositories for highly active long-lived radioactive wastes in geological formations located far from water-bearing horizons.

УДК 528.88:504

ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МИГРАЦИИ РАДИОНУКЛИДОВ

Закарин Э.А., Балакай Л.А.

Институт космических исследований Министерства образования и науки РК, Алматы

В данной работе приведены некоторые результаты разработки геоинформационной системы Семипалатинского ядерного полигона. В рамках данной ГИС организована база данных космоснимков и снимков с характерным тепловым пятном, реализована модель миграции радионуклидов под воздействием водной эрозии почвы и получены картины изменения поверхностной активности ^{137}Cs .

В течение длительного времени моделирование различных природных процессов и явлений развивалось независимо от геоинформационной системы (ГИС). Первые ГИС создавались как базы пространственных данных, обеспечивающие лишь удобный и быстрый доступ к информации, и ее наглядную визуализацию. Развитие ГИС технологий как информационно-аналитических и моделирующих систем привело к активной разработке и использованию методов моделирования различных природных процессов в рамках одной системы. При этом появилась возможность учесть особенности геоинформатики, обеспечить разнообразие видов представления объектов исследования, получить высокую наглядность результатов и возможность отладки программы в интерактивном режиме.

В Институте космических исследований МОН РК была разработана ГИС Семипалатинского ядерного полигона, включающая в себя:

- географическую и информационную базы данных исследуемого района;
- подсистему дистанционного зондирования территории полигона;
- подсистему моделирования.

Географическая и информационная базы данных на данный момент содержат:

- общую топографическую информацию;
- результаты аэрогамма-спектрометрического картирования территории;

- результаты анализов различного рода проб почвы и воды на содержание радионуклидов;
- карты химического состава почвенных вод;
- данные по проведенным ядерным испытаниям;
- геологическую и гидрогеологическую информацию.

Следует обратить внимание на подсистему дистанционного зондирования, которая включает в себя технологическую цепочку приема, первичной и тематической обработки данных космического зондирования. На настоящем этапе технология реализована применительно к данным AVHRR/NOAA и MODIS/TERRA.

На рисунке 1 представлены результаты съемки территории полигона. Как видно из этого снимка аппаратура MODIS, также как и AVHRR [1] регистрирует зону повышенного теплового потока. Невозможно однозначно определить физику этого явления. Однако, на наш взгляд, оно является следствием многочисленных наземных и подземных ядерных взрывов. Об этом также свидетельствуют данные наземного и самолетного обследования, выполнено ранее российскими учеными [2].

Подсистема моделирования включает в себя модель интенсивности смыва радионуклидов поверхностными водами и модель расчета дозовой нагрузки. Кроме того, входят в состав подсистемы программы подготовки данных, необходимых для расчета, программы реализации моделей и программы визуализации полученных результатов.

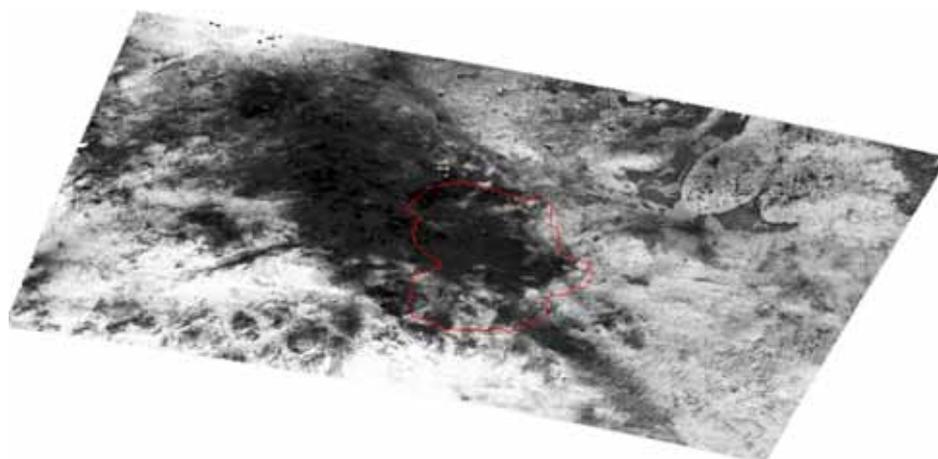


Рисунок 1. Данные MODIS за 24 марта 2003 г.

Основным инструментом, объединяющим подсистемы в единую ГИС, является пакет ArcInfo. Он представляет собой один из наиболее мощных инструментов для создания ГИС. Характерными особенностями пакета являются возможность использования большого количества различных форматов данных и доступность использования многочисленных методов манипуляции данными, позволяющих проводить достаточно сложный анализ и моделирование процессов, протекающих в окружающей среде.

Данная работа посвящена описанию модели поверхностного смыва, которая была реализована на внутреннем языке ArcInfo AML.

МОДЕЛЬ ПОВЕРХНОСТНОГО СМЫВА РАДИОНУКЛИДОВ

На территории полигона миграция радионуклидов водным путем происходит в основном за счет дождевых поверхностных потоков, поэтому была поставлена задача о моделировании такого переноса. В физическом плане задача поверхностного смыва радионуклидов является чрезвычайно сложной, вследствие сложного характера местности. Поэтому модель будет строиться на основе эмпирических соотношений и методов картографического моделирования.

В основе расчетного алгоритма лежит модель водной эрозии почвы [3]. Эта модель позволяет учесть реальное распределение осадков в течение теплого периода года. Расчеты проводятся для каждого дождя по формуле:

$$X_t = 21 \cdot A^{0,12} \cdot Q_t^{1,12} \cdot \left(\frac{R_t}{R_t - 0,2 \cdot W_t} \right)^{0,56} \cdot K \cdot L \cdot S \cdot P \cdot C_t$$

Здесь X_e – смыв почвы с единицы площади за год (модуль смыва); A – площадь склона (га); Q_t – толщина водного потока (см); R_t – количество осадков; D_t – длительность осадков (час); K – коэффициент эрозии почвы; L – фактор длины склона; S – фактор уклона, представляющий собой отношение смыва со склона некоторой крутизны к смыву со склона с уклоном 9 % при прочих равных условиях; C_t – хозяйственно-агрономический фактор; P – фактор противоэрозионных мер.

Фактор длины L определяется по зависимости:

$$L = \left[\frac{l}{22,1} \right]^p$$

Где l – длина склона (м); p – показатель степени при длине, равный 0,2, 0,3, 0,4 и 0,5 соответственно при уклонах (α) < 1, 1 - 2, 3 - 5 и > 5 %. Фактор уклона S определяется по зависимости:

$$S = 0,065 + 4,56 \sin \alpha + 65,41 \sin^2 \alpha$$

На территории полигона агротехнические мероприятия ограничены, и поэтому можно принять: $P =$

1. Хозяйственно-агрономический фактор C_t определяется из соотношения:

$$C_t = 1 - CP_t$$

Здесь CP_t – доля склона, покрытая растительностью, может быть оценена по данным топографических карт или результатам космического зондирования. Хотя следует указать, что растительность на территории СИЯП достаточно скудна и на большей части территории влиянием хозяйственно-агрономического фактора можно пренебречь, положив его равным единице.

Толщина поверхностных потоков (см) рассчитывается по формуле:

$$Q_t = \frac{(R_t - 0,2 \cdot W_t)^2}{R_t + 0,8 \cdot W_t}$$

Параметр W_t (см) определяется по соотношению:

$$W_t = \frac{2540}{CN_t} - 25,4$$

где CN_t – параметр водонепроницаемости почвы. Таким образом, W_t характеризует количество воды, просочившейся в почву на данном склоне.

Значения параметра водонепроницаемости определяются по методике, предложенной в [4], по механическому составу почвы, типу растительного покрова и типу увлажнения почвы.

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МОДЕЛИ

Для расчета поверхностного смыва радионуклидов необходимо предварительно выполнить следующие действия:

- Создать базовую сеточную модель рельефа и выбрать схему движения водных потоков;
- Построить матрицу данных, содержащую информацию об осадках;
- Построить матрицу данных, содержащую информацию об эрозионных свойствах почвы;
- Построить матрицу данных, содержащую базовую сеточную модель поверхностной активности радионуклидов.

Базовая сеточная модель рельефа (шаг сетки – 0.0010) создавалась по гипсометрическим данным (изолинии высот, отметки уровней гидрографических объектов, отметки высот), подготовленным на основе топографических карт масштаба 1:200 000. Озера, имеющие отметки уровня были учтены путем включения в исходные гипсометрические данные контуров озер, как изолиний, с соответствующими значениями уреза воды. Реки учитываются с помощью специального метода корректировки рельефа, реализованного в виде процедуры ArcInfo.

Матрицы данных, содержащие информацию об осадках (продолжительность и интенсивность), соответствуют средне месячным многолетним данным с метеостанций, прилегающих к территории полигона. Годовое количество осадков в регионе колеблется от

160 до 400 мм [3]. В общем, территория относится к зоне недостаточного и неустойчивого увлажнения. Однако характерной особенностью района является ливневый тип выпадения осадков, что вместе со скудным растительным покровом и холмистым характером местности приводит к увеличению интенсивности эрозионных процессов. Расчеты проводились для осадков, выпадающих в среднем за теплый период года в течение одного дождя.

Матрицы данных, содержащие значения коэффициента эрозии и параметра водонепроницаемости определялись по картам механического состава почв.

В настоящее время наиболее точными являются данные натуральных наблюдений по ^{137}Cs , соответственно вычисления интенсивности смыва осуществлялись для этого радионуклида. В базе данных имеются:

- аэрогамма-спектрометрическая карта территории полигона, совмещенная с результатами анализов проб;
- данные автогаммасъемки пяти участков;
- данные аэрогаммаспектрометрического картирования территории хранилища "Юбилейный";
- данные измерений на исследовательских пунктах [5].

Процедура получения базовой сеточной модели (шаг сетки = 0.001°) поверхностной активности ^{137}Cs состоит из следующих этапов:

- анализ данных, удаление явно ошибочной информации;
- объединение всех использованных данных в единый картографический слой;
- построение базовой сеточной модели с использованием метода взвешенного среднего.

Расчеты водной эрозии проводились на сетке с шагом 0.005° . С помощью разработанных процедур были определены направления поверхностных потоков для каждой ячейки. Участки аккумуляции определяются как ячейки, не имеющие направления потока. Области водосбора для заданного участка аккумуляции определялись как ячейки, из которых потоки переносятся в ячейки заданного участка. Таким образом, средняя интенсивность смыва со-

ставляла 7.2 т/га. Пространственное распределение модуля смыва оказалось достаточно неоднородным, большие значения наблюдаются на небольших участках горной местности с большим уклоном. Минимальные значения - на плоской части, исследуемой территории (Рис. 2).

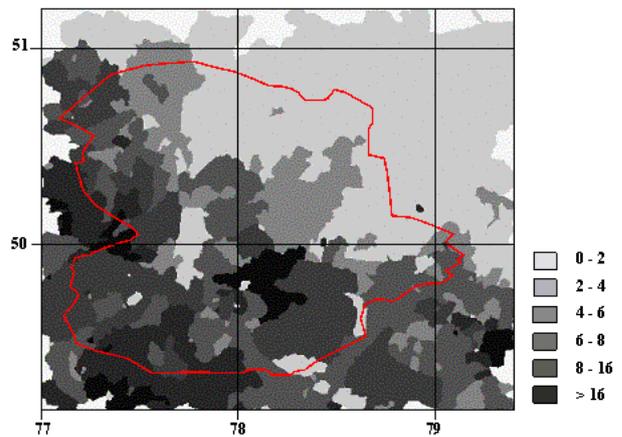


Рисунок 2. Интенсивность смыва (т/га)

При моделировании переноса ^{137}Cs поверхностными потоками использовались значения модуля смыва (т/га). Возникла значительная активность ^{137}Cs в участках аккумуляции, расположенных в областях с малыми, допустимыми значениями активности (Рис. 3, 4).

Данные результаты иллюстрируют важность дальнейшего изучения миграции радионуклидов по территории полигона, так как в областях с малыми значениями активностей могут образоваться участки с повышенным уровнем радиоактивности.

Таким образом, геоинформационное моделирование миграции радионуклидов дождевыми потоками оказалось эффективным методом описания и анализа процесса на различных, территориально распределенных данных. Такой подход представляется весьма перспективным в решении проблем хозяйственного освоения территории полигона.

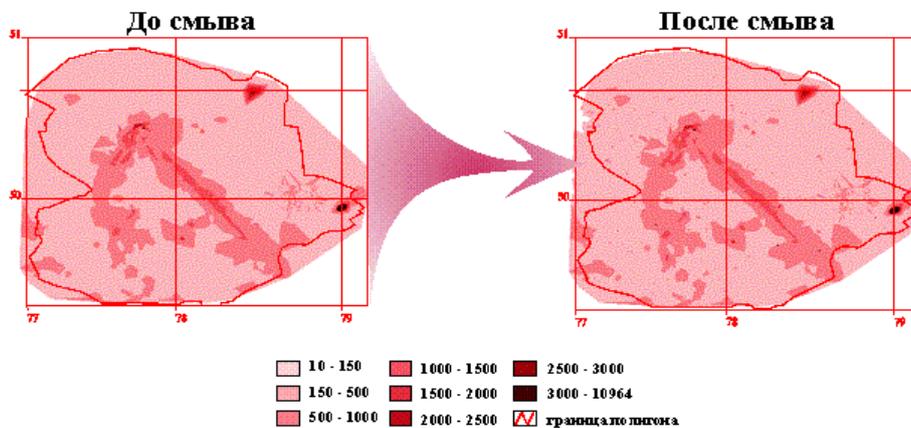


Рисунок 3. Поверхностная активность ^{137}Cs ($\text{мКи}/\text{км}^2$)

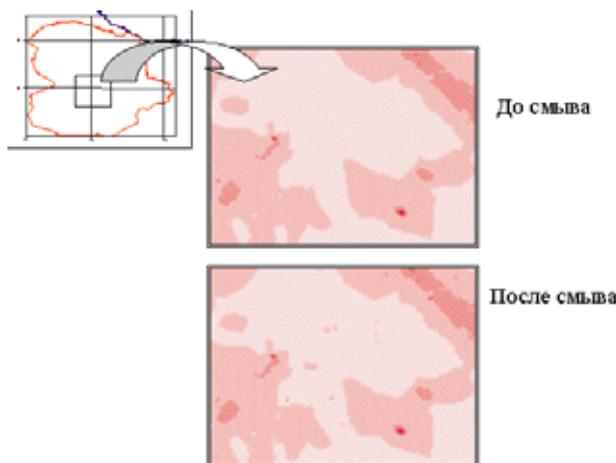


Рисунок 4. Поверхностная активность Cs-137 (мКи/км²) (увеличенный фрагмент)

ЛИТЕРАТУРА

1. Sultangazin U.M., Zakarin E.A., Spivak L.F., Arkhipkin O.P., Muratova N.R., Terehov A.G. Monitoring of temperature anomalies in the former Semipalatinsk nuclear test site.// Metrology instrumentation. C.R. Acad. Sci. Paris. 1998. T. 326. Serie II b. p. 135-140.
2. Бусыгин В.П., Андреев А.И., Косолапов С.А. Термический режим дневной поверхности в эпицентральной зоне подземных ядерных взрывов.// Физика земли. - 1999. - № 11. С. 68-74.
3. Haith D.A., Tubbs L.J., Pickering N.B. Simulation of pollution by soil erosion and soil nutrient loss. Pudoc Wageningen. 1984. 66 p.
4. Bureau of Reclamation, 1978. Drainage manual. U.S. Government Printing Office, Washington, D.C.
5. Тлеубергенов С.Т. Полигоны Казахстана. Алматы: Гылым, 1997, 745 с.

РАДИОНУКЛИДТЕРДІҢ КӨШУ БАРЫСЫНЫҢ ГЕОАҚПАРАТТЫ ҮЛГІЛЕУІ

Закарин Э.А., Балакай Л.А.

Қазақстан Республикасы Білім және Ғылым Министрлігінің Космос зерттеулер институты, Алматы

Берілген жұмыста Семей ядролық полигонының геоақпаратты жүйесін өндеудің кейбір нәтижелері келтірілген. Берілген ГАЗЖ рамакасында космосүреттер мәліметтерінің қоймасы ұйымдастырылған жылу таңбасына тән, бұршықты су эрозияның әсерінен радионуклидтердің көшу брысының моделі іске асырылған және ¹³⁷Cs үстірті активтің өзгеру көрінісі алынған.

GEOINFORMATION MODELLING OF THE RADIONUCLIDES MIGRATION

Zakarin E.A., Balakay L.A.

Space Research Institute of the Ministry of Education and Science of Republic of Kazakhstan, Almaty

In this article some results of development of a geoinformation system of Semipalatinsk test site are resulted. Within the framework of this GIS the database of the space data AVHRR/NOAA and MODIS with a characteristic thermal zone is organized, the model of radionuclides migration by the water soil erosion influence is realized and pictures of change of surface activity ¹³⁷Cs are received.

УДК 577.391С574.44

**ИЗУЧЕНИЕ ФОРМ НАХОЖДЕНИЯ $^{239/240}\text{Pu}$ В РАДИОАКТИВНЫХ ВЫПАДЕНИЯХ
АТМОСФЕРНЫХ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ НА СЕМИПАЛАТИНСКОМ ПОЛИГОНЕ**

Артемов О.И., Умаров М.А., Сидорич Т.В.

Институт радиационной безопасности и экологии ИЯЦ РК, Курчатов

Проведены исследования по определению форм нахождения $^{239/240}\text{Pu}$ в радиоактивных выпадениях атмосферных ядерных взрывов вдоль юго-восточного следа. Показано, что с увеличением расстояния от эпицентра взрыва возрастает доля мелкодисперсных радиоактивных образований и вместе с этим увеличивается содержание $^{239/240}\text{Pu}$ в водорастворимой и обменной форме.

ВВЕДЕНИЕ

Прогнозирование устойчивости или возможной подвижности радионуклидов в почвах необходимо для оценки загрязнения фракций почвы, доступных для корневой системы растений. Такая информация важна для прогнозирующих моделей состояния окружающей среды, где миграция радионуклидов в цепи почва (вода)-растение в конечном счете ведет к их поступлению в организм человека.

После осаждения радионуклидов на поверхность, распределение загрязняющих веществ между жидкой и твердой фазами почвы постепенно уравнивается и они могут стать связанными с циклическими процессами, проходящими в цепи почва-растения. Скорость установления равновесия зависит от формы исходного загрязняющего вещества и характеристик почвы: этот процесс может проходить годы. Почва – это естественная биохимическая система с тремя основными фазами: твердая (минеральные и органические частицы, корни растений), жидкая (подземные воды, дождевые воды, биологические выделения, продукты биохимических реакций) и газовая (атмосфера, продукты биохимических реакций) которые стремятся к равновесию друг с другом. Радионуклиды, связанные с твердой фазой могут перейти в жидкую фазу при изменении рН, температуры, окислительно-восстановительного потенциала почвы, при разложении почвенной органики, выщелачивании, процессов замещения ионов и микробиологической деятельности. Жидкая фаза почвы (почвенная вода) включает в себя питательные вещества и металлы в ионной форме, органические и неорганические соединения (заряженные и/или нейтральные формы). Жидкая фаза почвы играет важную роль в питании растений и загрязнении их через почву, т.е. в циклических процессах проходящих в цепи почва-растения [1].

Попав в почву, радионуклиды изменяют свою форму при взаимодействии с другими компонентами почвы [2]. В начальной стадии, биологическая доступность радионуклидного загрязнения почвы зависит от физико-химических свойств выпадений [3]. Основная доля плутония, выпавшая на подстилающую поверхность с дальними локальными и глобальными выпадениями, находится, по-видимому, в "легкоскрываемых" соединениях, то есть в более растворимых [4], что согласует-

ся с данными представленными в работах [5,6], когда при глобальных выпадениях радионуклиды поступают на земную поверхность преимущественно в растворимой форме. Затем, форма/видообразование загрязнения может изменяться во время биологических и биохимических почвенных процессов, включающих органический и минеральный катионные обмены, комплексное образование, выщелачивание и минеральное разрушение под влиянием атмосферных воздействий. Например, радионуклиды могут адсорбироваться минеральными частицами [7-10], или инкорпорироваться в микроорганизмы [11], адсорбироваться в разлагающиеся органические частицы или инкорпорироваться в органические комплексы в почве [12-14].

По мере того, как жидкая фаза почвы проникает в почвенный горизонт, она подводит воду и питательные вещества к растениям и почвенным микроорганизмам. Анализ жидкой фазы почвы мог бы быть идеальным для определения почвенных радионуклидов и их биологической доступности во временном интервале. Однако, трудно получить пробы жидкой фазы почвы, которые были бы представительны для данного объема почвы, и которые содержали бы концентрации радионуклидов больше предела обнаружения аналитической аппаратуры. Компромиссом служит выполнение исследований, основанных на методах селективного экстрагирования (выщелачивания) радионуклидов из отобранных проб почвы [1].

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

В данной работе была предпринята попытка проследить возможную зависимость степени растворимости радиоактивных образований от их размера. Для этого, в первую очередь, была определена зависимость размеров радиоактивных частиц от расстояния от эпицентра взрыва. Материал исследования – пробы грунта, отобранные на СИП. Основным методом исследования явилось радиохимическое выделение плутония по методике [15].

Лабораторные исследования гранулометрических фракций проб грунта

Для лабораторных исследований были выбраны пробы грунта, отобранные в 500 м, 2, 30 и 60 км от эпицентра в юго-восточном направлении. В таблице 1 приведены результаты измерений.

**ИЗУЧЕНИЕ ФОРМ НАХОЖДЕНИЯ ^{239/240}Pu В РАДИОАКТИВНЫХ ВЫПАДЕНИЯХ
АТМОСФЕРНЫХ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ НА СЕМИПАЛАТИНСКОМ ПОЛИГОНЕ**

Таблица 1. Результаты измерений проб грунта, отобранных на расстоянии 500 м, 2, 30 и 60 км от эпицентра в юго-восточном направлении

Место отбора пробы	Слой, см	Удельная активность радионуклидов, Бк/кг						
		¹³⁷ Cs	¹⁵² Eu	¹⁵⁴ Eu	⁶⁰ Co	²⁴¹ Am	^{239/240} Pu	⁹⁰ Sr
500 м от эпицентра	0-1	6710	2670	90	110	1100	13730*	не опр.
2 км от эпицентра	0-2	241	-	-	-	616	9752	не опр.
30 км от эпицентра	0-5	255	-	-	-	37	528	3
60 км от эпицентра	0-10	97	-	-	-	-	74	8

Примечание: * - рассчитано

Таблица 2. Результаты лабораторных анализов по гранулометрическим фракциям

Место отбора пробы	Исходная активность ¹³⁷ Cs, %	Удельная активность ¹³⁷ Cs по гранулометрическим фракциям, %		Исходная активность ^{239/240} Pu, %	Удельная активность ^{239/240} Pu по гранулометрическим фракциям, %	
		<100 мкм	100 - 2000 мкм		<100 мкм	100 - 2000 мкм
500 м от эпицентра	100	7,7	92,3	100	4,6	95,4
2 км от эпицентра	100	34,1	65,9	100	10,0	90,0
30 км от эпицентра	100	17,2	82,8	100	15,0	85,0
60 км от эпицентра	100	2,2	97,8	100	76,5	23,5
С. Саржал	100	63,0	37,0	100	95,1	4,9

Из таблицы 1 видно, что на расстоянии 30 и 60 км удельные активности ^{239/240}Pu, ²⁴¹Am и ¹³⁷Cs снизились примерно в 30 и более раз, ¹⁵²Eu, ¹⁵⁴Eu, ¹⁵⁵Eu, ⁶⁰Co не обнаружены. Сами по себе данные таблицы 1 вполне прогнозируемы (с учетом того, что радиоактивное загрязнение обусловлено только взрывом 1953 г.), поэтому необходимо рассматривать их совместно с данными таблицы 2, где представлены результаты лабораторных анализов по гранулометрическим фракциям в зависимости от расстояния от эпицентра.

Как видно из таблицы 2 прослеживается очевидная зависимость удельной активности ^{239/240}Pu от расстояния от эпицентра, что вероятнее всего связано с характером радиоактивных выпадений. Чем дальше от эпицентра взрыва, тем больший вклад в радиоактивное загрязнение вносят дальние локальные выпадения (или сравнимые с ними по характеру физико-химических процессов глобальные выпадения). Как известно, только наиболее мелкие (диспергированные) частицы оружейного плутония переносятся на большие расстояния от эпицентра ядерного взрыва [16]. Подтверждением этому могут быть результаты исследований пробы грунта, отобранной в районе с. Саржал, где 95% ^{239/240}Pu содержится во фракции <100 мкм. Для цезия такой зависимости не наблюдается, практически во всех пробах, в большей степени, он концентрируется в крупных фракциях (от 37 до 95%), хотя для района с. Саржал большая часть цезия (63%) все же кон-

центрируется во фракции менее 100 мкм. Пока такой характер распределения ¹³⁷Cs труднообъясним. Аналогичные результаты были получены ранее [17]. Возможно, что радиоактивные газовые предшественники ¹³⁷Cs в цепочке распада продуктов деления после ядерного взрыва сорбируются на более крупные частицы подстилающей поверхности.

Лабораторные исследования форм нахождения ^{239/240}Pu в пробах грунта

Для оценки биологической доступности и геохимической подвижности ^{239/240}Pu были проведены исследования по определению водорастворимой и обменной форм нахождения плутония в 5 пробах почвы. Первые три пробы отобраны вдоль юго-восточного следа радиоактивных выпадений термоядерного испытания 1953 г., одна проба отобрана в 20 км восточнее площадки "Опытное поле", одна – в районе с. Саржал (за пределами СИП). Такой выбор проб был необходим для подтверждения предположения о том, что физико-химические свойства радиоактивных образований изменяются в зависимости от расстояния от эпицентра взрыва.

Пробы были разделены на две гранулометрические фракции: 100-2000 мкм и <100 мкм. Экстрагирование плутония проводилось следующими растворами: H₂O (дистиллированная) – водорастворимая форма, 0,01 м CaCl₂ – обменная форма, HF-HNO₃ – прочносвязанная форма [1].

Таблица 3. Результаты экстрагирования плутония из проб грунта

Место отбора пробы	Гранулометрические фракции, мкм	Исходная удельная активность ^{239/240} Pu, %	Удельная активность ^{239/240} Pu, %		
			Водорастворимая форма	Обменная форма	Прочносвязанная форма
2 км от эпицентра вдоль юго-восточного следа	<100	100	<1	<1	99,1
30 км от эпицентра вдоль юго-восточного следа	<100	100	<1	<1	98,3
60 км от эпицентра вдоль юго-восточного следа	<100	100	4,0	1,3	94,7
20 км восточнее пл. "Опытное поле"	<100	100	9,3	6,7	84,0
Район с. Саржал	<100	100	33,4	-	66,6

Данные таблицы 3 показывают, что водная растворимость $^{239/240}\text{Pu}$ меняется от <1 до 33%. Максимальная растворимость достигается в пробе, отобранной в районе с. Саржал (~110 км от эпицентра). Это, по-видимому, связано с тем, что по своим физико-химическим свойствам радиоактивные образования дальних локальных выпадений более близки к глобальным выпадениям. Еще одним фактором, влияющим на свойства радиоактивных образований, вероятнее всего, является размер радиоактивных гранул, выпадающих на подстилающую поверхность, где растворимость и подвижность радионуклидов возрастает с уменьшением размеров гранул, в которых они находятся.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

При ядерных взрывах плутоний может поступать в окружающую среду в различных химических формах. Тугоплавкие соединения плутония, в том числе оксиды, практически не растворимы. Большая их часть при наземных ядерных взрывах выпадает на ближнем, локальном следе в виде шлаков, оплавленных гранул различной формы и состава (радиоактивные образования содержат в качестве матриц оплавленные фрагменты почвы, конструкционных материалов испытательной вышки и взрывного устройства и т.п.). Более растворимые соединения плутония выпадают на подстилающую поверхность с дальними локальными и глобальными выпадениями. В пробе грунта, отобранной в районе с. Саржал (~110 км от эпицентра) водная растворимость $^{239/240}\text{Pu}$ достигает 33%. Данный результат является несколько неожиданным для растворимости плутония, однако аналогичные характеристики поведения радионуклидов наблюдаются при наземных, экскавационных взрывах. В работе [18] установлено, что радиоактивные образования, выпавшие в результате экскавационного взрыва 1965 г. ("Атомное озеро") имеют высокие показатели перехода радионуклидов в растворы: например, при обработке водой в раствор переходит 60-75% радионуклидов. Все это тре-

бует детальных исследований дальних радиоактивных выпадений, при этом сам факт высокой растворимости плутония должен, по-видимому, говорить о сложности радиационной обстановки на границе СИП и за его пределами, а также о недопустимости принятия поспешных решений о реабилитации и дальнейшем использовании в хозяйственных целях земель полигона.

Рассматривая физико-химические свойства радиоактивных выпадений с точки зрения их потенциальной опасности для здоровья людей, нельзя не отметить также такую их характеристику как размер радиоактивных образований. Поскольку, наибольшую опасность при ветровом переносе представляют радионуклиды, концентрирующиеся в мелких гранулометрических фракциях 50 и менее мкм, то есть в так называемых, биологически значимых фракциях радиоактивных частиц, в том числе ингаляционных фракциях (< 10 мкм), существует риск не только вдыхания этих частиц, но и поглощения их через кожу и попадания в организм пероральным путём. Подтверждением этому могут быть результаты исследований проб грунта, отобранных на различных расстояниях от эпицентра взрыва, где на максимальном удалении (которое было исследовано нами) 95% $^{239/240}\text{Pu}$ содержится во фракции <100 мкм.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований выявлена достаточно высокая водная растворимость $^{239/240}\text{Pu}$ на большом расстоянии от эпицентра взрыва. При этом, нельзя однозначно утверждать, что только данный факт является следствием изменения физико-химических свойств радиоактивных выпадений, так как в настоящих исследованиях не определялись такие факторы как механический состав почв, кислотность и т.д. Однако, в дальнейшей работе данные факторы будут учтены, что позволит получить дополнительные данные о природе радиоактивных выпадений на СИП.

ЛИТЕРАТУРА

- Kennedy, V.H., Sanchez, A.L., Oughton, D.H., and Rowland, A.P., *Analyst*, 1997. - P 122, 89-100.
- Oughton, D.H., and Salbu, B., in *Nordic Radioecology: the Transfer of Radionuclides Through Nordic Ecosystems to Man*, ed. Dahlgaard, H., Elsevier, Oxford. - 1994. - P. 165-184.
- Oughton, D.H., and Salbu, B., Riise, G., Lien, H., Ostby, G., and Noren, A., *Analyst*, - 1992. - P 117, 481.
- Вредные химические вещества. Радиоактивные вещества. Справочник. - Ленинград: - Химия.- 1990. - С.197-208.
- Martell E.A. Atmospheric aspects of strontium-90 fall-out. *Science*, 1959. - V.129. - N 3357.
- Roberts H., Menzel R.G. Availability of exchangeable strontium-90 to plants. *F. Agric. and Food Chem.*, 1961. - V.9. - N 2.
- Graham, E.R., and Killion, D.D., *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 1962. - P 26, 545.
- Lakanen, E., and Paasikallio, A., *Ann. Agric. Fenn.*, 1970. - P 9, 133.
- Cremers, A., Elsen, A., De Preter, P., and Maes A., *Nature*, 335, 1988, 247.
- Evans, D.W., Alberts, J.J., and Clark, R.A., *Geochim. Cosmochim. Acta*, 1983, 47, 1041.
- Francis, A.J., in *Environmental Migration of Long-lived Radionuclides*, International Atomic Energy Agency, Vienna, 1982, pp. 415-429. (IAEA-SM-257/72).
- Chebotina, M.Y., and Kulikov, N.V., *Sov. J. of Ecol.*, 1973, 4, 84.
- Kulikov, N.V., Molchanova, I.V., Chebotina, M.Y., and Karavaeva, E.N., *Sov. J. of Ecol.*, 1977, 8, 162.
- Valcke, E., and Cremers, A., *Sci. Total Environ.*, 1994, 157, 275.

15. Плутоний-238,239,240. Радиохимическая методика выделения из проб почвы и приготовления препаратов для альфа-спектрометрических измерений. Стандарт предприятия. СТП 17.66-92. НПО "Радиевый институт им. В.Г. Хлопина", 1993.
16. Израэль Ю.А., Петров В.Н., Прессман А.Я. Тер-Сааков. Радиоактивное загрязнение природных сред при подземных ядерных взрывах и методы его прогнозирования. – Ленинград. - Гидрометеорологическое изд. - 1970.
17. Характеризация радиоэкологических и нерадиоэкологических загрязнителей в месте расположения Семипалатинского полигона. Отчет второго года. 1998 г. Курчатова ИРБЭ НЯЦ РК.
18. Ахметов М.А., Баядилов Е.М., Смагулов С.Г., Характеристика исходных данных радиационного состояния эпицентральной зоны объекта "Чаган" – экскавационного подземного ядерного взрыва для создания искусственного водохранилища. Хабарлары-Известия. – Алматы. - 1994. - Вып. 6.

СЕМЕЙ ПОЛИГОНЫНДАҒЫ АТМОСФЕРАЛЫҚ ЯДРОЛЫҚ ЖАРЫЛЫСТАРДЫҢ РАДИОАКТИВТІ ТҮСІМДЕРДЕГІ $^{239/240}\text{Pu}$ ФОРМАСЫН ТАБУДЫ ЗЕРТТЕУ

Артемьев О.И., Умаров М.А., Сидорич Т.В.

ҚР ҰЯО Радиациялық қауіпсіздік және экология институты, Курчатова

Оңтүстік - шығыс із бойындағы атмосфералық ядролық жарылыстардың радиоактивті түсімдегі $^{239/240}\text{Pu}$ формасын табуы анықтау бойынша зерттеулер жүргізілген. Эпицентрден жарылыстың ұсақдисперстік радиоактивті құрылған бөлігі көбейтіледі ара қашықтың ұлғаюымен және $^{239/240}\text{Pu}$ мөлшері осылармен бірге ұлғайғанын судағы ерігіште және айырбастау формасында көрсетті.

STUDY OF $^{239/240}\text{Pu}$ SPECIES IN RADIOACTIVE FALLOUT DUE TO ATMOSPHERIC NUCLEAR EXPLOSIONS AT SEMIPALATINSK TEST SITE

O.I. Artemyev, M.A. Umarov, T.V. Sidorich

Institute of Radiation Safety and Ecology, NNC, Kurchatov

Studies have been conducted along the southeastern plume to identify species of $^{239/240}\text{Pu}$ present in the radioactive fallout after atmospheric nuclear explosions. It was found that the farther from the explosion ground zero, the more fraction of fine-dispersed radioactive particles and the more $^{239/240}\text{Pu}$ is water soluble and exchangeable.

УДК 504.3.054:546.799.4

PLUTONIUM IN THE AIR OF TOWN KURCHATOV, KAZAKHSTAN

¹J. Lehto, ¹S. Salminen, ¹T. Jaakkola, ²I. Outola, ³S. Pulli, ³R. Zilliacus¹Laboratory of Radiochemistry, University of Helsinki, Helsinki, Finland²Present address: National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, Maryland, USA³Technical Research Centre of Finland, Espoo, Finland

Weekly air samples of 25.000 m³ volume were taken with two air samplers in a period of one year in 2000-2001 in town Kurchatov in Kazakhstan. Another three months period in 2001 the samplers were run in town Astana, about 300 km west from Kurchatov. Pu and U concentrations and isotope ratios were determined from the filters. Pu activities in Kurchatov varied in a wide range: ²³⁸Pu-activities were in average 78 nBq/m³ (range from 7 to 960) and ^{239,240}Pu-activities in average 370 nBq/m³ (range from 14 to 2500). The corresponding values for Astana were much lower: 0.3 and 2 nBq/m³ and in half of the filters the ²³⁸Pu activity was below the detection limit.

BACKGROUND

The former Semipalatinsk nuclear test site (STS) in highly contaminated by radioactive elements from the 456 nuclear explosions carried out in 1949-1989. 26% of these tests were surface and air explosions that are the major source of radioactive contamination on ground. The actual test sites, such as so called Ground Zero site, have very high radioactivity levels up to range of megabecquerels of ^{239,240}Pu per kilogram of soil. The plutonium concentrations in soil at the borders of the site are mainly fairly low, below one Bq/kg of soil. Local and regional radioactive fallouts from the tests resulted in some cases into considerably higher activity levels in soil, for example in the village of Dolon at the northeast corner of the STS the ^{239,240}Pu concentrations are between 30 and 250 Bq/kg [1,2].

The Finnish Nuclear Verification consortium (FINUVE) carried out air sampler testing in Kazakhstan in 2000-2001. The initial purpose of the testing was to develop air sampling methods for wide area environmental sampling (WAES) to detect undeclared nuclear activities. This work was done to support the safeguards and nonproliferation activities of the International Atomic Energy Agency (IAEA) [3,4]. Kurchatov was selected to a study site because it was expected to have considerable plutonium activities in the air and a fairly dusty air. The development of the plutonium determination methods for these air filters and the results obtained have been published [5]. This paper focuses on the Pu activity concentrations in the air of Kurchatov from an environmental contamination point of view.

AIR SAMPLING

There were two samplers running in Kurchatov for a period of a whole year. Both samplers worked at a flow rate of 150 m³/h. Weekly samples that were taken thus contained dust from a total of about 25.000 m³ of air. The other sampler (K2P) had impactor-type prefiltration

unit the purpose of which was to remove coarser particles that were expected to contain mainly uninteresting natural uranium bearing solid material. The filters were made of polyvinyl chloride and their size was 42 cm x 24 cm. Particle removal efficiency for 0.2 micrometer aerosols was higher than 80% [3].

RADIONUCLIDE ANALYSES

The air filters were brought to Finland where they were first analyzed by gamma spectrometry at the Radiation and Nuclear Safety Authority of Finland. Sample decompositions and radionuclide separations were carried out in the Laboratory of Radiochemistry, University of Helsinki. The filters were first ashed in an oven at 400 °C over night and then leached in concentrated nitric acid for six hours. Uranium and plutonium separations were carried out with extraction chromatography resins: first uranium was separated from other radionuclides with a UTEVA resin column and then plutonium was further separated with a TRU resin column. Uranium fraction was delivered to the Technical Research Centre of Finland, Finland, for uranium concentration and isotope analysis with ICP-MS. Plutonium isotope activities were measured with alpha spectrometry using a semiconductor detector. Analytical details are given in references 4 and 5.

PLUTONIUM CONCENTRATIONS IN THE AIR OF KURCHATOV AND ASTANA

The ²³⁸Pu and ^{239,240}Pu concentrations varied in the weekly samples in a wide range (Figures 1 and 2, Table I). The average air concentration of ²³⁸Pu was 78 nBq/m³ and that for ^{239,240}Pu 370 nBq/m³. For both isotopes the values varied in a 100-fold range. The sampler equipped with a preseparation unit gave in average higher results than that without: 70% in case of ²³⁸Pu and 40% in case of ^{239,240}Pu.

PLUTONIUM IN THE AIR OF TOWN KURCHATOV, KAZAKHSTAN

Table I. Average ^{238}Pu and $^{239,240}\text{Pu}$ activities (nBq/m^3) and their ranges of the weekly air samples collected from Kurchatov, Kazakhstan in 2000-2001

	^{238}Pu activity (nBq/m^3)		$^{239,240}\text{Pu}$ activity (nBq/m^3)	
	sampler K1	sampler K2P	sampler K1	sampler K2P
Average	55	93	310	430
Maximum	290	960	2500	1700
Minimum	7	11	20	14
Average of all filters	78		370	

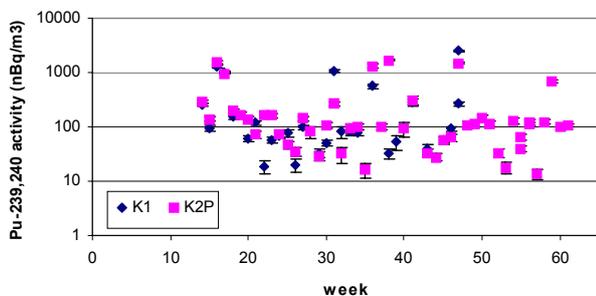


Figure 1. $^{239,240}\text{Pu}$ activity concentration (nBq/m^3) of the air in Kurchatov, Kazakhstan in the years of 2000-2001.

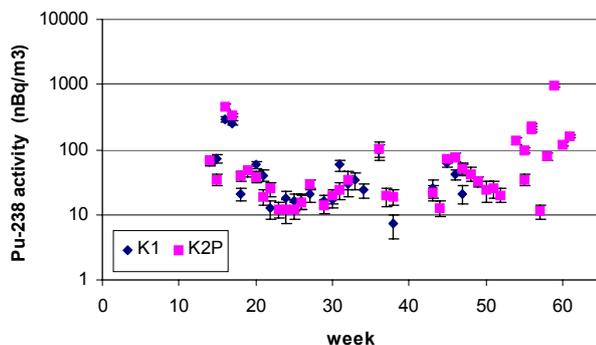


Figure 2. ^{238}Pu activity concentration (nBq/m^3) of the air in Kurchatov, Kazakhstan in the years of 2000-2001.

Dubasov et al [2] have determined the $^{239,240}\text{Pu}$ concentrations in the air of town Kurchatov and several villages on the borders of STS. For Kurchatov they give a single approximate value of 370 nBq/m^3 that is the same value that was obtained in this study as an average of all filters. They report much higher values in villages, for example from 7400 to 37000 nBq/m^3 in Dolon. They also determined natural ^{210}Po in the filters and found that its concentration in the air was much higher than that of Pu, usually its concentration was 370000 nBq/m^3 .

In Astana, some 500 kilometers west from Kurchatov, the Pu-activities in the air were much lower. $^{239,240}\text{Pu}$ concentrations were in average 2 nBq/m^3 . In half of the samples the ^{238}Pu was below the detection limit and calculated from the rest half its air concentration was 0.3 nBq/m^3 . These values are comparable to those found in Finland. In the air of Helsinki the $^{239,240}\text{Pu}$ activity is below 1 nBq/m^3 .

An air parcel trajectory analysis is being carried out to possibly backtrack the areal sources of plutonium found in the filters and the results will be reported later.

PLUTONIUM ISOTOPE RATIOS IN THE AIR

The ratio of ^{238}Pu to $^{239,240}\text{Pu}$ also varied in a wide range [5]. Only in a few samples the ratio was close to the value found in global fallout, for example in Finland, 0.02-0.03. Also values typical for weapons plutonium material, about 0.01, were practically absent in the air filters. Most typical values were around 0.25, and even much higher values up to 2.4 were found. These values are usually typical for spent nuclear fuel that, however, is not known to be responsible for the contamination on this area. Other studies have reported high ratio values as well [7,8], but not as high as the highest ones reported in our earlier paper [5]. The variation of the ratio in general is rather obvious. Even though the details of the 120 atmospheric tests are not known one can imagine that the tests were not identical but varied a lot yielding to variable radionuclide ratios. Plutonium in the air is bound into small aerosol particles and strong winds can resuspend larger plutonium-bearing particles as well. Isotopic ratios are average values of all the particles retained on the filter in a one week time. Taking this into account in addition to variable plutonium isotope ratios on the surface makes it not possible to draw any conclusions on the source term of the activity of an individual filter.

PLUTONIUM AND URANIUM ACTIVITY CONCENTRATIONS IN THE DUST

Uranium amounts had a rather clear relation with the mass of dust retained on the filters (Figure 3). Since the origin of uranium is probably mostly natural uranium from the soil, the relation is rather obvious: the more soil is removed from ground by winds the more uranium is retained in the filters. The situation with plutonium does not seem to be the same (Figures 4 and 5). At dust loads below 1000 mg there is not a relation between plutonium activities with the amount of dust. It seems probable that there is usually a steady-state plutonium concentration in the air as very small aerosols and the larger particles resuspended from the ground and retained on the filter do not contain any plutonium in many cases. Only at the highest values above 1000 mg there is clear increase in plutonium activity with the dust load, possibly caused by the heaviest winds.

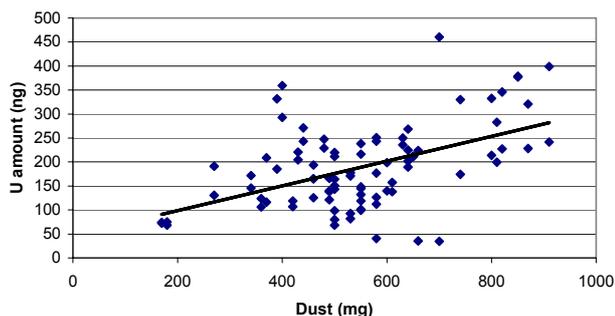


Figure 3. Amount of uranium retained on the filters as a function of dust load

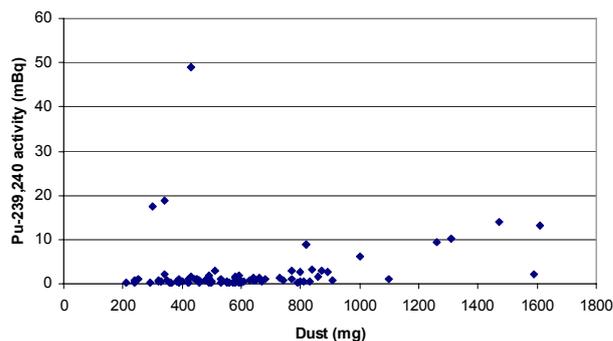


Figure 5. Activity of ^{239,240}Pu retained on the filters as a function of dust load

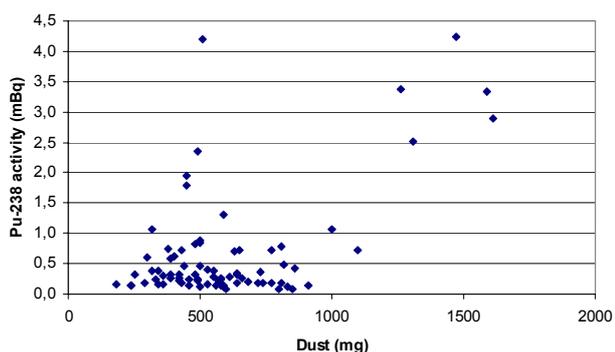


Figure 4. Activity of ²³⁸Pu retained on the filters as a function of dust load

CONCLUSIONS

Due to plutonium contamination on the STS and its surroundings the air in town Kurchatov shows elevated plutonium activities. Compared to town Astana, which is located some 500 km to west from Kurchatov the concentrations are in average about 200-times higher and the highest concentrations are even 1000-3000 times higher. Compared to uranium, the amount of which is directly related to the amount of dust in the air, plutonium does not clearly correlate with dust load. It is assumed that plutonium concentration in the air has usually a more or less constant value irrespective of the amount dust resuspended from the ground.

REFERENCES

1. Radiological conditions at the Semipalatinsk test site, Kazakhstan, Preliminary assessment and recommendations for further study, International Atomic Energy Agency, Vienna, 1998.
2. Dubasov, U.V., Krivohatskij, A.S., Kharitonov K.V. and Gorin V.V., Radioactive contamination of the Semipalatinsk province ground and adjacent territories of the region after atmospheric nuclear test in 1949-1962” in Remediation and Restoration of Radioactively-Contaminated Sites in Europe, Document XI-5027/94, European Commission, Brussels, 1994.
3. Valmari T., Tarvainen M., Lehtinen J., Rosenberg R., Honkamaa T., Ossintsev, A., Lehtimäki M., Taipale A., Ylätaalo S. and Zilliacus R., Aerosol sampling methods for wide area environmental sampling (WAES), Finnish support to IAEA, Report STUK-YTO-TR 183, Radiation and Nuclear Safety Authority of Finland, 2002.
4. Riekkinen I., Jaakkola T., Pulli S., Salminen S. Ristonmaa S., Rosenberg R. and Zilliacus R., Analytical methods for wide area environmental sampling (WAES) for air filters, Finnish support to IAEA, Report STUK-YTO-TR 184, Radiation and Nuclear Safety Authority of Finland, 2002.
5. Salminen S., Outola I., Jaakkola T., Pulli S., Zilliacus R. and Lehto J., Method for analyzing plutonium from air filters for detecting of nuclear activities, submitted to Radiochimica Acta.
6. Priest N., Burkitbayev M., Artemyev O., Lukashenko S. and Mitchell P., Investigation of the radiological situation in the Sarzhai region of the Semipalatinsk nuclear test site, Final Report, NATO SfP-976046(99), 2003.
7. Yamamoto, M., Hoshi, M., Takada, J., Tsukatani, T., Oikawa, S., Yoshikawa, I., Takatsuji, T., Sekerbaev, A. Kh., Gusev, B. I. Some aspects of plutonium in and around the former Soviet Union’s Semipalatinsk nuclear test site, in “Plutonium in the environment”, 200. - 375 p.

ҚАЗАҚСТАН, КУРЧАТОВ ҚАЛАСЫНЫҢ АУАСЫНДАҒЫ ПЛУТОНИЙ

¹)Лехто Ю.Л., ¹)Сальминен С., ¹)Яааккола Т., ²)Оутола И., ³)Пулли С., ³)Зилиакус Р.

¹)Хельсинки университеті, радиохимия зертханасы, Хельсинки, Финляндия

²)Қазіргі мекен-жайы: АҚШ, Мериленд, Гейтерсбург стандарттар мен технологиялардың ұлттық институты

³)Финляндия, Эспоо, Финляндия ғылыми-техникалық орталығы.

Курчатов қаласында (Қазақстан) бір жыл бойы 2000-2001жж. екі проба алғыштың көмегімен, 25000м³ көлемінде ауадан апталық пробалар іріктелді. 2001ж қалған үш айдың ішінде проба алғыштар Курчатовтан батысқа қарай 300 шақырым жерде Астана қаласында қолданылды. Пробалардың фильтірінде Pu және U

изотоптық қатынасы мен концентрациясы анықталды. Pu активтілігі Курчатов қаласында кең диопозонда түрленіп тұрды: ^{238}Pu маңызы орташа 78нБк/м^3 (7-960 дейін) болды, ал $^{239,240}\text{Pu}$ маңызы орташа 370нБк/м^3 (14-2500 дейін) болды. Астана үшін сәйкестілік маңыздары бірталай төменірек болды: 0.3 мен 2нБк/м^3 , ал пробалардың жартысында ^{238}Pu активтілігі аңғару шегінен төмен болды.

ПЛУТОНИЙ В ВОЗДУХЕ ГОРОДА КУРЧАТОВ, КАЗАХСТАН

¹Лехто Ю.Л., ¹Сальминен С., ¹Йааккола Т., ²Оутола И., ³Пулли С., ³Зилиакус Р.

¹*Лаборатория радиохимии, Университет Хельсинки, Хельсинки, Финляндия*

²*Настоящий адрес: Национальный институт стандартов и технологий, Гейтерсбург, Мериленд, США*

³*Научно-технический центр Финляндии, Эспоо, Финляндия*

В 2000-2001 гг. в течение года в г. Курчатов (Казахстан) при помощи двух пробоотборников отбирались еженедельные пробы воздуха объемом 25000 м^3 . В течение последующих трех месяцев 2001 года пробоотборники использовались в г. Астана и в 300 км к западу от Курчатова. В пробах фильтров были определены концентрации и изотопные соотношения Pu и U. Активность Pu в Курчатове варьировалась в широком диапазоне: значения ^{238}Pu были в среднем 78 нБк/м^3 (от 7 до 960), а значения $^{239,240}\text{Pu}$ – в среднем 370 нБк/м^3 (от 14 до 2500). Соответствующие значения для Астаны были намного ниже: 0.3 и 2 нБк/м^3 , а в половине проб активность ^{238}Pu была ниже предела обнаружения.

УДК 504.064:539.16

**О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАВЕДЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ
ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ СЛЕДОВ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ, ПРОВЕДЕННЫХ
НА СЕМИПАЛАТИНСКОМ ИСПЫТАТЕЛЬНОМ ПОЛИГОНЕ**

Ветров В.А.

Институт глобального климата и экологии, Росгидромет и РАН, Москва, Россия

В работе показана возможность идентификации следов радиоактивных выпадений от ядерных взрывов на Семипалатинском испытательном полигоне путем использования соотношений активностей осколочных и наведенных в породе радионуклидов в качестве "меток" следа. Для идентификации следов наземных и подземных (с выбросом грунта) ядерных взрывов в современный период могут служить долгоживущие продукты нейтронной активации горных пород - ^{152}Eu (период полураспада 13,3 лет), ^{154}Eu (8,6 лет), ^{60}Co (5,3 лет). Параметр $P_{154,152} = A_{154}/A_{152}$ служит также чувствительным индикатором условий проведения, типа и мощности взрыва - наземный, подземный, термоядерный и т.п. Рассмотрена возможность идентификации следа взрыва "1" (29 августа 1949 г.) на территории Алтайского края по присутствию в верхнем слое почвы наведенных радионуклидов ^{152}Eu и ^{154}Eu ($P_{154,152} = 0,035$).

ВВЕДЕНИЕ

Задача идентификации следов выпадений от наземных и подземных (с выбросом радиоактивности в окружающую среду) ядерных взрывов, проведенных на Семипалатинском испытательном полигоне (СИП) в 1949-1968 гг., возникает в связи с проблемой реконструкции дозовых нагрузок на население прилегающих к СИП территорий. Трудность задачи обусловлена, в основном, относительно низким уровнем мезомасштабных выпадений долгоживущих радиоактивных продуктов, прежде всего, ^{137}Cs . Действительно, уже начиная с середины 1960-х гг. "старые" (более 10 лет) следы от ядерных взрывов на расстояниях более 100-200 км от мест испытаний были практически неразличимы на фоне глобальных выпадений ^{137}Cs и $^{239,240}\text{Pu}$.

В работе рассматривается возможность идентифицировать следы от наземных и подземных ядерных взрывов на примере анализа состава долгоживущих γ -излучающих продуктов деления и нейтронной активации горных пород и грунтов (^{137}Cs , ^{155}Eu , ^{152}Eu , ^{154}Eu , ^{60}Co), образованных при следующих типичных взрывах:

- наземный, атомный (первый в истории ядерных испытаний в СССР), 29.08.1949 - взрыв "1";
- наземный, термоядерный (первый в истории ядерных испытаний в СССР), 12.08.1953 - взрыв "53";
- подземный, с выбросом грунта, термоядерный (первый в истории "мирных" ядерных взрывов в СССР), 15.01.1965 - "Чаяган".

Методология

В современный период (2003 г.) радиоактивные выпадения на следах трех выше обозначенных взрывов теоретически могут содержать долгоживущие γ -излучающие радионуклиды двух генезисных групп:

1) продукты деления, нейтронной активации конструкции и заряда и остатки плутониевого заряда (в скобках - период полураспада, лет) - ^{125}Sb (2,7), ^{137}Cs (30,1), ^{155}Eu (4,8), ^{241}Am (433).

2) продукты нейтронной активации горных пород и грунтов в эпицентре взрыва - ^{152}Eu (13,3), ^{154}Eu (8,6), ^{60}Co (5,3).

В продуктах каждого ядерного испытания соотношения осколочных и наведенных в породе радионуклидов могут служить "паспортом" взрыва, поскольку выходы этих радионуклидов при взрыве ("функция источника") зависят от индивидуальных параметров заряда (тип, мощность, и т.п.) и условий его расположения (наземный, подземный, состав пород и грунта и т.п.). На количественные соотношения выпавших на следе радионуклидов будет влиять также эффект фракционирования, т.е. отклонение этих соотношений в выпадениях от первоначальных соотношений в функции источника - за счет различий в физико-химических свойствах продуктов взрыва и в условиях испытаний. По этим соображениям, идентификация конкретного взрыва по характерным соотношениям радионуклидов в выпадениях на следе предполагает решение двух задач: 1) определение функции источника определяемого взрыва в виде первоначальных (на момент образования) соотношений между радионуклидами; и 2) учет возможного искажения исходных соотношений в выпадениях вследствие фракционирования.

Функции источника

Наземные взрывы "1", "53". Состав образованных при взрывах "1", "53" радионуклидов в виде отношений выходов (полная активность на момент взрыва) к ^{152}Eu оценивался по результатам γ -спектрометрического анализа проб ошлакованного грунта ("шлак") и остеклованных частиц, отобранных из эпицентров взрывов в 1967 и 1994 г.г. (Табл. 1) [1].

**О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАВЕДЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ
СЛЕДОВ ЯДЕРНЫХ ВЗРЫВОВ, ПРОВЕДЕННЫХ НА СЕМИПАЛАТИНСКОМ ИСПЫТАТЕЛЬНОМ ПОЛИГОНЕ**

Таблица 1. Состав радионуклидов в ошлакованном грунте и частицах из эпицентров взрывов "1" и "53", (A_i/A_{152})₀ на момент взрыва

Взрыв.	Проба	¹⁵² Eu	¹⁵⁴ Eu	⁶⁰ Co	²⁴¹ Am	¹⁵⁵ Eu	¹³⁷ Cs
"1"	шлак	1,0	0,2-0,3	2,7	0,035*	3,5	0,65
	частицы	1,0	0,2	3,7	0,35*	19	3,9
"53"	шлак	1,0	0,2	1,1 – 1,9	0,006*	14-40	0,36
	частицы	1,0	0,2	3,7	0,35*	19	3,9

* - Условные значения, рассчитанные по результатам измерений в окт. 1994 г., без учета накопления при распаде ²⁴¹Pu

Полные выходы представленных в таблице 1 радионуклидов при взрывах могут быть рассчитаны исходя из их отношения к продукту деления – изотопу европия ¹⁵⁵Eu. Не имея легколетучих предшественников, ¹⁵⁵Eu в принципе не должен фракционировать относительно других изотопов европия - ¹⁵²Eu и ¹⁵⁴Eu – продуктов нейтронной активации грунта на площадке подрыва зарядов. Выходы ¹⁵⁵Eu и других осколочных радионуклидов достаточно хорошо рассчитываются при знании основного параметра взрыва – мощности по делению ²³⁹Pu [2]. Для дальнейших расчетов использовали следующие параметры функции источника при взрыве плутониевого заряда: уд. выход ¹³⁷Cs - $y_{137} = 177$ Ки/кт; уд. выход ¹⁵⁵Eu - $y_{155} = 90$ Ки/кт; $R_{137,155} = y_{137} / y_{155} \approx 2$ [2].

Взрыв "Чаган". Одним из основных источников радиоактивного загрязнения территории СИП был

Таблица 2. Функция источника взрыва "Чаган", (A_i/A_{152})₀ на момент взрыва [4]

Радионуклид	²⁴ Na	⁴⁶ Sc	⁵⁴ Mn	⁵⁶ Mn	⁵⁹ Fe	⁶⁰ Co	¹³⁷ Cs	¹⁵² Eu	¹⁵⁴ Eu	¹⁵⁵ Eu
(A_i/A_{152}) ₀	$0,27 \cdot 10^8$	29	14	$2,9 \cdot 10^8$	290	8,2	1,7	1,0	1,6	0,85

ФРАКЦИОНИРОВАНИЕ НАВЕДЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ

Фракционирование ¹³⁷Cs в пробах радиоактивного материала из эпицентров наземных взрывов "1" и "53" можно оценить, опираясь на отношение его активности к ¹⁵⁵Eu. Как было отмечено выше, расчетное отношение выходов (активностей) ¹³⁷Cs и ¹⁵⁵Eu при делении ²³⁹Pu нейтронами спектра деления (условие взрыва обоих зарядов) $R_{137,155} = 2$, в то время как в пробах шлака и частиц это отношение находится в пределах 0,01- 0,2 (Табл. 1). Это несоответствие – следствие фракционирования ¹³⁷Cs (имеющего летучих предшественников ¹³⁷I и ¹³⁷Xe) относительно "тугоплавкого" ¹⁵⁵Eu, которое проявляется в обеднении шлака и остеклованных частиц радионуклидами, относящимися к группе летучих продуктов взрыва. Для ¹³⁷Cs степень обеднения – примерно в 10-200 раз в шлаке (соответственно, от взрывов "1" и "53") и в 10 раз в частицах (взрыв "53").

Таким образом, полученные в результате анализа проб окружающей среды соотношения между долгоживущими радионуклидами осколочного происхождения, имеющими летучих предшественников (¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr) и наведенными радионуклидами (¹⁵²Eu, ¹⁵⁴Eu, ⁶⁰Co) в общем случае не будут представительными для функции источника конкретного наземного взрыва.

С другой стороны, совершенно очевидно, что соотношения изотопов европия ¹⁵²Eu, ¹⁵⁴Eu и ¹⁵⁵Eu будут оставаться постоянными и представительными (для функции источника) во всех природных объек-

тах и зонах загрязнения от конкретного взрыва, поскольку они ведут себя идентично в физико-химических процессах, приводящих к фракционированию продуктов взрыва. Поэтому присутствие в выпадениях осколочного ¹⁵⁵Eu дает возможность получить хорошую "метку" типа взрыва (атомный, термоядерный), используя соотношения A_i/A_{155} с наведенными изотопами того же элемента - ¹⁵²Eu, ¹⁵⁴Eu (см. Табл. 1 и 2).

Выполненные нами в конце 1960-х г.г. детальные исследования поведения продуктов нейтронной активации горных пород при подземных ядерных взрывах (²⁴Na, ⁴⁶Sc, ⁵⁴Mn, ⁵⁶Mn, ⁵⁹Fe, ⁶⁰Co, ¹⁵²Eu, ¹⁵⁴Eu), свидетельствуют о принадлежности этих радионуклидов к группе "тугоплавких" продуктов подземных взрывов. Это означает, что во всех локальных зонах радиоактивного загрязнения (навал грунта, ближний след выпадений из базисной волны и облака взрыва) наведенные в породе радионуклиды находятся в представительных отношениях практически со всеми радионуклидами-продуктами взрыва (за исключением, возможно, наиболее легколетучих осколочных продуктов – ¹⁴⁰Ba, ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr и т.п.). Таким образом, отношения активностей наведенных радионуклидов между собой и к активностям тугоплавких осколочных продуктов (например, ¹⁵⁵Eu) на следах подземных ядерных взрывов с выбросом грунта могут быть использованы как для идентификации выпадений от этих взрывов, так и для реконструкции функции источника отдельных взрывов.

**ПАРАМЕТРЫ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЯДЕРНЫХ
ВЗРЫВОВ**

Отношения активностей радионуклидов европия ^{152}Eu , ^{154}Eu (наведенные, параметр $P_{154, 152} = A_{154}/A_{152}$) и ^{155}Eu (осколочный, параметр $P_{155, 152} = A_{155}/A_{152}$) в пробах природной среды (почва, растения, донные отложения и т.п.) служат характерными метками, по которым можно идентифицировать следы от наземных и подземных ядерных взрывов. Это хорошо видно из данных таблице 3, в которой приведены отношения активностей долгоживущих продуктов рассматриваемых нами взрывов "1", "53" и "Чаган" к активности ^{152}Eu в пробах окружающей

среды. Отношения рассчитаны на 2003 г. по сведениям о радионуклидном составе продуктов этих взрывов (Табл. 1,2) с учетом фракционирования ^{137}Cs в пробах шлака и частиц (взрывы "1", "53", Табл. 1). Другим полезным параметром может служить отношение активностей A_{60}/A_{152} (параметр $P_{60,152}$). Анализ данных в таблице 3 показывает, что вектор из значений трех параметров $P_{154, 152}$, $P_{155, 152}$ и $P_{60, 152}$ однозначно характеризует функцию источника ядерного взрыва. Таким образом, вектор $\{P_{154,152}, P_{155,152}, P_{60,152}\}$ может быть использован для идентификации следов выпадений от ядерных испытаний на СИП и прилегающих территорий.

Таблица 3. Ожидаемые отношения активностей долгоживущих радионуклидов к ^{152}Eu на следах взрывов "1", "53", "Чаган", A_i/A_{152} (октябрь 2003 г.)

Взрыв	Вид пробы	^{152}Eu	^{154}Eu	^{60}Co	^{241}Am	^{155}Eu	^{137}Cs
"1"	шлак	1,0	0,035	0,04	0,06*	0,024	33
"53"	шлак	1,0	0,04	0,04			
	частицы	1,0	0,06	0,07	4,6*	0,19	170
"Чаган"	почва	1,0	0,5-0,7	0,4	-	0,025	5,2

* - Оценка по результатам анализа проб в окт. 1994 г., без учета накопления при распаде ^{241}Pu .

ПАРАМЕТР $P_{154,152}$

Как было показано нами в работе [5], параметр $P_{154,152}$ можно использовать для оценки эффективной энергии активирующих горную породу (почву) нейтронов. Эта энергия, в свою очередь, указывает на интервал температуры, которую имеет геологическая среда в период времени эффективного поглощения нейтронов $\sim 2 \cdot 10^{-4}$ с после детонации заряда. При этом отношение активностей наведенных в породе радионуклидов европия должно определяться выражением:

$$(A_{154}/A_{152})_0 = 1,7 \sigma_{153} / \sigma_{151}$$

в котором σ_{151} , σ_{153} – некоторые эффективные значения сечения активации стабильных изотопов европия нейтронами с энергией E_n ; 1,7 – коэффициент, учитывающий содержание стабильных изотопов в естественной смеси и периоды полураспада наведенных изотопов.

На рисунке 1 показана расчетная зависимость $(A_{154}/A_{152})_0$ от энергии поглощения нейтронов E_n . Кривая получена на основе экспериментальных данных о зависимости отношения сечений $\sigma_{153} / \sigma_{151}$ от энергии нейтронов [6]. Строго говоря, расчетное отношение $(A_{154}/A_{152})_0$ на рисунке 1 лишь качественно отражает зависимость значений параметра $P_{154,152}$ от температуры породы в период поглощения нейтронов, поскольку в реальных условиях взрыва спектр нейтронов при поглощении имеет форму широкого распределения [5]. Тем не менее, рисунок 1 вполне убедительно показывает, как будет изменяться параметр $P_{154,152}$ при повышении температуры поглощающего слоя породы от нормальной (300 °K, $E_n \sim 0,01$ эв) до температуры в полости мощного подземного термоядерного взрыва - $n \times 10^4$ °K ($E_n \sim n$ эв).

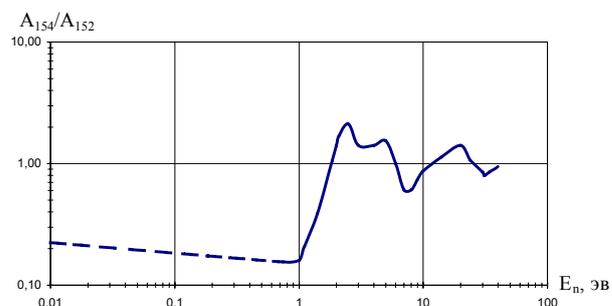


Рисунок 1. Отношение выходов ^{154}Eu и ^{152}Eu при ядерном взрыве в зависимости от энергии поглощенных нейтронов (на момент взрыва)

Анализ приведенных в таблицах 1,2 значений параметра $P_{154,152}$ показывает, что при наземных взрывах "1" и "53" величина параметра (0,2 - 0,3) соответствует области эффективной энергии нейтронов (в температурном равновесии с поглощающей средой) ниже 0,1 эв (Рис. 1), что соответствует температуре слоя поглощения порядка $(1-2) \cdot 10^3$ °K. Для мощного термоядерного взрыва "Чаган" значение параметра $P_{154, 152} = 1,6$ (Табл. 2) лежит в области максимальных значений расчетного отношения $(A_{154}/A_{152})_0$, что можно объяснить более высокой температурой поглощающего слоя породы в условиях замкнутой полости подземного ядерного взрыва – порядка $n \cdot 10^4$ °K (область 1-10 эв, Рис. 1).

Таким образом, параметр $P_{154,152}$, который может быть получен из радионуклидного анализа выпадений, является достаточно чувствительным индикатором условий проведения, типа и мощности взрыва - наземный, подземный, термоядерный и т.п.

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ:
АЛТАЙСКИЙ КРАЙ**

В связи с решением задачи реконструкции дозовых нагрузок на население Алтайского края от ядерных испытаний на СИП нами была сделана попытка применить изложенные в настоящем сообщении приемы для идентификации следов от наземных взрывов "1" (29.08.1949) и "62" (07.08.1962, до 20кт) [1]. Согласно проведенному в обзоре [7] анализу, выпадения от этих испытаний обусловили до 95% суммарной дозы, полученной населением Алтайского края от всех ядерных испытаний на СИП.

Для решения задачи был выполнен γ -спектрометрический анализ проб шлака из эпицентра взрыва "1" (Табл. 1) и проб поверхностного слоя почвы, отобранной на предполагаемой оси следа от этого взрыва вблизи границы Алтайского края и Семипалатинской области. Согласно результатам анализа проб шлака, значения параметров $P_{154,152}$ и $P_{155,152}$ на время проведения исследований (окт. 1994 г., 45 лет после взрыва) составили, соответственно 0,045 и 0,055 (Табл. 1, 3)

Ожидаемые уровни выпадений ^{152}Eu , ^{154}Eu и ^{155}Eu на следе оценивались в предположении отсутствия фракционирования продуктов взрыва в мезомасштабных выпадениях - 100-200 км от места взрыва [8]. Исходя из известного соотношения выходов $Y_{137}/Y_{155} = 2$ на момент взрыва плутониевого заряда [2] и полученного при анализе пробы шлака значения параметра $P_{155,152} = 0,055$ (1994 г.) были рассчитаны (с учетом распада) ожидаемые отношения активностей в верхнем слое почвы на следе взрыва "1" в 1994 г.: $A_{137}/A_{155} = 460$; $A_{155}/A_{152} = 0,055$; $A_{137}/A_{152} = 25$. Абсолютные уровни загрязнения почвы радионуклидами ^{152}Eu и ^{154}Eu были рассчитаны при условии, что максимальные уровни ^{137}Cs на следе на время измерения (окт. 1994 г.) были в пределах максимальной наблюдаемой вариации (отклонения от среднего регионального уровня) фона глобальных выпадений на территории Алтайского края $\sim 1\ 200\ \text{Бк}/\text{м}^2$ [9].

При этих предельно консервативных условиях максимальный уровень содержания ^{152}Eu в почве на следе взрыва "1" мог достигать $50\ \text{Бк}/\text{м}^2$ или порядка $0,5\ \text{Бк}/\text{кг}$ в верхнем 10-см слое почвы. При этом ак-

тивность ^{154}Eu в почве не должна была превысить $0,02\ \text{Бк}/\text{кг}$. Исходя из этих оценок, в [1] был сделан вывод о невозможности прямого гамма-спектрометрического определения параметра $P_{154,152}$ в пробах почвы на следе взрыва "1" и, следовательно, невозможности идентификации самого следа.

Выводы

Идентификация следов радиоактивных выпадений от отдельных ядерных взрывов на СИП за пределами ближних зон выпадений возможна путем использования соотношений активностей осколочных и наведенных в породе радионуклидов в качестве "меток" следа. Выходы этих радионуклидов при взрыве ("функция источника") зависят от индивидуальных параметров заряда (тип, мощность, и т.п.) и условий его расположения и подрыва (наземный, подземный, состав пород и грунта, экранировка нейтронного потока и т.п.).

Для идентификации следов наземных и подземных (с выбросом грунта) ядерных взрывов в современный период могут служить долгоживущие продукты нейтронной активации горных пород - ^{152}Eu (период полураспада 13,3 лет), ^{154}Eu (8,6 лет), ^{60}Co (5,3 лет). Чувствительным индикатором условий проведения, типа и мощности взрыва - наземный, подземный, термоядерный и т.п., служит отношение активностей наведенных изотопов европия - параметр $P_{154,152}$.

Вектор из значений трех параметров $P_{154,152}$, $P_{155,152}$ и $P_{60,152}$ однозначно характеризует функцию источника ядерного взрыва и, следовательно, может быть использован для идентификации следов выпадений от ядерных испытаний на СИП и прилегающих территорий.

На следе взрыва "1" (29 августа 1949 г.) - одного из наиболее сильных источников радиоактивного загрязнения Алтайского края, максимальный уровень содержания ^{152}Eu в почве на расстоянии более 100 км от источника в современный период может достигать $50\ \text{Бк}/\text{м}^2$ или порядка $0,5\ \text{Бк}/\text{кг}$ в верхнем 10-см слое почвы. На территории Алтайского края идентификация следа взрыва "1" по присутствию в верхнем слое почвы наведенных радионуклидов ^{152}Eu и ^{154}Eu ($P_{154,152} = 0,035$) вряд ли возможна путем прямого γ -спектрометрического анализа проб.

ЛИТЕРАТУРА

1. Vetrov V.A. Use of ^{152}Eu as a Tracer for Identifying Fallout in the Altai Region from Nuclear Explosions at the Semipalatinsk Test Site: Would it Work for Present? - ECNSA 2002 Environmental Protection Against Radioactive Pollution (Proc. of Advanced Research Workshop. Sept. 16-19, 2002, Almaty, Republic of Kazakhstan) - In print.
2. Гречушкина М.П. Таблицы состава продуктов мгновенного деления ^{235}U , ^{238}U , ^{239}Pu . - М.: Атомиздат, 1964.
3. Мирные ядерные взрывы (Обеспечение общей и радиационной безопасности при их применении) - М., ИздАТ, 2001.
4. Ветров В.А. Оценка выходов продуктов активации горных пород при реконструкции функций источников подземных ядерных взрывов - Доклад на данной конференции.
5. Израэль Ю.А., Тер-Сааков А.А., Ветров В.А., Красилов Г.А. Активация горных пород и формирование носителей радиоактивных продуктов при подземных ядерных взрывах // В кн.: Peaceful nuclear explosions, Vienna IAEA, 1974. - С. 389-410.
6. Stehn J.R. et al. Neutron cross sections - Rep. BNL-325, 3-rd edition, suppl. 2, 1966.
7. Ядерные испытания, окружающая среда и здоровье населения Алтайского края. Общий обзор. (Я.Н. Шойхет, В.И. Киселев, А.А. Лагутин и др.) - Барнаул, 1993.

8. Израэль Д.А. Изотопный состав радиоактивных выпадений. - Л.: Гидрометеоздат, 1973. - 108 с.
9. Силантьев А.Н. и др. Радиоактивное загрязнение почв на юго-западе Алтайского края // В кн.: Исследования загрязнения окружающей среды – Тр. Института экспериментальной метеорологии, вып. 22 (158), С.-П., Гидрометеоздат, 1993. С. 159-171.

СЕМЕЙ СЫНАҚ ПОЛИГОННЫҢ ӨТКІЗІЛГЕН ЯДРОЛЫҚ ЖАРЫЛЫСТЫҢ ИДЕНТИФИКАЦИЯЛЫҚ ІЗДЕРІ ҮШІН ЖАСАНДЫ РАДИОНУКЛИДТЕРДІ ПАЙДАЛАНУ МҮМКІНДІГІ ТУРАЛЫ

Ветров В.А.

Ғаламдық климаты мен экология институты, Ресгидромет және РФА, Мәскеу, Ресей

Семей сынақ полигонның ядролық жарылыстан жарықшақ және жасанды белсенді ара- қатынасын пайдалану жолдарында радионуклидтердің жынысындағы сапалы "белгі" іздерін радиоактивті түсімдердің идентификациялық іздерін жұмыста көрсеткен. Қазіргі кезеңде ядролық жарылыстың жер үстіндегі және жер астындағы идентификациялық іздері үшін ^{152}Eu (13,3 жас, жартылай ыдырау кезеңінде), ^{154}Eu (8,6 жас), ^{60}Co (5,3 жас) тау жыныстарының нейтрондық белсенділік өнімі ұзақ өмір сүруі мүмкін. Жарылыстың қуаттылығы – жер үстінде, жер астында, термоядерде және т.б. типтерде, $P_{154,152} = A_{154}/A_{152}$ параметрі қызмет етеді, сондай-ақ сезімтал индикатормен өткізеді. Алтай өлкесінің аумағындағы топырақтың бетіндегі қабатта ^{152}Eu ^{154}Eu ($P_{154,152} = 0,035$) жасанды радионуклидтер болған (1949 ж. 29 тамызында) "1" жарылыстың идентификациялық іздерінің мүмкіншілігі қарастырылған.

USE OF INDUCED RADIONUCLIDES FOR RECOGNITION OF TRACKS OF NUCLEAR EXPLOSIONS CARRIED OUT AT THE SEMIPALATINSK TEST SITE

V.A. Vetrov

Institute of Global Climate and Ecology Rushydromet and RAS, Moscow, Russia

The study was performed to show the ability to recognize fallout tracks from nuclear explosions on Semipalatinsk Test Site by using ratios of fission and neutron activation products as "markers" of tracks. In the current period long-lived products of neutron activation of rocks - ^{152}Eu (half-life 13,3 y), ^{154}Eu (8,6 y), ^{60}Co (5,3 y) - can serve for recognition of tracks from ground-surface and underground (with rock outburst) nuclear explosions. Index $P_{154,152} = A_{154}/A_{152}$ (ratio of ^{154}Eu to ^{152}Eu activities in the deposition) also is a sensitive indicator of explosion conditions – type of a charge (fission, fusion), arrangement (ground-surface, underground) etc. The first nuclear test (29 Aug. 1949) was considered as the case study in attempt to identify its deposition track in the Altai region area using expected levels of induced radionuclides ^{152}Eu и ^{154}Eu ($P_{154,152} = 0,035$) in soil.

УДК 504.4.054:539.16

ИЗУЧЕНИЕ ПРИРОДНЫХ СОРБЕНТОВ СЕМИПАЛАТИНСКОГО РЕГИОНА**Голикова Н.В., Артемьев О.И., Ларин В.Н., Донцова Г.А.***Институт радиационной безопасности и экологии, ИЯЦ РК, Курчатов*

Представлены результаты изучения свойств различных сорбентов по очистке от радионуклидов вод, вытекающих из штолен Дегелена. Хороший эффект выявлен при использовании природных сорбентов местного происхождения. Разрабатывается модель их использования в полевой установке по очистке загрязненных вод.

ВВЕДЕНИЕ

С 1961 по 1989 гг. в штольнях Дегелена было произведено более 200 ядерных взрывов, в результате чего природные экосистемы подверглись значительному радиоактивному загрязнению. Оно обусловлено, в основном миграцией радионуклидов со штольневыми водами. Несмотря на начавшиеся в 1996 г. работы по закрытию штолен, ряд из них, тем не менее, остается водоносными. Из таких штолен с водопроявлениями до сих пор продолжается вынос радиоактивных продуктов ядерного распада. Процесс стабилизации водного режима на горном массиве Дегелен еще не завершен. Даже в течение года количество водоносных штолен может меняться, т.к. некоторые водотоки в зависимости от метеоусловий являются временными. Таким образом, возник вторичный фактор длительного радиоактивного загрязнения дневной поверхности горного массива – водная миграция радионуклидов из полостей штолен [1,2].

Радиационный мониторинг на территории площадки Дегелен начал функционировать с 1996 г. Он осуществлялся путем ежеквартального отбора проб воды и лабораторного анализа на содержание ^{137}Cs , ^{90}Sr и ^3H . Содержание ^{137}Cs в пробах воды, отобранных в штольнях 503 и 177 в 2000 г., по снижению значений удельной активности является постоянным в течение трех лет. Аналогичная тенденция по снижению значений наблюдается в отношении трития на штольне 177, самой загрязненной этим радионуклидом, - примерно в 2 раза по сравнению с 1999 годом.

В этой связи проблема предотвращения водной миграции продуктов ядерных взрывов стала крайне актуальной. Для ее решения специалистами института ведется поиск сорбентов для очистки вытекающих из штолен вод. Основными предъявляемыми требованиями к ним являются достаточно высокая поглощательная способность, доступность и дешевизна. В последнее время приоритетным направлением является использование для извлечения ионов металлов из загрязненных вод неуглеродных сорбентов естественного происхождения [3]. Первые систематические исследования ионного обмена были проведены на природных неорганических материалах, в частности, глинах еще в 19 веке. Обобщение и критическое рассмотрение имеющихся в литературе данных в период по 1960 г. XX века по ионному обмену на природных и синтетических ионообменниках представлены в монографии Ч. Амфлета [4]. В начале XX столетия уже

появились искусственные неорганические ионообменники, которые широко применяются в настоящее время во многих отраслях промышленности. Интерес к природным сорбентам вновь усилился в конце XX столетия в связи тем, что во многих регионах Земли обострились экологические проблемы. Решить вопросы сохранения и восстановления природной среды можно только на основе широкого использования доступных, дешевых и эффективных сорбентов. Этим требованиям во многом отвечают природные неорганические сорбенты по ряду факторов: месторождения природных сорбционных материалов составляют миллионы тонн; они гораздо дешевле синтетических сорбентов; они обладают высокой температурной и радиационной стойкостью по сравнению с ионообменными смолами. Вследствие этого наиболее перспективными являются природные, либо модифицированные природные сорбенты (элювиальные глины). Практическое использование данных природных сорбентов обусловлено их достаточно высокой сорбционной емкостью, селективной направленностью, катионообменными свойствами, возможностью удаления загрязнений, практически до нулевых остаточных концентраций, отсутствием вторичных загрязнений. Одним из основных факторов, определяющих перспективность использования элювиальных глин, является их широкая распространенность, доступность и экологическая чистота. В прилегающих к СИП районах имеется месторождение этих глин. Они практически выходят на дневную поверхность и не представляют трудности для разработок.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В настоящее время основным направлением выноса радионуклидов за пределы горного массива является их миграция по водным артериям Дегелена – ручьям Узын-Булак, Тахтакушук, Байтлес и Карабулак, которые находятся в зоне влияния водотоков из штолен. Лабораторные анализы проб воды показывают, что вынос радионуклидов продолжается и в настоящее время. Радионуклиды, в большинстве своем, выщелачиваясь из подземных областей, находятся в водорастворимой форме. Это обуславливает их высокую миграционную способность. Вынос вод с повышенным содержанием радионуклидов происходит во всех направлениях, а это значит, что не исключена возможность распространения радиоактивного загрязнения за пределы горного массива (Табл. 1).

Таблица 1. Удельная активность радионуклидов в пробах воды (2002 г.), отобранных на горном массиве Дегелен

Ручей	Точка отбора	Удельная активность		
		¹³⁷ Cs, Бк/кг	⁹⁰ Sr, Бк/кг	³ H, кБк/кг
Байтлес	т. 21	75,3	212	15
	т. 22	<2	145	54
	т. 23	<2	59	63
	т. 26	100	133	386
	т. 27	<2	-	166
	т. 28	5,6	-	160
	т. 29	<2	-	129
Карабулак	т. 1	<2	0,16	94
	т. 7	<2	0,06	42
	т. 8	<2	0,03	27
	т. 11	701	418	261
Тахтакушук	т. 16	194	931	214
	т. 20	<2	-	129

Точки исследований располагались вдоль русел ручьев, начиная от припортальных площадок штолен до выхода за границы горного массива.

При обследовании 2 русел (т.21 и т.26-30) р. Байтлес максимальные значения концентрации радионуклидов были зарегистрированы в верховье ручья при выходе на дневную поверхность водотока из штольни 609 (т. 21), затем вдоль русла концентрации снижаются. В другом притоке значения также снижаются: если в верхнем течении у штольни 176 (т. 26) значения удельной активности радионуклидов максимальны, то в низовье они меньше в 2500 раз по ¹³⁷Cs, в 210 раз по ⁹⁰Sr.

В р. Карабулак, два притока, которые (т.1 и т.7, 8) являются наименее загрязненными из всех ручьев, удельная активность ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr значительно увеличивается после их слияния. Третий приток р. Карабулак (т.11) наиболее загрязнен по сравнению с двумя другими. Максимальные значения удельной активности ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr достигают 701 и 418 Бк/кг. Снижение концентраций в целом идет по мере удаления от порталов штолен.

Распределение ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr в пробах воды р.Тахтакушук меняется с удалением от верховья ручья к низовью, ⁹⁰Sr – от 931 Бк/кг и ниже, а ¹³⁷Cs – от 194 до <2.

Аналогичная картина, в целом, наблюдается и по снижению удельной активности ³H. Исключение составляет один из притоков р.Байтлес (т.21-23), в котором значения ³H, наоборот, увеличиваются от 15 до 63 кБк/кг. Возможно, в этот приток разгружаются временные водотоки из штолен, загрязненных ³H, который, в отличие от других радионуклидов, не сорбируется в донных отложениях.

В 2002 г. вынос радиоактивных веществ из штолен на дневную поверхность составил: – 2 Ки; ⁹⁰Sr – 8 Ки; ³H – 4 кКи. Поэтому крайне актуальной стала проблема предотвращения водной миграции радионуклидов с водами ручьев на горном массиве. Для

этой цели предложено использовать белые элювиальные глины. Они представляют собой осадочные горные породы, образованные путем выветривания и физико-механического разложения горных пород, содержащих глинозем и кремний. Термин "элювиальные" является собирательным, то есть так называемые элювиальные глины включают в себя, в зависимости от химического состава, каолин, бентонит (монтмориллонит) и цеолит [5]. Использование таких сорбентов обусловлено их достаточно высокой сорбционной емкостью, избирательностью, катионообменными свойствами, сравнительно низкой стоимостью и доступностью (как в нашем случае). Это обусловлено наличием отрицательно заряженного трехмерного алюмосиликатного каркаса со строго регулярной тетраэдрической структурой, образованной ионами кремния. В жестком алюмокремнекислородном каркасе кристаллической решетки имеются полости – поры, сообщающиеся между собой открытыми каналами – окнами. Таким образом, белые глины представляют собой так называемые "молекулярные сита", через которые возможна диффузия посторонних веществ и замещение катионов тетраэдрической решетки цеолита на ионы многовалентных металлов без нарушения структуры сорбента [6]. Перспективой их использования может стать создание специальных очистных сооружений на загрязненных территориях Дегелена.

Для обоснования выбора сорбентов были проведены лабораторные анализы по сравнению свойств природных и модифицированных природных сорбентов. В лабораторных условиях были проведены эксперименты по определению сорбционных свойств по отношению к радионуклидам ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr, ^{239,240}Pu. Для этого использовалась фильтрующая система, конструкция которой состояла из трех отстойников (Рис. 1). Отстойники устанавливались на разной высоте так, что каждый последующий отстойник находился ниже предыдущего.

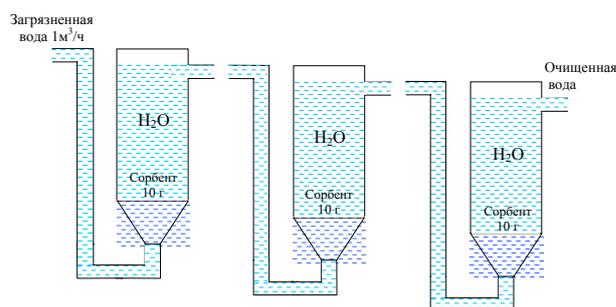


Рисунок 1. Схема экспериментальной установки для изучения свойств сорбентов

Верх каждого отстойника открыт. Вход воды – снизу, выход – сверху, скорость движения воды – около 1000 см³/час. В каждый отстойник вносилось по 10 г сорбента, через который проходила вода с внесенными в нее радионуклидами. По удельным активностям радионуклидов в пробе воды до и после

пропускания ее через отстойники с сорбентом, была оценена сорбционная способность используемых модифицированных глин. Полученные в результате эксперимента данные приведены в таблице 1.

Как показывают проведенные исследования, природные сорбенты проявляют высокую сорбционную способность по отношению к изучаемым радионуклидам.

В продолжение работы по изучению сорбционных свойств различных сорбентов были проведены исследования сорбционных свойств кальцийфосфатного гидратированного и магнийсодержащего гидратированного сорбентов, полученных в Институте химических наук (г. Алматы) на основе гидроксипатита (Табл 3).

Для изучения сорбционных свойств сорбентов по отношению к радионуклидам ^{137}Cs и ^{90}Sr использо-

валась вода с заранее известной концентрацией этих радионуклидов, отобранная из штольни №104 (СИП, горный массив Дегелен).

Навески сорбентов суспендировались в течение 5 минут в 1 л воды, суспензии отстаивались до полного осаждения твердой фазы и через сутки фильтровались через фильтр "белая лента". Фильтраты использовались для определения изотопов ^{137}Cs и ^{90}Sr . Результаты эксперимента приведены в таблице 4.

Для исследования сорбционных свойств сорбентов №1 и 2 по отношению к плутонию также использовалась вода из штольни №104, в которую вносилась метка ^{238}Pu . При этом 2 г сорбента взмучивали в 0,3л воды. Через сутки вода фильтровалась через фильтр "белая лента". Фильтрат использовался для определения ^{238}Pu . Результаты эксперимента приведены в таблице 5.

Таблица 2. Результаты использования белой глины для очистки воды, загрязненной радионуклидами

Удельная активность, Бк/кг						Коэффициент сорбции, %		
до сорбции			после сорбции			^{238}Pu	^{90}Sr	^{137}Cs
^{239}Pu	^{90}Sr	^{137}Cs	^{238}Pu	^{90}Sr	^{137}Cs			
23	1200	220	14	594	86	60	51	61

Таблица 3. Элементный состав изучаемых сорбентов

Название сорбентов	Элементный состав, %				
	Кальций	Магний	Натрий	Фосфор	Хлор
Кальцийфосфатный гидратированный сорбент	36,1	Нет	Следы	21,2	Следы
Магнийсодержащий гидратированный сорбент	40,7	8,1	Следы	24,2	Следы

Таблица 4. Изучение сорбционных свойств модифицированных сорбентов по отношению к ^{90}Sr и ^{137}Cs

№ сорбента	Начальный вес сорбента, г	Содержание радионуклидов в воде				Процент сорбции		Вес сорбента после опыта, г
		^{90}Sr , Бк/л		^{137}Cs , Бк/л		^{90}Sr	^{137}Cs	
		До опыта	После опыта	До опыта	После опыта			
1	3,31	1200	840	240	240	30	0	3,16
2	5,89	1200	360	240	240	70	0	3,66

Таблица 5. Изучение сорбционных свойств модифицированных сорбентов по отношению к ^{238}Pu

№ сорбента	Начальный вес сорбента, г	Содержание ^{238}Pu в воде, Бк/л		Процент сорбции	Вес сорбента после опыта, г
		До опыта	После опыта		
1	2,00	5,30	0,15	97	0,97
2	2,00	5,90	0,1	98	0,73

Таким образом, проведенные исследования показали, что наилучшие результаты сорбции радионуклидов достигаются для $^{239,240}\text{Pu}$ – 97 и 98%, тогда как для ^{90}Sr – всего лишь 30 и 70%, по отношению к ^{137}Cs данные сорбенты сорбционных свойств не проявляют.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Не смотря на высокую сорбционную способность модифицированных сорбентов по отношению к $^{239,240}\text{Pu}$, они могут представлять лишь чисто академический интерес, их широкомасштабное использование не представляется возможным из-за отсутствия сорбционной способности по отношению к ^{137}Cs , из-за их высокой себестоимости, а также большой растворимости. Кроме того, эти испытания были проведены в статических условиях, в которых

процент сорбции всегда выше по сравнению с динамическими условиями (Рис. 1, Табл. 2).

Отработку методики экологической реабилитации водоемов с испытанием естественных сорбентов предполагается провести на водосбросовых ручьях горного массива Дегелен. Представляется целесообразным на одном из ручьев установить элементарные устройства водоочистки с использованием естественных сорбентов. Анализ результатов предварительного обследования по радиоэкологическому фактору и горно-геологическим условиям показал, что лучше место для расположения опытного очистного поста – район стока ручья из штольни 104. Преимущества данного места заключаются в следующем:

- высокий уровень загрязнения воды одновременно по тритию, цезию и стронцию.

- минимальные объемы земляных работ при обустройстве очистной станции.
- достаточно высокий дебит воды в течение всего года.

Для создания очистной станции в наиболее подходящем месте выбранного русла ручья предлагается воздвигнуть плотину для создания накопительного пруда. Для стока воды в теле плотины будут оборудованы шлюзы. Контейнеры с сорбентами будут устанавливаться в теле плотины и по берегам пруда. При этом основной задачей для разработки сорбционной установки ставится обеспечение максимального удобства и простоты использования, возможность оперативной замены отработанных контейнеров с сорбентами на свежие.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ахметов М.А., Артемьев О.И., Птицкая Л.Д. Радиационный мониторинг водотоков и проблемы реабилитации на горном массиве Дегелен Семипалатинского испытательного полигона. // Вестник Национального ядерного центра Республики Казахстан, "Радиоэкология. Охрана окружающей среды". – 2000.- Вып.3(9). - С.23-28.
2. Ахметов М.А., Коновалов В.Е., Птицкая Л.Д. Современное состояние экосистемы на испытательной площадке Дегелен бывшего СИП. // Труды международной конференции "Радиоактивность при ядерных взрывах и авариях": Гидрометеиздат, Санкт-Петербург. – 2000. – Т.1, - С.477-483.
3. Смирнов Д.А. Сорбционная очистка воды. – Ленинград: Химия. – 1982. 285 с.
4. Третьяков С.Я. Изучение сорбции радионуклидов ^{90}Sr ^{137}Cs на природных сорбентах в модельных экосистемах. Радиохимия, 2002. - Т.44. - С.89-91.
5. Челищев Н.Ф., Беренштейн Б.Г., Володин В.Ф. Цеолиты – новый тип минерального сырья. – Москва, - 1987. 149 с.
6. Физико-химические и медико-биологические свойства природных цеолитов. /Под ред. Соболева Н.В. – Москва, 1990. - 327 с.

СЕМЕЙ АЙМАҚТАРЫНДА ТАБИҒИ СОРБЕНТТЕРДІ ЗЕРТТЕУ

Голикова Н.В., Артемьев О.И., Ларин В.Н., Донцова Г.А.

ҚР ҰЯО Радиациялық қауіпсіздік және экология институты, Курчатов

Дегелен штольнядарынан аққан суларды радионуклидтерден тазарту үшін түрлі сорбенттер қасиеттеріне зерттеулердің нәтижелері ұсынылған. Табиғи сорбенттердің жергілікті шығу тегін пайдаланған кезде жақсы әсерін қалдырды. Ласланған суларды тазарту бойынша алданға пайдаланатын қондырғысының моделі жасалып жатыр.

STUDY OF NATURAL SORBENTS OF SEMIPALATINSK REGION

N.V. Golikova, O.I. Artemyev, V.N. Larin, G.A. Dontsova

Institute of Radiation Safety and Ecology, RK NNC, Kurchatov

The paper presents results of investigations aimed at study of properties of various sorbents for their potential use in cleanup of radionuclide-contaminated waters flowing out of the Degelen tunnels. The preference is given to the natural sorbents of local origin. A model to use sorbents in a field facility for water decontamination is under the development.

УДК 622.233:622.235

**ТЕХНОЛОГИИ ЛИКВИДАЦИИ ИНФРАСТРУКТУРЫ ИСПЫТАНИЙ
ЯДЕРНОГО ОРУЖИЯ НА БЫВШЕМ СЕМИПАЛАТИНСКОМ ПОЛИГОНЕ****Ерофеев И.Е., Ковалев В.В.***Казахский государственный научно-производственный центр взрывных работ, Алматы*

Ликвидация инфраструктуры испытаний ядерного оружия на бывшем Семипалатинском полигоне в мировой практике осуществлялась впервые. С целью повышения надежности и обеспечения безопасности при ликвидации различных объектов и проведении крупномасштабных экспериментов, специалистами Казахского государственного научно-производственного центра взрывных работ (КГЦВР) Национального ядерного центра Республики Казахстан (НЯЦ РК) и ТОО "Дегелен" были разработаны принципиально новые технологии взрывных работ.

ВВЕДЕНИЕ

Указом Президента Республики Казахстан от 29.08.1991г. № 406 Семипалатинский испытательный ядерный полигон (СИП) был закрыт.

В соответствии с решениями Правительства, начиная с 1992г. НЯЦ РК проводит планомерные работы по ликвидации последствий и инфраструктуры испытаний ядерного оружия, изучению влияния ядерных испытаний на окружающую среду, созданию национальной сейсмической сети НЯЦ РК и мировой сейсмической сети ОДВЗЯИ и по разработке методов контроля за негативным влиянием ядерных испытаний на здоровье человека и состояние окружающей среды.

Постановлением Правительства Республики Казахстан от 13.08.1996г. (Указ № 1002) НЯЦ РК утвержден в качестве ответственного исполнителя по всем программам, касающимся уничтожения инфраструктуры испытаний ядерного оружия на СИП, включая программы по закрытию штолен (скважин специального назначения), проведению сейсмических калибровочных взрывов на массиве "Дегелен" и площадке "Балапан", ликвидации специальных технологических объектов (СТО) на площадке 19/75.

**ЗАКРЫТИЕ ШТОЛЕН И ПРОВЕДЕНИЕ
СЕЙСМИЧЕСКИХ КАЛИБРОВОЧНЫХ ВЗРЫВОВ НА
МАССИВЕ "ДЕГЕЛЕН"**

На первом этапе программы были проведены необходимые гидрогеологические и радиологические исследования каждой штольни и определены методы их закрытия. Все работы по закрытию штолен производились в соответствии с "Типовым проектом закрытия штолен горного массива "Дегелен", который прошел Государственную техническую экспертизу в Департаменте по государственному надзору за чрезвычайными ситуациями, надзору за безопасным ведением работ в промышленности и горному надзору Агентства по чрезвычайным ситуациям и Государственную экологическую экспертизу в Министерстве экологии и биоресурсов РК. На основании Типового проекта, с учетом особенностей каждой штольни, были разработаны рабочие проекты закрытия их порталов, которые включали: обрушение накладными

зарядами на поверхности, бурение шпуров изнутри и скважин с поверхности, установку бетонных пробок и комбинированными способами.

При закрытии штолен методом строительства бетонной пробки обеспечивался независимый контроль бетона, образцы которого направлялись в Семипалатинский центр Комитета по стандартизации, метрологии и сертификации при Кабинете Министров РК.

В период с 3.05.1998 г. по 26.08.2000г. в рамках контракта DSWA 01-98-C-0016 от 28.11.1997г. между Агентством Специальных Типов Вооружений Министерства обороны США ("Заказчик") и НЯЦ РК ("Подрядчик"), были выполнены все работы по закрытию 181 штольни.

В рамках контракта DSWA 01-98-C-0016 и его модификаций (P0001, P0006 и P0008) в штольнях горного массива "Дегелен" было проведено три сейсмических калибровочных эксперимента с подрывом в каждом опыте по 100 тонн промышленного взрывчатого вещества. Данная серия опытных взрывов, проведенная в 1998-2000гг. в штольнях №№ 214, 160-B и 160-C, получила название "Омега". Цель экспериментов – предоставить возможность испытать и улучшить проверочные технологии в поддержку Договора всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний, обеспечить региональную телесеismicкую калибровку, улучшить исследования по обнаружению низкочастотных ЕМР, предоставить возможность проведения инспекций на местах. Для всех сейсмических калибровочных экспериментов были применены аналогичные взрывчатые материалы:

- взрывчатое вещество (ВВ) – гранулолот;
- промежуточные детонаторы (боевики) – аммонит №6 ЖВ;
- детонирующий шнур – ДШЭ-12;
- электродетонаторы – ЭД-8Ж;
- взрывная машинка – КПМ-3У.

Основными научно-техническими задачами при подготовке и проведении экспериментальных взрывов было обеспечение:

- одновременности и надежности подрыва крупномасштабного заряда ВВ с точностью на самой удаленной точке массы не более 0,3-0,2 м/с;

- надежности подрыва заряда ВВ при сроке его нахождения в штольне до 30 суток;
- подачи импульса тока от взрывной машинки КПМ-3У на индукционной катушке для включения всех приборов, ЭВМ и телеаппаратуры, фиксирующих параметры взрыва, не менее 250 вольт.

Сосредоточенные заряды с массой по 100 тонн ВВ размещались в камерах, пройденных в штольнях, кубической или полусферической формы объемом по 120 м³. На расстояниях 20-40 м от зарядных камер располагались горные выработки, из которых в зарядную камеру бурились скважины диаметром 190 мм для установки датчиков, фиксирующих основные параметры взрыва (скорость детонации ВВ, давления на фронте ударной волны, скорости смещения горных пород и др.).

Сложность решения задачи достижения точности инициирования зарядов в различных точках до 0,2-0,3 мс была обусловлена тем, что точность срабатывания применяемых электродетонаторов с нулевым замедлением, выпускаемых известными в мире фирмами, составляет не менее 2-4 мс. В связи с этим на испытательной станции Новосибирского механического завода "Искра" были проведены исследования, результаты которых позволили разработать технологию взрывных работ, соответствующую выполнению требований. Боевики (промежуточные детонаторы) изготавливались из 24 кг патронированного аммонита №6ЖВ с усилителями из детонирующего шнура, что позволило увеличить скорость детонации инициирующего заряда на до 7000 м/с – выше, чем у гранулолола. Промежуточные детонаторы в заряде устанавливались точно по макету на аналогичных расстояниях. Разработанные новые технологии взрывных работ обеспечили скорость детонации тротила в замкнутом заряде около 6500 м/с, которая является технически расчетной с достижением максимальной возможной энергии взрыва для проведения сейсмических измерений.

ЗАКРЫТИЕ СКВАЖИН СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА ПЛОЩАДКЕ "БАЛАПАН"

При закрытии 12 неиспользованных скважин специального назначения диаметром 1,0-1,5 м проведены геофизические, экспериментальный и три опытных взрыва на глубинах до 650 м под водой при гидростатических давлениях до 7,0 МПа. Ранее аналогичные взрывы в практике как гражданских, так и военных ведомств не проводились.

Решение данной проблемы усложнялось применением обычных промышленных взрывчатых веществ (ВВ), техническими условиями, на которые определено их возможное использование в водной среде на глубине до 30 м в течение 30 часов.

На основании предварительного технического анализа для проведения взрывных работ на площадке "Балапан" из перечня допущенных к постоянному применению в республике взрывчатых материалов (ВМ) были определены:

- ВВ – гранулолол (гранулированный тротил);
- промежуточные детонаторы – шашки Т-400Г;
- детонирующий шнур – ДШУ-33М;
- электродетонаторы с нулевым замедлением.

На первом этапе были проведены лабораторные исследования, целью которых являлось определение:

- возможности и скорости осаждения гранулолола при гидростатическом давлении до 7,0 МПа;
- надежности взрывания гранулолола, шашек Т-400Г и ДШУ-33М после нахождения в воде до 7 суток при гидростатическом давлении до 7 МПа.

Для проведения исследований был разработан и изготовлен специальный стенд, на котором были получены предварительные данные по скорости осаждения гранулолола и надежности взрывания взрывчатых материалов всех наименований при гидростатическом давлении 3 и 7 МПа и времени нахождения их в водной среде 3 и 7 суток. После извлечения ВМ из корпуса стенда, они испытывались на подрыв и детонацию в соответствии с "Едиными правилами безопасности при взрывных работах "Гранулолол устойчиво детонировал и обеспечивал аналогичные взрывчатые характеристики в сравнении со стандартной (сухой) пробой при изменении гидростатического давления до 7,0 МПа и времени нахождения в воде до 7 суток.

Шашки-детонаторы Т-400Г и ДШУ-33М не выдержали ни одного испытания даже при минимальных параметрах (3 МПа и 3 суток), что объясняется полным размоканием прессованного тротила шашек и ТЭНа, входящего в состав ДШУ-33М.

В связи с тем, что замена ассортимента ВМ для проведения опытных массовых взрывов была невозможной, с целью разработки надежных технологий дополнительной гидроизоляции шашек и ДШУ-33М при производстве взрывных работ, была выполнена дополнительная программа проведения экспериментальных работ в полевых условиях. При испытаниях образцы взрывчатых материалов погружались в скважину в открытом контейнере на глубину 530 м и выдерживались под водой в течение от 3 до 32 часов, а затем поднимались на поверхность, подвергались наружному осмотру и испытаниям на чувствительность к детонации, передачу и полноту детонации. По результатам экспериментальных исследований на стенде и в полевых условиях были сделаны следующие выводы:

- замокание сердцевин ДШУ-33М происходит только с концов бухты, ограниченных металлическими колпачками; проникновение воды к ТЭНу через оболочку шнура не происходит;
- при замокании шашек Т-400Г уменьшается их чувствительность к детонации; причем водоустойчивость шашек даже одной партии различная, зависящая от плотности, однородности состава, отсутствия или наличия пустот;

- гранулолот безотказно детонирует от качественного промежуточного боевика из шашек Т-400Г вне зависимости от материала заполнения его межгранульного пространства (вода, раствор аммиачной селитры, водомасляная эмульсия).

В последующем были разработаны надежные технологии дополнительной гидроизоляции ВМ, которые успешно реализованы при проведении опытных взрывов.

Проектом на опытные взрывы были определены две возможные технологические схемы формирования зарядов ВВ:

- спуск основного заряда гранулолота и боевика в контейнерах;
- спуск гранулолота самотеком (осаждением в воде) и установкой боевиков в контейнере, располагаемом в верхней части заряда.

При производстве экспериментального взрыва 13.07.1997г. в скважине №1389 на глубине 650 м под водой заряд с общей массой 5000 кг размещался в двух контейнерах диаметром 750 мм и длиной соответственно 8,0 и 6,5 м. Иницирование заряда с поверхности было электрическое через детонирующие шнуры. Забойка скважины инертным материалом не производилась. При взрыве произошел выброс воды на высоту 60-70 м вертикально вверх и став из трех обсадных труб диаметром 1,0-1,5 м (с заполненным межтрубным пространством бетоном) с общей массой более 50 тонн был поднят на высоту 11 м над поверхностью.

По результатам теоретических исследований и экспериментальных работ по контейнерной схеме формирования заряда были определены следующие недостатки:

- спуск контейнеров с ВВ в водной среде под собственным весом на большие глубины представляет определенную опасность при их соударении;
- коэффициент плотности заряда в контейнерах к общей площади скважины не превышает 0,4-0,45, в результате чего увеличивается высота заряда, которая в условиях опытных взрывов с массой ВВ 25000 кг достигает 60-65 м;
- при контейнерной схеме невозможно обеспечить соосность расположения зарядов в контейнерах, что не гарантирует передачу детонации сверху от боевиков на всю высоту заряда (60-65 м) и может привести к отказам при взрыве.

На основании вышеизложенного и результатов экспериментальных работ по осаждению гранулолота в водной среде была разработана промышленная технология формирования зарядов, реализованная в 1997 г. при проведении опытных взрывов.

Во всех случаях за 26 часов до взрыва в скважины засыпались по 22000 кг гранулолота, после чего проводились контрольные замеры сформированного заряда. За 2-4 часа до взрыва, в зависимости от глубины скважины, формировался и опускался на тросе контейнер, в котором размещались 2 боевика (про-

межуточных детонатора) из шашек Т-400Г и 1500 кг гранулолота. После установки контейнера на основной заряд в скважины досыпалось по 1400 кг гранулолота для заполнения пространства между стенкой скважины и контейнером с боевиками.

По результатам экспериментальных и опытных работ были сделаны следующие выводы:

- Впервые в мировой практике разработана надежная технология производства массовых взрывов на больших глубинах (до 700-1000 м) при гидростатическом давлении до 10 МПа с применением промышленных ВВ.
- Проектирование массовых взрывов на больших глубинах должно производиться с учетом скорости осаждения взрывчатых материалов в водной среде, их механической прочности, надежности систем гидроизоляции и иницирования основного заряда.

ЛИКВИДАЦИЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ (СТО)

Работы по ликвидации СТО проведены с целью комплексного решения задачи снижения информативности объектов бывшего СИП, предусмотренной Соглашением между Правительством РФ и Правительством РК от 27 марта 1997г. СТО представляли собой фрагменты контейнеров (в каждой скважине по одному контейнеру) с остатками взрывчатых веществ и радиоактивных отходов, которые остались после проведения экспериментов в 1975 г. Они складывались в скважину для проведения экспериментов, планируемых к проведению в короткий период времени, и поэтому необходимые меры для обеспечения длительного хранения не применялись. В результате возможного подрыва электродетонаторов могла быть нарушена герметичность алюминиевой оболочки. На момент проведения работ состояние СТО не было определено. С целью прогнозирования состояния ВВ были сделаны оценки для максимально-неблагоприятных условий нахождения ВВ в кислой или щелочных средах. По всем имеющимся данным были сделаны выводы, что в случае худших условий возрастает опасность в обращении с СТО.

На основании результатов расчетно-экспериментальных исследований сделано заключение, что любые операции по его демонтажу должны быть исключены. Учитывая потенциальную опасность сочетания радиоактивных отходов и взрывчатых веществ, относительно небольшую глубину заложения и возможность несанкционированного доступа, было принято совместное решение о ликвидации СТО с использованием заряда промышленных ВВ.

Конечной целью проекта на производство работ являлась ликвидация СТО посредством иницирования сохранившихся ВВ с использованием безопасной технологии, обеспечивающей локализацию радиоактивных отходов и продуктов взрыва в местах расположения фрагментов контейнеров. При этом соблюдались экологические требования и меры, предотвращающие выход радиоактивных отхо-

дов на дневную поверхность. Заключительным этапом работ на объекте 19/75 являлась экологическая зачистка и рекультивация территории.

С учетом всех условий, технологии взрывания, существующие в практике, не могли быть использованы для ликвидации СТО. Для решения этой задачи авторским коллективом впервые в мире разработаны принципиально новые способы, защищенные патентами Республики Казахстан и принятые в проекте:

- № 9646 "Способ ликвидации взрыванием неизвлекаемых объектов, расположенных в горной выработке, например в скважине, и кумулятивный заряд для его осуществления";
- № 9649 "Способ предотвращения выбросов вредных газообразных компонентов при ликвидации неизвлекаемых объектов".

С применением новых технологий СТО в скважинах № 1 и № 2 на глубинах 26 и 14м были успешно ликвидированы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С применением новых технологий взрывных работ в установленные сроки и на высоком международном уровне выполнены все контракты, заключенные в рамках Соглашений между Республикой Казахстан, Соединенными Штатами Америки и Российской Федерацией по ликвидации инфраструктуры испытаний ядерного оружия на Семипалатинском полигоне. Закрытие штолен и скважин специального назначения, ликвидация СТО исключили вторичный перенос радиоактивности и загрязнение окружающей среды, а также несанкционированный доступ людей и животных к объектам, на которых проводились ядерные испытания.

БҰРЫНҒЫ СЕМЕЙ СЫНАҚ ПОЛИГОНЫНДА ЯДРОЛЫҚ ҚАРУЛАРДЫҢ СЫНАҚТАРЫНЫҢ ИНФРАҚҰРЫЛЫМЫН ЖОЮ ТЕХНОЛОГИЯСЫ

Ерофеев И.Е., Ковалев В.В.

Қазақ мемлекеттік жарылыстар жұмыстарының ғылыми-өндірістік орталығы, Алматы

Бұрынғы Семей полигонында ядролық қарулардың сынақтарының инфрақұрылымын жою әлемдік тәжірибеде алғаш рет орындалды. Сенімділік пен қауіпсіздікті қамсыздандыруды жоғарлату мақсатымен ірі масштабты эксперименттерді өткізуді және әр-түрлі объектілерді жою кезінде ҚР ҰЯО Қазақ мемлекеттік жарылыстар жұмыстарының ғылыми-өндірістік орталығы және "Дегелен" ЖШС мамандарымен жарылыс жұмыстардың принциптік жаңа технологиясы жетілдірілді.

TECHNIQUES TO ELIMINATE NUCLEAR WEAPONS TESTING INFRASTRUCTURE AT FORMER SEMIPALATINSK TEST SITE

I.E. Erofeev, V.V. Kovalyov

Kazakh State Research and Production Center of Blasting Operations, Almaty

It was at the former Semipalatinsk Test Site where for the first time in the world the nuclear weapons testing infrastructure elimination was put into practice. Fundamentally new procedures for blasting operations have been developed by specialists of the Kazakh State Research and Production Center of Blasting Operations (KSCBO), National Nuclear Center of the Republic of Kazakhstan (NNC) and Degelen Enterprise to enhance reliability and provide safety during elimination of various objects and performance of large-scale experiments.

УДК 623.454.8:504.064.36:572.4

**СЕМИПАЛАТИНСКИЙ ПОЛИГОН: СОТРУДНИЧЕСТВО
В РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА, 1993-2003гг.
(ИСТОРИЯ ВОПРОСА, ЗАДАЧИ, РЕЗУЛЬТАТЫ)¹**¹⁾Матущенко А.М., ²⁾Птицкая Л.Д., ³⁾Наглис Ю.А.¹⁾Минатом России, Департамент разработки и испытаний ядерных боеприпасов, Москва²⁾Институт радиационной безопасности и экологии, ННЦ РК, Курчатов³⁾Научно-исследовательский институт импульсивной техники, Москва

Представлена библиографическая информация о распорядительных и исполнительных документах, положения которых регламентируют проведения радиоэкологического мониторинга в отношении объектов бывшего Семипалатинского полигона, а также база данных о его информационном обеспечении (проект РАДТЕСТ, монографии по информационному проекту "Ядерные испытания СССР"). Отражена библиография источников, содержащих результаты РЭМ.

ВВЕДЕНИЕ

Из Заявления глав государств-участников Содружества Независимых государств в связи с 10-летием СНГ (Москва, 30.11.2001г.): "...Мы будем добиваться создания эффективного механизма реализации решений и договоренностей в рамках СНГ, имея в виду повышение ответственности государств-участников за выполнение взятых ими на себя обязательств".

В этой связи целью доклада является побуждение показать, что в сфере радиоэкологического мониторинга (РЭМ) территорий бывшего Семипалатинского испытательного полигона (СИП) и прилегающих к нему районов, реализация достигнутых договоренностей происходила весьма эффективно и ответственно. Этому способствовало привлечение к выполнению программы РЭМ-СИП высокопрофессиональных специалистов Российской Федерации - из НПО "Радиовый институт им .В. Г. Хлопина" (г. Санкт-Петербург), Института глобального климата и экологии и ГНЦ-Институт биофизики (г. Москва), а также Республики Казахстан – Института радиационной безопасности и экологии (г. Курчатов, ННЦ РК) и Институт ядерной физики (г. Алматы). Деятельность этих специалистов регламентировалась согласованными на межправительственном уровне планами мероприятий и соглашений.

Помимо этого по линии нескольких миссий МАГАТЭ и ряда других зарубежных инициатив также проводились контрольные радиоэкологические обследования конкретных зон и объектов СИП и прилегающих к нему территориях. В этом аспекте большая роль принадлежит международным проектам "РАДТЕСТ" (Радиация от полигонов) и "Radled" (Радиационное наследство). В эту сферу деятельности мы склонны отнести и многочисленные публикации о РЭМ, в том числе объемные монографии, в которых коллегиально отражены для широкой и заинтересованной общественности результаты РЭМ (Табл. 1, 2). Резонанс от таких публикаций – поло-

жительный и социально значимый. Основные руководители направлений программы РЭМ Ахметов М. А., Дубасов Ю.В., Жанткин Т. М., Искра А. А., Кривохатский А. С., Логачев В. А., Матущенко А. М., Птицкая Л. Д., Сафонов Ф.Ф., Смагулов С. Г., Стукин Е. Д., Чернышев А. К. вложили в ее реализацию свой энтузиазм, профессионализм и ответственность при целенаправленной поддержке в Российской Федерации с 1995г. Межведомственной экспертной комиссии по оценке радиационной и экологической безопасности природных экспериментов (МВЭК-НЭ), а с 1997г. - также и Координационной группы по выполнению Соглашения о контейнерах "Колба" и специальном технологическом оборудовании, находящихся на территории СИП.

**К ИСТОРИИ ВОПРОСА: ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ
ДОКУМЕНТЫ...**

Основными этапами РЭМ программы являлись положения механизмов многостороннего сотрудничества, отраженные в следующих согласованных документах:

- Постановления Совета Министров СССР от 14.09.1989г. №189 "Об обеспечении выполнения постановления ВС СССР "О неотложных мерах экологического оздоровления страны"";

В соответствии с этим постановлением российские специалисты сформировали целевую программу "Регион-1" для выполнения соответствующих радиационных исследований. В 1991 г. в ее рамках была выполнена аэрогаммаспектрометрическая съемка территории СИП для определения уровня ее загрязнения ¹³⁷Cs, а к июню 1992 г. радиационные исследования уже выполнялись в пяти населенных пунктах вблизи СИП – Долонь, Мостик, Кайнар, Караул и Саржал. Кроме того, в пос.

Караул было проведено комплексное медицинское обследование 1700 жителей, в ходе которого врачи выявили множество заболеваний у населения.

¹Светлой памяти Кривокрысенко И.Ф. и Стукина Е.Д. посвящается

Но вместе с тем, их причинная связь с радиационным воздействием от ядерных испытаний однозначно не была установлена. Затраты на НИР "Регион-1" в 1992г. составили 8,1млн. руб. (в ценах этого года);

- Постановление Кабинета Министров Республики Казахстан от 09.06.1992г. № 513 "О дополнительных мерах по реализации Указа Президента Каз. ССР от 29.08.91г. № 409 "О закрытии Семипалатинского испытательного ядерного полигона";

До 1 августа 1992г. Министерством экологии, здравоохранения, Главному управлению по гидрометеорологии, а также Проблемному комитету "Радиация, экология, здоровье" Международного антиядерного движения (МАД) "Невада-Семипалатинск" было предложено представить программы поэтапного проведения исследований радиоэкологической и санитарно-гигиенической обстановки в местах ядерных испытаний;

- Постановление Кабинета Министров РК от 31.12.1992г. № 1103, которым был утвержден План мероприятий по улучшению радиационной обстановки в Республике Казахстан;

В последствии этот уже уточненный план был утвержден постановлением КМ РК от 30.03.1995г. № 383 и в целом предусматривал программу мероприятий по улучшению радиационной ситуации завершить к 2005 г., а обследование территории полигона и прилегающих к нему районов – к 1999г.;

- Соглашение о порядке использования полигонов от 22.01.1993г., согласно которому 2-й Государственный полигон – Семипалатинский - был определен как Национальный ядерный центр Республики Казахстан с постановкой задачи радиоэкологического мониторинга как составной части ликвидации последствий испытаний ядерного оружия на СИП;
- Совместное заявление от 24.09.1993г., подписанное США и РК о намерениях в оценках последствий ядерных испытаний на СИП, при финансовой поддержке со стороны США;
- Соглашение от 28.03.1994г. между Правительством РФ и Правительством РК по демонтажу ядерного устройства, заложенного на СИП до его закрытия;

В соответствии с этим Соглашением, 31.05.1995г. в штольне 108-К неядерным подрывом было уничтожено экспериментальное ядерное устройство, находящееся в этой штольне с мая 1991г. в законсервированном состоянии, но в совершенно нештатных условиях. Руководители этой сложнейшей операцией - директор РФЯЦ-ВНИИТФ В. З Нечай и его Главный конструктор Б. В. Литвинов. Объект 108-К был поставлен под эпизодический РЭМ;

- Постановление Правительства РК от 13.08.1996г. №1002 об утверждении НЯЦ РК основным исполнением всех работ, направленных на ликвидацию инфраструктуры ядерных испытаний на СИП;

- Об экологической безопасности. Рекомендательный законодательный акт/ постановление Межпарламентской ассамблеи государств-участников СНГ от 02.10.1996г.(Инф. бюлл.МА, 1996, №12, Санкт-Петербург, С.201-221);

- Перспективный план развития сотрудничества государств участников СНГ в использовании атомной энергии в мирных целях, повышении безопасности ядерных установок, утвержденный 27.01.1997г. решением Совета Глав правительств СНГ;

Этим планом предусматривались мероприятия, направленные "...на разработку и внедрение технологий по реабилитации территорий, нарушенных ядерными испытаниями на Семипалатинском полигоне". Первоочередные мероприятия по упомянутому Перспективному плану, одобренные 27.11.1997г. на первом заседании Комиссии Содружества по использованию атомной энергии в мирных целях при Международном экономическом комитете;

- Соглашение от 28.03.1997г. между Правительством РФ и Правительством РК о контейнерах "Колба" и специальном технологическом оборудовании, находящихся на территории СИП.

Реализация этого Соглашения успешно продолжается и в настоящее время (в частности, Н.Жданова, Информационный центр НЯЦ РК, подробно рассказала об этом в статье "Что такое проект Колба?" (Бюллетень по атомной энергии Минатома России, № 1, 2001г.));

- О радиационной безопасности населения. Модельный закон/постановление Межпарламентской ассамблеи государств-участников СНГ от 08.07.1997г. (инф. бюлл. МА, № 14, 1997, Санкт-Петербург, С. 199-214);

- Договор от 28.10.1998г. между РФ и РК об экономическом сотрудничестве на 1998-2007г.г., составной частью которого является Программа экономического сотрудничества с пунктом 16.2.1. "ликвидация последствий атомных взрывов", подписанный в г. Алма-Ата президентами РФ (Б.Н.Ельцин) и РК (Н.А.Назарбаев);

- Протокольные решения Комиссии государств-участников СНГ по использованию атомной энергии в мирных целях, которая внимательно отслеживает этапы межгосударственного сотрудничества, и, в частности,- по вопросу РЭМ в отношении бывшего СИП.

Так, 17.10.1999г. в г. Киеве и 23.10.2001г. в г. Ереване (соответственно на Третьем и Четвертом заседаниях Комиссии) результаты работ по РЭМ были оценены положительно и с рекомендацией о их представлении широкой общественности в ходе мероприятий, посвященных 10-летию образования СНГ (в декабре 2001г.). Это и было выполнено 10-14 декабря 2001г. на целевой выставке в ВВЦ г. Москва (в секции Минатома России). Авторы этого доклада с удовлетворением отмечают большой интерес к рассматриваемой проблеме со стороны многочисленных

участников выставки и удивление многих из них, что о ней говорится открыто и доказательно;

- Протоколные решения Координационной группы (КГ) по выполнению Соглашения от 28.03.1997г. о контейнерах "Колба", которую возглавляют сопредседатели – д.т.н. Щербина А.Н. (Российская Федерация, РФЯЦ-ВНИИТФ) и к.т.н. Тухватулин Ш.Т. (Республика Казахстан, НЯЦ РК);

К настоящему времени с 1997г. КГ провела 17 целевых заседаний, регулярно обсуждая направления работ по программе РЭМ и давая рекомендации по их направленности и корректировке. И в этом отношении можно констатировать, что принятые решения неуклонно выполняются, в том числе и в настоящий период.

Р.С. В разработке перечисленных документов до 1997г. самое активное участие принимал Кривокрысенко Иван Федорович, сотрудник бывшего Минсотрудничества России, полковник запаса - выходец из 12 ГУ МО РФ, член Координационной группы... Один из участников ядерных испытаний он отчетливо представлял всю проблему закрытия СИП, его демилитаризации и ликвидации последствий такой деятельности на полигоне с организацией и выполнением в его отношении программы РЭМ. К сожалению, Кривокрысенко И. Ф. скончался 02.02.2003г., но дело, в которое он вкладывал свою душу и умение, продолжается. Поэтому-то этот доклад предваряется словами-памяти: "Кривокрысенко И. Ф. посвящается".

Весомый вклад в реализацию РЭМ внес и продолжает дополнять Институт радиационной безопасности и экологии (ИРБЭ), который был создан на базе научно-исследовательского подразделения бывшего СИП в соответствии с постановлением Кабинета Министров РК от 29.10.1993г. № 1082 и на основании приказа Генерального директора НЯЦ РК от 08.11.1993г. № 40. Первым директором ИРБЭ приказом № 44 от 12.11.1993г. был назначен докт. биол. наук Сейсебаев А. Т., с 03.05.1995г. по 06.05.1997г. институтом руководил ветеран СИП, бывший начальник Службы радиационной безопасности СИП канд. техн. наук Смагулов С. Г., которого затем на пять лет сменил Ахметов М. А., с 2002г. ИРБЭ руководит Птицкая Л. Д.

К ИСТОРИИ ВОПРОСА: ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РЭМ...

1. Коротко о проекте РАДТЕСТ (RadTest)

Проект РАДТЕСТ (RFDiation from nuclear TESTExplosions) – это отдельная история, но напрямую относящаяся к вопросам РЭМ Семипалатинского полигона. И здесь нам хотелось бы дать ее в эксклюзивном авторском изложении Стукина Е.Д. (январь 1997г.):

"...В течение нескольких лет до 1993г. группой ученых мирового сообщества под эгидой СКОПЕ-МСНС (SCOPE - Научный комитет по проблемам окружающей среды, МСНС - Международный Со-

вет Научных Союзов) выполнялся проект РАДПАС (RADPATH-RADYO-NUCLIDE PATHWAYS). Целью этого проекта было исследование биохимической миграции искусственных радионуклидов в окружающей среде, а "рабочим полем" ученые избрали "чернобыльские" радионуклиды, ввиду чего завершающая монография вышла под названием "Радиоэкология после Чернобыля"-СКОПЕ 50 (Warner and Harrison, 1993, John Wiley and Sons). Вместе с тем, как отметили в своем докладе на конференции в Антверпене 11-15 октября 1993г. Чарльз Шапиро (США) и Юрий Цатуров (Россия), за время эпохи ядерных испытаний в окружающую среду было инжесктировано на два – три порядка больше искусственных радионуклидов, чем во время Чернобыльской аварии. Именно это обстоятельство было побудительной причиной инициировать проект РАДТЕСТ, создание которого было одобрено в апреле 1993г. на заседании Исполнительного комитета СКОПЕ. Косвенной причиной, но весьма существенной, предполагаемой жизненности проекта стала обстановка большей раскрытости мирового сообщества по отношению к вопросам радиоактивного загрязнения окружающей среды и его воздействия на биоту и здоровье населения. В СССР это началось с обсуждения проблем возмещения ущерба населению от последствий Чернобыльской аварии. Такое обсуждение вполне естественно подняло вопрос о возмещении ущерба тем категориям населения, которые могли оказаться на территориях, где легли радиоактивные следы от ранее проведенных ядерных взрывов. Отсюда в обязательном порядке вытекают проблемы экономического ущерба и социальных последствий проведения ядерных испытаний.

Поэтому одним из основных пунктов в проекте РАДТЕСТ стал вопрос о создании Каталога всех ядерных взрывов, проведенных на Земле, с указанием их основных параметров... А достоинством работ по проекту стала возможность достаточно регулярных встреч ведущих ученых в области радиационных последствий ядерных испытаний для прямых контактов и дискуссионного обмена мнениями.

Первая из таких встреч состоялась в Вене с 10 по 14 января 1994г. Ее спонсором была НАТО (Североатлантический союз). Основными целями этой встречи было рассмотреть последствия для человека и окружающей среды атмосферных ядерных взрывов, а также рассмотреть и обсудить программу проекта, его задачи и методологию. Во встрече приняли участие 40 экспертов из 10 стран, включая представителей международных организаций, таких как МАГАТЭ, СКОПЕ, Комиссия европейских сообществ (КЕС), Международный союз радиоэкологов (МСР) и др. На встрече было зачитано и обсуждено 48 докладов по тематике проекта, а для деятельности обсуждения отдельных тем прошли заседания рабочих групп:

1. Международные базы данных, относящиеся ко всем аспектам ядерных испытаний, включая их техническую историю, с особым вниманием к тем данным, которые имеют прямое отношение к реконструкции доз облучения на населения;
2. Реконструкция доз облучения, в том числе моделирование выпадений, измерение выпавших на земную поверхность радиоактивных продуктов и ретроспективное восстановление доз облучения населения от них;
3. Воздействие выпавшей радиоактивности на здоровье людей, включая эпидемиологические исследования.

Вторая встреча ученых по проекту РАДТЕСТ состоялась в г. Барнауле (Алтайский край) 5-10 сентября 1994г. и была в основном посвящена проблемам радиоактивного загрязнения территории края продуктами выпадений после ядерных испытаний. Ядром дискуссии была роль рядом расположенного Семипалатинского полигона в проблеме воздействия радиоактивных выпадений на население края и других близко расположенных территорий, как России, так и Казахстана.

Третья встреча состоялась в г. Брюсселе и Льеже (Бельгия) с 27 по 37 марта 1995г. Она была посвящена последствиям для человека и окружающей среды, связанным с локальными радиоактивными выпадениями от ЯВ, проведенных с целью испытания новых образцов оружия или мирного использования ЯВ.

Из всех рассматриваемых вопросов особо была выделена проблема радиоактивного загрязнения подземных вод при проведении камуфлетных подземных ЯВ и транспортировки этих вод по подземным горизонтам. На встрече был заслушан и обсужден 31 доклад. В соответствии с ранее созданными в Вене рабочими группами было продолжено обсуждение вопросов создания баз данных по ядерным взрывам, прогнозу и реконструкции доз облучения и эффектам воздействия на здоровье людей. На встрече присутствовало 50 экспертов из 8 стран. Финансовая поддержка оказана Бельгийским национальным комитетом СКОПЕ, Льежским университетом, Европейским Союзом, НАТО.

19-23 октября 1996г. в Пекине состоялось заседание Рабочей группы экспертов по проекту РАДТЕСТ, на котором присутствовало российская делегация в составе академика Ю.А. Израэля, профессоров А.М. Матущенко, Я.Н. Шойхета и Е.Д. Стукина – автора этих строк. Эта встреча собрала 31 эксперта из 10 стран. Ее важнейшей особенностью было широкое представительство со стороны Китая. Был заслушан 21 доклад, среди которых некоторые необходимо выделить.

Академик Ю.Израэль сделал доклад "Атмосферный перенос продуктов ядерных взрывов и образование радиоактивных выпадений", в котором фактически охватил весь тот материал, который будет в

несколько дополненном варианте представлен в качестве главы в планируемую монографию по завершении проекта РАДТЕСТ. Этот материал особо важен тем, что дает представление о "конструировании" доз. При наличии ясного понимания этих процессов проще говорить о такой злободневной проблеме, как реконструкция доз. На эту тему А.Бувиллем (США) был сделан доклад "Реконструкция доз облучения: оценка доз радиации как результат ядерных взрывов, проведенных на Невадском испытательном полигоне". Этот доклад также явился прототипом главы в вышеупомянутую монографию. Доклад тоже связанный с будущей монографией, сделал В.Буркарт (Германия): "Исследование эффектов на здоровье людей в связи с атмосферными ядерными взрывами". Очень интересен был также доклад группы китайских ученых "Радиоактивное загрязнение северной части Синцзяня в результате серии атмосферных ядерных взрывов, проведенных в СССР в 1962 году". В этом докладе китайские ученые попытались привязать резкие изменения уровней радиоактивности, которые они измеряли в Синцзяне, с конкретными ядерными взрывами, проведенными на Семипалатинском и Новоземельском полигонах.

Но "гвоздем" всей программы Пекинского семинара явились несомненно презентации полных списков ядерных взрывов, проведенных в США и СССР. После доклада от США "Ядерные испытания, проведенные США с июля 1945 по сентябрь 1992". Ю.Израэлем и А.Матущенко было представлено сообщение о завершенной в России работе "Испытания ядерного оружия и мирные ядерные взрывы в СССР, 1949-1990 гг."

P.S. К сожалению, автор этих строк Стукин Е.Д. трагически погиб 23.01.2003г. в пос. Раменское, в Подмосковье. Ему 03.02.2003г. исполнилось бы 66 лет. "Атомпресса" (№ 6, 05.02.2003.) в некрологе "Он был лучезарным человеком..." сообщила: "Трагически оборвалась яркая жизнь Стукина Евгения Даниловича – нашего большого друга, соратника, коллеги. После окончания МИФИ Евгений Данилович работал в системе Гидрометслужбы в Институте прикладной геофизики и Институте глобального климата и экологии, в научной школе Ю.Израэля: контроль ядерных испытаний и их радиационных воздействий во всех их проявлениях, прогнозирование радиационных эффектов таких испытаний в интересах совершенствования отечественного "ядерного щита"; тонкие исследования параметров радиоактивных аэрозолей. Во всех областях этой деятельности Евгений Данилович проявил себя ученым мирового уровня. Он был "сталкером" всех известных ядерных полигонов - Семипалатинского, Новоземельского, Тихоокеанского, Китайского и в Чернобыльской 30 километровой зоне он отработал около 7 лет, досконально изучив все перипетии ядерной техногенной катастрофы. Огромное уваже-

ние коллег в ученом мире – это и есть признание таланта Евгения Даниловича Стукина. Светлая память о нем навсегда останется в наших сердцах. Друзья, коллеги, соратники".

Поэтому и этот доклад предваряется словами-памяти: "Светлой памяти Стукина Е.Д. посвящается".

**КОРОТКО ОБ ИНФОРМАЦИОННОМ ПРОЕКТЕ
"ЯДЕРНЫЕ ИСПЫТАНИЯ СССР"...**

5-10 сентября 1994г. в г. Барнауле, как уже было отмечено Е.Д.Стукиным, состоялся второй международный семинар по проекту РАДТЕСТ на тему "Отдаленные последствия ядерных испытаний для окружающей среды и здоровья населения". Показательным было то, что на этом семинаре российские специалисты впервые выступили с докладом: "Хронология ядерных испытаний в атмосфере на Семипалатинском полигоне и их радиационные характеристики" Матущенко А.М., Чернышев А.К., Цырклов Г.А. – Минатом России, Зеленцов С.А. – Минобороны России, Логачев В.А. – Минздрав России, Красилов Г.А. и Цатуров Ю.С. – Росгидромет и Смагулов С.Г. – НЯЦ РК.

И, в свою очередь, "откликнулись" зарубежные специалисты: "Американские атмосферные испытания в Тихом океане" (М. Морелли – Департамент энергетики США); "Обзор Британской программы ядерных испытаний" (К. Джонстон, Великобритания); "Некоторые данные об испытаниях ядерного оружия для НКДАР ООН" (Л. Эрик де Геер, Исслед. Центр национ. Безопасности, Швеция). Однако еще "отмолчались" специалисты Франции и Китая...

Но для "малого младенца" НЯЦ РК в 1994г. уже эта информация по СИП была крайне важна для реализации РЭМ-программы. В этом направлении, как говорится, "процесс пошел". Тем более, что на этом семинаре ученые с некоторым разочарованием услышали по этой теме популистское выступление представителя НЯЦ РК М.С.Джолдыбаева, чей доклад изобилует необъективностью и тенденциозностью суждений в вопросах оценки последствий ядерных испытаний, что искажало подходы к выполнению РЭМ-программы. Вместе с тем это выступление, при его инициировании со стороны генерального директора НЯЦ РК Г.А.Батырбекова не нашло поддержки среди своих же коллег. Однако стало понятно, почему казахстанские ученые на этом этапе были лишены официальной поддержки в работе по проекту

РАДТЕСТ: ясно ведь было, что с участием независимых иностранных специалистов вся ситуация будет оценена объективно, а не так как это популистски виделось лидерам МАД "Невада-Семипалатинск". Время полностью подтвердило это положение.

И уже через месяц после этого семинара 6-14 октября 1994г. в Вашингтоне в Ядерном Оборонном Агенстве (DNA) США работали эксперты из России А.К. Чернышев и В.М. Горбачев (ВНИИЭФ), Ю.В. Дубасов ("Радиевый институт") и А.А. Спивак (ИДГАН) – с целью обсуждения результатов оценки радиозоологической обстановки на бывшем СИП и сравнения их с результатами представленными специалистами Казахстана. Совпадение данных было однозначным и это стало поворотным моментом в смывании "клейма" недоверия к оценкам российских специалистов. Для американских и французских атомщиков это было своеобразным уроком для таких же оценок в отношении последствий ядерных испытаний на Маршалловых островах и атоллах Муруроа и Фангатауфа.

Так начался информационный проект "Ядерные испытания СССР", который при активной поддержке академика РАН В.Н.Михайлова и коллегиальной работе под руководством А.К. Чернышева воплотился в замысел по подготовке и выпуску 6-томной серии сборников, содержащих официальную информацию о всех ядерных испытаниях на полигонах СССР и мирных ядерных взрывах (Табл. 1).

Это позволило, в том числе, и для реализации РЭМ-программы сформулировать идею выпуска целевых монографий по вопросам радиозоологических последствий испытаний и обеспечения при них общей и радиационной безопасности, которая реализовалась коллективом авторов под руководством профессора В. А. Логачева (Табл.2.).

С удовлетворением также следует отметить, что в 2002г. вышла также монография под редакцией профессора В.С.Школьника "The Semipalatinsk Test Site: Creation, Operation, and Conversion (A monograph edited by Professor Vladimir S. Shkolnik, SAND 2000-3612 P" издание которой осуществлено в формате Кооперативного мониторингового Центра Сандийской Национальной Лаборатории США и Ассоциации Института Нераспространения Республики Казахстан – как знак высокой оценки совместного труда специалистов разных стран.

Таблица 1. Монографии в информационном проекте "Ядерные испытания СССР"

Том 1	Цели. Общие характеристики, организация ядерных испытаний. Первые ядерные испытания	Опубликовано в 1997г.
Том 2	Технология ядерных испытаний	В 1998г.
Том 3	Ядерное оружие. Военно-политические аспекты	В 2000г.
Том 4	Использование ядерных взрывов для решения народнохозяйственных задач и научных исследований	В 2000г.
Том 5	Ядерные испытания и экология	Готовится к печати
Том 6	Люди атомной эры	Готовится к печати

Таблица 2. Монографии в РЭМ - программе

1.	Семипалатинский полигон. Обеспечение общей и радиационной безопасности ядерных испытаний.	Опубликовано в 1997г.
2.	Новоземельский полигон. Обеспечение общей и радиационной безопасности ядерных испытаний.	в 2000г.
3.	Мирные ядерные взрывы. Обеспечение общей и радиационной безопасности при их проведении.	в 2001г.
4.	Современное радиозоологическое состояние полигонов (Семипалатинского, Новоземельского, Тоцкого, Капустин Яра)	в 2002г.
5.	Современное радиозоологическое состояние объектов применения ядерно-взрывной технологии (мирных ядерных взрывов)	В стадии подготовки

В 2003г. монография опубликована в Казахстане на русском языке – "Семипалатинский испытательный полигон (создание, деятельность, конверсия)", /– Алматы, 2003, 344с. В составе ее редакционной группы – специалисты Казахстана и России: М.А. Ахметов, С.А. Березин, Р.Т.Ибраев, В.А. Логачев, Л.А. Логачева, А.М. Матушенко, Л.Д. Птицкая, С.Р. Рыскулова, Ш.Т. Тухватулин, О.Г. Тюпкина, Ю.С. Черепнин.

Таковы самые основные вехи проекта "Ядерные испытания СССР" на пути от эпицентров ядерных взрывов к Эпицентру мира, в котором в перечисленных трудах содержится большая библиографическая база данных, в том числе и по состоянию РЭМ в отношении Семипалатинского полигона.

КОРОТКО О РЕЗУЛЬТАТАХ РЭМ...

Собственно детально они представлены в последних двух монографиях: "Современное радиозоологическое состояние полигонов" и "Современное радиозоологическое состояние объектов применения ядерно-взрывной технологии", к ним мы и отправляем заинтересованных и любознательных читателей.

Сейчас же отметим:

- Со дня основания ИРБЭ его специалисты осуществляют постоянный РЭМ-программу на таких бывших испытательных площадках полигона, как "Опытное поле", "Дегелен", "Балапан", "Актан-Берли", "Телькем" и др.;
- Уже в 1993-94гг. в ходе своих первых обследований территории полигона специалисты ИРБЭ, а также эксперты двух миссий МАГАТЭ (рук. П.Стегнер) получили данные, подтверждающие, что основные радиоактивные следы после ядерных взрывов в атмосфере сформировались в юго-восточном и юго-западном направлениях; Были признаны правильными и другие данные о радиационной обстановке на площадках полигона, полученные еще до его закрытия;
- Тем не менее, до настоящего времени недостаточно еще изучена степень загрязнения территорий полигона β-излучающими радионуклидами,

а также плутонием и америцием; это весьма трудоемкие исследования.

Поэтому в настоящее время большое значение придается зонированию территории полигона по степени радиоактивного загрязнения местности, а также строгому регламентированию жизнедеятельности людей в этих зонах. Для этого требуется:

- Полное долгосрочное отчуждение территорий испытательных площадок и "старых" следов с уровнем загрязнения 0,3 Ки/км² и более;
- Ограниченная производственная деятельность на остальной части территории полигона, обязательное предварительное проведение радиозоологической экспертизы проектов, реализуемых на полигоне, и обеспечение строгого радиационного контроля и безопасности проводимых работ;
- Долгосрочный РЭМ на всей территории полигона и за его пределами.

В этом направлении проявляется и новая инициатива от МАГАТЭ (Абель Гонсалес), что выразилось в проведении 12-14 февраля 2003г. 2-го технического совещания Координационной группы по защите населения РК от радиоактивных остатков (МАГАТЭ, Вена, Австрия). Целью совещания являлась выработка рекомендации начала работы по выполнению полной радиологической оценки бывшего СИП с целью определения его соответствия международным нормам по радиационной безопасности. Экспертом от российской стороны был рекомендован д.х.н. Дубасов Ю. В, соавтор практически всех вышеупомянутых монографий; от Казахстанской стороны в работе КГ приняли участие к.т.н. Тухватулин Ш.Т. и Птицкая Л.Д. Координационная группа согласилась также рассмотреть как предмет для будущего изучения вопрос о необходимости мониторинга миграции радиоактивных веществ через границу СИП, для подтверждения приемлемых радиологических условий за его пределами.

Работы по РЭМ – программе активно продолжаются...

**СЕМЕЙ ПОЛИГОНЫ: РАДИОЭКОЛОГИЯЛЫҚ МОНИТОРИНГІНІҢ МӘСЕЛЕЛЕРІН ШЕШУГЕ
СЕРІКТЕСУ, 1993-2003ж.ж. (ТАРИХ МӘСЕЛЕЛЕРІ, МІНДЕТТЕРІ, НӘТИЖЕЛЕРІ)**

¹⁾Матущенко А.М., ²⁾Птицкая Л.Д., ³⁾Наглис Ю.А.

¹⁾*Ресей Минатомы, ядролық оқ-дәрісін сынау және өңдеу департаменті, Мәскеу*

²⁾*ҚР ҰЯО Радиациялық қауіпсіздік және экология институты, Курчатов*

³⁾*Импульсивті техниканың ғылыми-зерттеулер институты, Мәскеу*

Бұрынғы Семей полигонның объекттерінде радиоэкологиялық мониторингіні (РЭМ) өткізуге қатысты реттеуші және орындаушы құжаттардың жағдайы регламенттейтіні туралы библиографиялық ақпарат берілген, сондай-ақ ақпараттық қамтамасыз ету туралы мәліметтердің базасы берілген (РАДТЕСТ жобасы, "СССР ядролық сынақтары" ақпараттық жобасы бойынша монографиялар). РЭМ нәтижелерін мазмұндайтын библиографиялық деректер бейнеленген.

**SEMIPALATINSK TEST SITE: COOPERATION FOR DEALING WITH RADIOECOLOGICAL
MONITORING ISSUES, 1993-2003 (HISTORY, TASKS, RESULTS)**

¹⁾A.M. Matushchenko, ²⁾L.D. Ptitskaya, ³⁾Yu.A. Naglis

¹⁾*Russian Minatom, Department of Nuclear Ammunition Development and Test, Moscow*

²⁾*Institute of Radiation Safety and Ecology, NNC, Kurchatov*

³⁾*Research Institute of Pulse Engineering, Moscow*

The present paper lists administrative and executive documents which provisions regulate radioecological monitoring (REM) at the former Semipalatinsk Test Site. It also presents the database that supports REM (RADTEST Project, monographs under the *USSR Nuclear Tests Information Project*). Publications with REM results are also listed.

УДК 504.064:551

**РАЗВИТИЕ И СОСТОЯНИЕ СИСТЕМЫ РАДИАЦИОННОГО МОНИТОРИНГА
НАЦИОНАЛЬНОЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ**

Кудеков Т.К., Бурлибаев М.Ж., Муртазин Е.Ж.

РГП "Казгидромет", Алматы

Описана система экологического мониторинга состояния окружающей среды, ведение которого на территории Республики Казахстан осуществляют специализированные службы РГП "Казгидромет". Подробно охарактеризована подсистема радиационного мониторинга. Представлены результаты наблюдений за первый квартал 2003 г.

В настоящее время национальная гидрометеорологическая служба, функции которой возложены на РГП "Казгидромет", осуществляет в рамках государственного заказа проведение гидрометеорологического и экологического мониторинга состояния окружающей среды. Актуальность работ предопределена необходимостью обеспечения экологической безопасности государства и предотвращения вредного антропогенного воздействия на окружающую среду и человека. Экологический мониторинг состояния окружающей среды функционирует как подсистема Единой государственной системы мониторинга окружающей среды и природных ресурсов.

В системе национальной гидрометеорологической службы наблюдения за загрязнением природной среды ведутся с 1972 г. Однако, из-за отсутствия финансирования работы были прекращены в 1998 г. Ведение экологического мониторинга состояния окружающей среды возобновлено в 2000 г. с целью информационного обеспечения в части состояния загрязнения основных компонентов природной среды для принятия оптимальных решений в области охраны окружающей среды и оценки эффективности природоохранных мероприятий.

Основой системы экологического мониторинга состояния окружающей среды является, как и в большинстве стран, **единая наблюдательная сеть**, тесно увязанная с метеорологическими станциями и гидрологическими постами национальной гидрометеорологической службы. Требования к организации наблюдений включают: систематичность наблюдений, их комплексность и согласованность сроков их проведения с характерными метеорологическими и гидрологическими ситуациями. Для сопоставимости и достоверности данных наблюдений за состоянием окружающей среды все методические рекомендации проведения работ от наблюдений до получения информации являются едиными и обязательными для всех подразделений РГП "Казгидромет".

В зависимости от задач и изучаемых компонентов окружающей среды система экологического мониторинга состояния окружающей среды включает:

- мониторинг загрязнения атмосферного воздуха, в том числе атмосферных осадков;
- мониторинг загрязнения поверхностных вод суши;
- мониторинг загрязнения почв;

- радиационный мониторинг;
- фоновый мониторинг.

Основной задачей **радиационного мониторинга** является получение информации о радиационной обстановке на территории республики. Наблюдения за радиоактивным загрязнением приземного слоя атмосферы проводятся путем отбора проб атмосферных выпадений на определение суммарной β -активности, а также инструментальными измерениями мощности экспозиционной дозы γ -излучения. Одновременно с отбором проб воздуха проводятся наблюдения за метеорологическими параметрами: количеством осадков и их продолжительностью, скоростью ветра.

Систематические наблюдения за радиационным состоянием приземной атмосферы на территории Республики Казахстан начались с февраля 1954 г., когда на базе Казгидромета была организована Алматинская лаборатория по наблюдению за радиоактивным загрязнением природной среды. В этот период на 24 метеостанциях были установлены горизонтальные планшеты для отбора проб атмосферных выпадений. Отобранные пробы анализировались на суммарную β -активность на установках малого фона. Постепенно наблюдательная сеть радиационного мониторинга увеличивалась, в 1992 г. количество метеостанций, отбирающих пробы на горизонтальные планшеты, достигло 43. Одновременно развивалась сеть наблюдений за γ -фоном, к началу 90-х годов инструментальные замеры мощности экспозиционной дозы велись на 165 метеостанциях.

В 1976-1991 г. Алматинская лаборатория являлась региональной и проводила анализы изотопного состава проб атмосферных выпадений, отобранных в Центрально-Азиатском регионе (Кыргызстан, Узбекистан, Таджикистан и Туркменистан). В 1990-1997 гг. в Алматинской лаборатории проводились γ -спектрометрические анализы проб атмосферных выпадений, воды, почвы, растительности и иных материалов. Результаты мониторинговых исследований 80-х и 90-х годов прошлого столетия позволили выяснить, что основной вклад в радиоактивное загрязнение приземной атмосферы на территории республики вносят радионуклиды природного происхождения. Их присутствие в приземной атмосфере обусловлено ветровым переносом радиоактив-

ных частиц с подстилающей поверхности. Концентрация природных радионуклидов в приземной атмосфере была практически одинаковой во всех областях Казахстана. Исключением является Алматинская область. Это объясняется большим влиянием воздействия на атмосферу космических лучей, так как область находится достаточно высоко над уровнем моря.

На рисунке 1 приведен график изменения со временем среднегодовых концентраций долгоживущего ^{137}Cs за рассматриваемый период наблюдений. С 1986 г. отмечается тенденция уменьшения этого радионуклида. На графике отчетливо виден вклад ядерных взрывов, проведенных в КНР на полигоне Лобнор. В 1976 г. было произведено 4 испытания. На следующий 1977 г. на территории Казахстана наблюдалось небольшое повышение радиоактивных выпадений, что привело к повышению концентрации ^{137}Cs . Китайские взрывы, проведенные в 1978 г., были небольшой мощности и не повлияли на радиационную обстановку Казахстана. В 1979 г. ядерных взрывов Китай не производил, поэтому до 1980 г. прослеживается спад концентраций ^{137}Cs .

В октябре 1980 г. в КНР был проведен мощный воздушный взрыв, который спустя год после взрыва обусловил увеличение ^{137}Cs в приземной атмосфере Казахстана. Однако, концентрация ^{137}Cs была примерно на уровне 1974 г., несмотря на более высокую мощность взрыва. Это объясняется тем, что при мощных воздушных взрывах основная масса продуктов распада забрасывается в высокие слои атмосферы - стратосферу, откуда радионуклиды выводятся постепенно в течение длительного периода, загрязняя все северное полушарие. Именно поэтому продукты распада ядерного взрыва стали поступать в приземную атмосферу спустя 6 месяцев.

С 1981 по 1986 гг. наблюдалась тенденция снижения концентраций ^{137}Cs , которая объясняется прекращением воздушных и наземных ядерных испытаний на китайском полигоне. Авария на Чернобыльской АЭС привела к наибольшему радиоактивному загрязнению территории Казахстана за весь период наблюдений: концентрация ^{137}Cs оказалась больше, чем после последнего мощного воздушного ядерного взрыва, проведенного в КНР 16 октября 1980 г. После 1986 г. наблюдается тенденция постоянного уменьшения концентраций этого радионуклида. Выпадения из атмосферы ^{137}Cs повсеместно на территории Казахстана в середине 90-х годов были пренебрежительно малы и составляли в среднем за год менее 1 Бк/м².

Наблюдения за мощностью экспозиционной дозы γ -излучения в этот период показали, что радиационный фон на территории республики составляет 0,10-0,18 мкЗв/час (фоновая величина) и обусловлен действием космических лучей, γ -излучением природных и техногенных нуклидов, содержащихся в почве и горных породах.

К сожалению, в 1998-1999 гг. работы по проведению экологического мониторинга состояния окружающей среды были приостановлены, что привело к консервации наблюдательной сети и аналитических лабораторий. В 2000 г. РГП "Казгидромет" возобновил систему экологического мониторинга, включая и радиационный мониторинг.

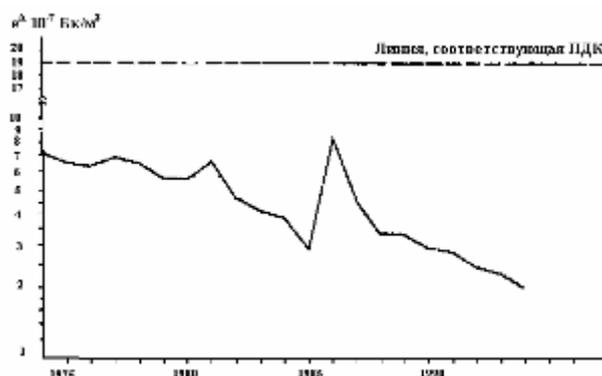


Рисунок 1. Динамика среднегодовых концентраций ^{137}Cs в приземном слое атмосферы на территории Казахстана за период 1974-1995 гг.

На рисунке 2 представлена динамика развития наблюдательной сети радиационного мониторинга в системе национальной гидрометеорологической службы. В последние три года (2000-2002 гг.) практически заново восстановлена служба наблюдений. Отбор проб атмосферных выпадений на определение суммарной β -активности осуществляется горизонтальными планшетами с дискретностью 1 раз в пять суток на 40 метеостанциях. Ежедневные инструментальные измерения мощности экспозиционной дозы γ -излучения различных поверхностей дозиметрами проводятся на 69 метеостанциях. Измерения и отбор проб ведут наблюдатели метеостанции. Все отобранные пробы атмосферных выпадений с планшетов для проведения радиометрических измерений направляются по почте в радиационную группу при ЦМЗПС (г. Алматы). В лаборатории каждую пробу отдельно озонуют в муфельной печи и все зольные остатки измеряют на суммарную β -активность (пересчетные приборы типа ПСО 2-4). Результаты замера γ -фона также переправляются в г. Алматы, где проводится их обобщение и анализ.

Данные радиационного мониторинга представляются в ежемесячных Информационных бюллетенях о состоянии загрязнения природной среды, выпускаемых РГП "Казгидромет", и передаются в подразделения республиканского Министерства охраны окружающей среды. Кроме того, в рамках международного обмена государств СНГ, данные передаются в НПО "Тайфун" (Росгидромет) для ежегодника "Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств". Размещение наблюдательной сети радиационного мониторинга РГП "Казгидромет" по состоянию на 2003 г. представлено на рисунке 3.

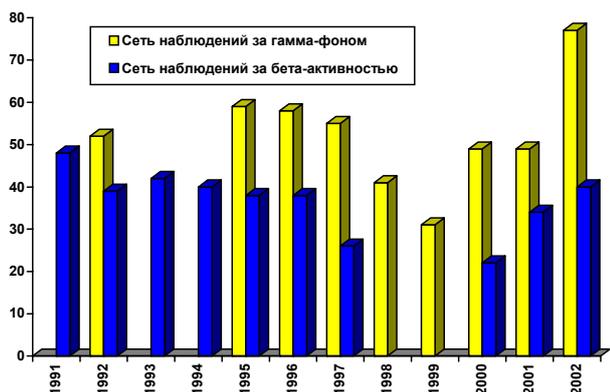


Рисунок 2. Динамика изменения наблюдательной сети радиационного мониторинга

Среднемесячные, максимальные и минимальные значения мощности экспозиционной дозы гамма-излучения, усредненные по областям, приведены в таблице 1.

Из таблицы видно, что среднеквартальные значения мощности дозы γ -излучения по областям РК находятся в пределах 0,10-0,16 мкЗв/ч. В среднем по Республике Казахстан радиационный γ -фон за 1 квартал 2003 г. составил 0,13 мкЗв/ч и находился в допустимых пределах.

Таблица 1. Мощность дозы гамма-излучения по областям Казахстана за 1 квартал 2003 г.

№№ пп	Область	Мощность дозы, мкЗв/ч		
		Средняя	Максимальная	Минимальная
1.	Акмолинская	0,13	0,22	0,06
2.	Актюбинская	0,12	0,21	0,08
3.	Алматинская	0,14	0,19	0,06
4.	Атырауская	0,11	0,15	0,10
5.	Восточно-Казахстанская	0,15	0,23	0,07
6.	Западно-Казахстанская	0,10	0,14	0,08
7.	Жамбылская	0,16	0,20	0,09
8.	Карагандинская	0,14	0,19	0,11
9.	Костанайская	0,11	0,15	0,07
10.	Мангистауская	0,10	0,14	0,08
11.	Павлодарская	0,15	0,17	0,09
12.	Северо-Казахстанская	0,10	0,12	0,06
13.	Южно-Казахстанская	0,15	0,19	0,08

Сеть наблюдений радиационного мониторинга РГП "Казгидромет"



Рисунок 3. Сеть наблюдений радиационного мониторинга

Данные наблюдений за плотностью радиоактивных выпадений в приземной атмосфере осредненные по областям за 1 квартал 2003 г. приведены в таблице 2. Отбор проб производился на горизонтальные планшеты с пятисуточной экспозицией.

Таблица 2. Плотность радиоактивных выпадений в приземной атмосфере за 1 квартал 2003 г.

Область	Плотность радиоактивных выпадений, Бк/м ²
Акмолинская	1,0
Актюбинская	1,1
Алматинская	1,1
Атырауская	1,1
Восточно-Казахстанская	1,1
Западно-Казахстанская	1,0
Жамбылская	1,1
Карагандинская	0,9
Костанайская	1,1
Кызылординская	1,1
Мангистауская	1,0
Павлодарская	0,9
Северо-Казахстанская	0,7
Южно-Казахстанская	1,0
В среднем по республике	1,01

Среднеквартальная плотность радиоактивных выпадений в приземной атмосфере на территории РК колебалась в пределах 0,7-1,1 Бк/м², при среднем значении 1,0 Бк/м².

ЛИТЕРАТУРА

1. Ежегодники "Радиационная обстановка на территории республики Казахстан" (1991-1995 гг.). Алматы, Казгидромет.
2. Ежемесячные "Информационные бюллетени о состоянии загрязнения природной среды" (2000-2002 гг.). Алматы, Казгидромет.

ҰЛТТЫҚ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ ҚЫЗМЕТІНІҢ РАДИАЦИЯЛЫҚ МОНИТОРИНГ ЖҮЙЕСІНІҢ ЖАҒДАЙЫ ЖӘНЕ ДАМУЫ

Күдеков Т.К., Бөрлібаев М.Ж., Е. Мұртазин Е.Ж.

"Казгидромет" РМК, Алматы, Қазақстан

Қазақстан Республикасы аумағында РМК Қазгидрометтің мамандандырылған қызметтері іске асыратын қоршаған орта жағдайының экологиялық мониторингі жүйесі суреттелген. Радиациялық мониторингтің қосалқы жүйесі толық сипатталған. 2003 ж. бірінші тоқсанындағы бақылаулар нәтижесі ұсынылған.

DEVELOPING AND CONDITION OF RADIATION MONITORING SYSTEM IN NATIONAL HYDROMETEOROLOGICAL SERVICE

T.K.Kudekov, M.Jh.Burlibaeyv, Ye.Jh.Murtazin

RSE "Kazhydromet", Almaty, Kazakhstan

The ecological monitoring system of environment condition was described, which realization on the Republic Kazakhstan territory is carrying out by specific service of enterprise "Kazhydromet". The radiation monitoring subsystem was given in details. Also it was given the observation results for the first quarter 2003.

УДК 574:546. 36:631.4

ХАРАКТЕРИСТИКИ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ НА БЫВШЕМ АЗГИРСКОМ ЯДЕРНОМ ПОЛИГОНЕ**Ахметов Е.З., Адымов Ж.И., Ерматов А.С., Сметанников В.В.***Институт ядерной физики ИЯЦ РК, г. Алматы*

Определены фазовый и элементный составы почвенного грунта дневной поверхности технологических площадок бывшего Азгирского ядерного полигона. Представлены данные по радионуклидному загрязнению почвенного грунта на ряде площадок и распределению ^{137}Cs по гранулометрическим фракциям почвы.

Проводившиеся на солянокупольной структуре Большой Азгир ядерно-взрывные эксперименты привнесли некоторые изменения в природном ландшафте местности и естественном рельефе на территории площадок. Взрывы на куполе Западный Азгир оказали сильное сейсмическое воздействие на пос. Азгир в виде разрушения жилых и производственных помещений, поэтому дальнейшие взрывные эксперименты были перенесены на Восточный купол на расстоянии 20-25 км от пос. Азгир. На площадке А9 образовался воронкообразный провал, как результат неоптимальной закладки скважины и неточных расчетов, с искусственным водоемом на дне, в котором вода из-за сильной минерализации не пригодна для питья и малопригодна даже для технических целей. При проведении буровых работ после взрывов и геофизических исследований полостей произошло устойчивое загрязнение почвенного грунта, локализованного, в основном, пределами территории технологических площадок вокруг реперов боевых скважин. Также на каждой площадке визуально наблюдается некоторое понижение рельефа территории диаметром до 200 м вокруг скважины. Мероприятиями по рекультивации была улучшена радиационная ситуация на технологических площадках, которая, однако, местами еще отличается, хотя и в меньшей степени, по сравнению с поствзрывным периодом, от естественного радиационного фона в регионе, т.е. отмечаются повышенные значения как мощности экспозиционных доз, так и содержания радионуклидов в почве, обусловленных глобальными выпадениями и выходом искусственных радионуклидов из траншейных захоронений радиоактивных отходов, а также тем, что при проведении рекультивации отдельные радиоактивные пятна не были ликвидированы и сейчас происходит их обнажение из-за водной и ветровой эрозии почв и эмиссия радионуклидов из этих пятен [1].

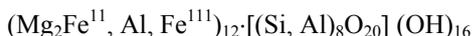
Отдаленными последствиями подземных ядерных взрывов можно считать продолжающийся процесс образования провалов грунта на некоторых площадках, например на площадках А1, А2, А4, А9, А10 и А11, бутылеобразной формы, глубиной до 3 м и диаметром до 2,5 м. Проявление провалов, очевидно, явилось следствием карстообразования в осадочных надсолевых породах и нарушением

сплошности среды в результате динамического воздействия ядерных взрывов в прошлом [2].

Загрязненность радионуклидами поверхностного почвенного слоя зависит от состава почвенного грунта, его физико-механических и реологических свойств, структуры и размеров почвообразующих частиц и свойств конгломератов, составленных из этих частиц. Макросостав почвенного грунта (фазовые составляющие) определялся методами рентгенодифрактометрии с использованием обычных рентгеновских экспериментальных установок типа ДРОН-2. Из проб почв, взятых с различных технологических площадок были подготовлены по стандартным методикам образцы для анализа фазового состава почвы. Рентгенодифрактометрический анализ выполнялся с использованием β -фильтра. Условия съемки дифрактограмм: $U=35\text{ kV}$; ток пучка $I=20\text{ mA}$; шкала 200 имп.; съемка θ -2 θ ; скорость перемещения детектора 2 град/мин. Интерпретации дифрактограмм проводились с использованием данных картотеки ASTM Powder diffractum file и дифрактограмм, чистых от примесей минералов. Возможные примеси, идентификация которых не может быть однозначной из-за малых содержаний и присутствия только 1-2 дифракционных рефлексов или плохой окристаллизованности, указаны на дифрактограммах. Относительная оценка содержаний рентгенаморфных дисперсионных компонентов (для маложелезистых проб) проводится по уровню диффузионного рассеяния в области малых углов. Интенсивность фонового рассеяния на больших углах дифракции дает относительную оценку общей железистости проб.

Анализ результатов эксперимента показывает, что фазовые составы проб AZ_1 и AZ_2 идентичны, где преобладают гипс, кварц и кальций. В обеих пробах присутствуют калиевый полевой шпат. Кроме того в пробе AZ_2 в небольшом количестве есть хлорит. В пробе почв AZ_3 , кроме основных составляющих - кварца, гипса, кальция, калиевого полевого шпата и полевого шпата, присутствует гематит - соединение железа с кислородом (Fe_2O_3). В образце AZ_4 в большом количестве присутствуют кварц, калиевый полевой шпат, полевой шпат, гипс, кальций. Кроме того, в данной пробе в небольшом количестве есть слоистый силикат под названием каолинит

Al₂[Si₂O₅]OH₄ и соединение хлора под названием хлорит с химической формулой



В пробе AZ₅ в больших количествах присутствуют кварц, калиевый полевой шпат, а также полевой шпат. Также в пробе в небольших количествах обнаружены следы слюды. В пробах AZ₆ и AZ₇ в разных пропорциях присутствуют кварц, калиевый полевой шпат, полевой шпат, кальций, слюда и хлорит. В обоих пробах количество кварца максимальное. Следует отметить, что во всех образцах присутствует кварц в наибольших количествах, кроме AZ₁ и AZ₂, где преобладает гипс.

Элементный состав почвенного грунта с территорий технологических площадок был определен с помощью рентген-флуоресцентного анализа (РФА). РФА проводился по следующей схеме: подготовка образцов к анализу; возбуждение спектра; выделение аналитических линий; регистрация интенсивности линий; интерпретация результатов измерения. Далее нуклидный состав образцов определялся по линиям рентгеновского излучения на полупроводниковом детекторе GEM-2018 фирмы "ORTEC" с эффективностью регистрации 20%. Рентгеновское излучение возбуждается радиоактивным источни-

ком кадмий-109, встроенным в обойму детектора, при этом детектор надежно защищен от источника и регистрирует только рентгеновское излучение от почвенных образцов. Было определено относительное содержание в образцах почвы следующих элементов: K, Ca, Ti, Mn, Fe, Cu, Zn, As, Pb, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Mo, Cs, Ba, La и Ce. В таблице 1 представлены результаты определения элементного состава почвенных образцов с площадок A1, A5 и A10, в которой указаны пределы измеренных содержаний химических элементов в образцах с разных участков территорий площадок. Различные показатели содержания элементов в почве как на одной площадке, так и на других площадках показывают на существенную неоднородность элементного состава нынешнего почвенного покрова технологических площадок. Такая неоднородность обусловлена тем, что после выборки и удаления радиоактивно и химически загрязненного поверхностного почвенного грунта в подземную полость A10, места выемок заполнялись чистым привозным грунтом с различных мест окружающей местности, при этом не придавалось значения тому, какого содержания и с какой глубины отбирался привозной грунт [3,4].

Таблица 1. Элементный состав почвенных проб с площадок Азгирского полигона

Площадка	Элементы						
	K	Ca	Ti	Mn	Fe		
	%						
A1	1.15-1.73	2.63-11.69	0.22-0.34	0.03-0.04	1.49-2.51		
A5	1.51-1.77	3.82-5.79	0.30-0.35	0.03	2.54-2.56		
A10	1.49-1.69	1.60-2.01	0.35-0.39	0.05-0.06	3.12-3.34		
	Cu	Zn	As	Pb	Rb	Sr	Y
	г/т						
A1	8-29	29-50	8-37	3-15	33 - 60	215-517	5.6-13.5
A5	32-56	51-54	35-36	14	51-53	220-249	11.1-13.1
A10	28-29	69-83	35-36	14-15	67-69	206-259	16.7-17.4
	Zr	Nb	Mo	Cs	Ba	La	Ce
	г/т						
A1	104-187	4.8-8.3	1.5-3.2	10-45	458-1302	11-48	20-49
A5	176-198	7.6-8.1	1.6-1.7	40-42	296-300	45	46-47
A10	182-196	10.1-10.9	1.6-1.7	42-43	337-370	45-46	46-53

Гранулометрический состав почвенного грунта площадок Азгирского полигона определялся с целью изучения степени выдуваемости почвенных частиц и распределения радионуклидов ¹³⁷Cs по выделенным почвенным фракциям. Ранее проведенные нами работы по гранулометрии почвенного грунта показали [5,6], что результаты распределения почвенных частиц по геометрическим размерам – фракциям существенно зависят от способа определения количества частиц по фракциям: сухого или мокрого рассева. При сухом рассеве не происходит полного разделения малых фракций, мелкие пылеватые частицы (<0,063 мм) частично слипаются посредством присутствующей глинистой фракцией, поэтому происходит искажение результатов определения

гранулометрического состава и, соответственно, распределения концентрации ¹³⁷Cs по фракциям. Использование мокрого рассева позволяет эффективно разделить фракции и более корректно измерить гранулометрический состав и распределение ¹³⁷Cs по фракциям.

В таблице 2 приведены данные по гранулометрическому составу почвенных слоев толщиной 1 см на глубинах от 1 см до 4 см. Для каждой фиксированной почвенной фракции указаны пределы процентных содержаний почвенных частиц, при этом пробы отобраны в различных местах площадки и на различных глубинах. Имеющиеся разбросы относительного содержания почвенных частиц во фракциях объясняются многообразием фазового состава и

тем, что почва претерпела значительные техногенные изменения своей макроструктуры. Использование сухого метода рассева почвенных частиц определило, что они в основном сосредоточены во фракциях 0,7 мм; 0,4 мм и 0,1 мм, а применение водной струи для рассева позволило получить более точные результаты – частицы преимущественно находятся во фракциях 0,1 мм и <0,063 мм. Оба метода дружно фиксируют малое количество частиц во фракции 0,063 мм.

В таблице 3 даны относительные содержания ¹³⁷Cs в выделенных почвенных фракциях, измеренные при сухом и мокром способе обработки почвы. При сухом рассеве почвенных частиц определяется, что ¹³⁷Cs находится в основном во фракциях 0,7 мм; 0,4 мм и 0,1 мм, а при мокром рассеве – ¹³⁷Cs концентрируется во фракциях <0,063 мм (главным образом) и 0,1 мм. Во фракции 0,063 мм относительные содержания ¹³⁷Cs отмечены в малых количествах по результатам обоих способов рассева почвенных частиц.

Таблица 2. Гранулометрический состав почвенного слоя на площадке А2, в процентах

Способ обработки почвы	Размер фракций, мм						
	1,25	0,7	0,4	0,1	0,063	<0,063	глина
сухой	0,4-4,0	12,3-34,1	21,6-25,4	28,3-48,4	3,7-7,5	4,6-9,9	-
мокрый	0,1-1,2	0,2-0,42	0,2-1,0	22,0-40,5	6,7-10,2	44,6-67,6	0,6-3,9

Таблица 3. Распределение ¹³⁷Cs по почвенным фракциям на площадке А2, в процентах

Способ обработки почвы	Размер фракций, мм						
	1,25	0,7	0,4	0,1	0,063	<0,063	глина
сухой	0,5-3,5	13,2-31,0	24,3-27,8	28,8-45,2	4,0-7,0	5,9-12,8	-
мокрый	0,0-0,6	0,0-3,1	0,0-4,0	3,6-21,9	1,2-5,8	58,9-92,2	0,7-7,4

В заключение необходимо отметить, что почвенный покров на площадках Азгирского полигона в результате проведения ядерных взрывов и в поствзрывной период подвергался интенсивному негативному техногенному воздействию с сопутствующим химическим и радиоактивным заражением поверхностного почвенного слоя. Почвенные частицы, в основном, концентрируются в гранулометрических фракциях <0,063 мм (44,6-67,6)% и 0,1 мм (22,0-

40,5)%, а радионуклид ¹³⁷Cs, главным образом, распределен во фракции <0,063 мм (58,9-92,2)%, т.е. в мелких пылеватых частицах. Это означает, что ¹³⁷Cs, прочно связанный с почвенными частицами [5], может свободно переноситься с мелкой пылевидной фракцией ветрами, поэтому необходимо в дальнейшем найти способы для связывания этой фракции и избавиться таким образом от пылепереноса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дубасов Ю.В. и др. Анализ и поэтапная реконструкция радиационной обстановки в районе объекта ГАЛИТ. НПО РИ. С.-П. - 1994.
2. Адамский В.Б., Адымов Ж.И., Ахметов Е.З. и др. Мирные ядерные взрывы на солянокупольном месторождении Большой Азгир. Препринт 10-98 ИЯФ НЯЦ РК. – Алматы. - 1998.
3. Кривохатский А.С. и др. Радиационные проявления подземных ядерных взрывов в мирных целях на соляном месторождении Большой Азгир. Бюллетень Центра общественной информации по атомной энергии. ЦНИИАтоминформ. М. - 1993. - №9.
4. Кривохатский А.С. и др. Основные характеристики радиационной обстановки после завершения серии подземных ядерных взрывов на соляном месторождении Большой Азгир. Препринт РИ-223. ЦНИИАтоминформ. – М - 1992.
5. Ахметов Е.З. Распределение ¹³⁷Cs и ²⁴¹Am по гранулометрическим фракциям почвенного грунта на площадках Азгирского полигона. Вестник НЯЦ РК. Вып. 3. - 2001.
6. Ахметов Е.З. Особенности присутствия ¹³⁷Cs в почве на площадках Азгирского полигона. Вестник НЯЦ РК. – Вып. 3. - 2002.

БҰРЫНҒЫ АЗҒЫР ЯДРОЛЫҚ ПОЛИГОНЫНДАҒЫ БӨЛІНГЕН ЖЕРЛЕРДІҢ СИПАТТАМАСЫ

Ахметов Е.З., Адымов Ж.И., Ерматов А.С., Сметанников В.В.

ҚР ҰЯО Ядролық физика институты, Алматы

Бұрынғы Азғыр ядролық полигоны технологиялық алаңдарының күндік бетіндегі қатты топырақ қабатының фазалық және элементтік құрамы анықталған. Бірсыпыра алаңдарда қатты топырақтың қабатының радионуклидтік ластануы бойынша және түйіршік өлшемді топырақтың түйірлер тобында цезий-137 таралымы бойынша деректер келтірілген.

CHARACTERISTICS OF BROKEN SOILS AT THE FORMER AZGIR NUCLEAR TESTE SITE

E.Z. Akhmetov, Zh.I. Adymov, A.S. Ermatov, W.W. Smetannicov

Institute of nuclear physics NNC RK, Almaty

There were determined phase and element compositions of day surface soil ground of technological locations of the former Azgir nuclear test site. The data on radionuclide contamination of soil ground at a number of locations and the distribution of cesium-137 on granulometrical soil fractions has been presented.

УДК 538.9:621.78

РАДОНОМЕТРИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В КАЗАХСТАНЕ**Севостьянов В.Н.***ТОО "Соло ЛТД", Алматы*

В настоящее время приходится констатировать, что в области радонометрии, несмотря на особую роль и несомненные достижения в обеспечении радиационного контроля, проводимого в Казахстане, до сих пор существуют определенные проблемы в четком определении применяемых физических величин, корректного использования методик и применения адекватных средств измерения для выполнения требований современных нормативных документов, например, НРБ-99 [1]. В данной работе приведены некоторые сведения из области радонометрии, описано состояние проблемы в Казахстане и предлагаются пути её дальнейшего решения.

ВВЕДЕНИЕ

В работе [2] приведены обобщенные данные радоновых исследований, проведенных в Казахстане за период 1980 – 2001 гг. По результатам данных исследований в [2] был сделан вывод о том, что население Казахстана проживает в основном на радоноопасных территориях и необходимо проводить более детальные исследования в рамках единой радоновой программы. В настоящей работе приводятся некоторые данные, полученные в последнее время при исследованиях в жилых и производственных помещениях. Также кратко приведены сведения о новых приборах и методиках, используемых при проведении радоновых исследований.

СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ В КАЗАХСТАНЕ**Районирование территории Казахстана по природным источникам радиации**

Исходя из геологических данных по закономерности распределения природных радионуклидов в горных породах, а также распределения радона и природных радионуклидов в подземных водах, возможно выделить на территории Казахстана ряд радоноопасных площадей (провести районирование) с повышенными дозовыми нагрузками на население за счет природных радиационных факторов. Это в первую очередь:

- площади развития высокорadioактивных пород с повышенным радоновыделением в районах урановорудных провинций и редкометальных областей (Кокшетауская, Акмолинская, Карагандинская, Джезказганская области), а также горные и предгорные районы юга и юго-востока Казахстана (Жамбылская, Алматинская, Талдыкорганская, Семипалатинская, Восточно-Казахстанская области);
- площади развития подземных вод артезианских бассейнов с высокими содержаниями урана, радия в районах Чу-Сарыуской и Сырдарьинской урановорудных провинций (Кызылординская, Южно-Казахстанская область);
- отдельные источники подземных (термальных) вод Западного Казахстана, территории ряда нефтепромыслов с повышенным содержанием природных радионуклидов в пластовых водах, соз-

дающих при технологических процессах нефтедобычи радиоактивные загрязнения земной поверхности (Мангыстауская, Атырауская, Западно-Казахстанская, Актюбинская области).

Таким образом, основными источниками радона являются:

- рудное сырье (урановые, редкоземельные руды и некоторые другие);
- тектонические разломы;
- вода из радононосных водоисточников;
- строительные материалы из высокорadioактивных пород;
- почвы и грунты, сформировавшиеся из высокорadioактивных горных пород, либо перекрывающие разломные радононосные системы.

Учитывая широкое распространение высокорadioактивных пород, урановорудных и редкометальных провинций на территории Казахстана можно предполагать наличие значительного количества населенных пунктов, где имеет место повышенное выделение радона из грунта.

Сделана попытка радиационного районирования территории Казахстана по геологическим данным с учетом сведений по радиоактивности горных пород, вод и урановорудных, редкометальных и других рудноносных провинциях, с которыми связаны естественные и техногенные радиоактивные аномалии и загрязнения (Табл. 1). Выполненное районирование следует относить к региональному, так как удалось выделить лишь крупные регионы (области), в которых необходимо постановка более детальных радиационно-экологических обследований с привлечением уже выполненных ранее специализированных аэрогеофизических, радиогеохимических и гидрогеологических исследований. В комплекс дальнейших исследований включается радиационно-экологическое картирование для выявления районов повышенного радиационного риска и в пределах этих районов, детальные радиационно-экологические исследования в населенных пунктах и промзонах, характеризующихся повышенными радиационными нагрузками на население.

Таблица 1. Площадь радиационно-опасной территории в областях Республики Казахстан

Область	Население млн. чел.	Общая площадь, тыс. км ²	В том числе занятая площадь, тыс. км ²	Радиационно-опасные объекты		
				Подземные воды с повыш. радиоактивностью	Ураново рудные	Редкометаллические, полиметал лические
Западно-Казахстанская	0,595	151,2	-	1,0	-	-
Актюбинская	0,651	298,7	33,6 (3,4)	2,0	-	-
Атырауская	0,376	112,0	-	2,0	-	-
Мангыстауская	0,268	166,2	-	3,0	1,0	-
Кустанайская	0,962	114,5	0,5 (0,3)	-	-	-
Северо-Казахстанская	0,580	44,3	1,3(1,2)	-	1,0	10,0
Кокчетавская	0,624	78,1	9,4(3,2)	30,0	70,0	-
Тургайская	0,285	111,9	2,0(0,4)	-	-	-
Акмолинская	0,818	124,6	7,4(2,0)	10,0	10,0	-
Павлодарская	0,836	127,5	77,7(2,7)	-	-	-
Карагандинская	1 273	854	257(3,4)	20,0	15,0	-
Жезказганская	0,456	313,4	67,3(18,0)	10,0	10,0	-
Кызылординская	0,582	228,1	-	60,0	60,0	-
Южно-Казахстанская	1,617	116,3	0,2 (0,2)	60,0	60,0	-
Джамбульская	0,952	144,6	16,2 (7,2)	10,0	30,0	-
Алматинская	1,829	104,7	5,5 (2,7)	10,0	10,0	-
Талдыкорганская	0,675	118,5	8,1 (4,7)	40,0	-	-
Семипалатинская	0,784	179,6	57,1 (5,8)	40,0	-	-
Восточно-Казахстанская	0,890	97,3	34,5(13,1)	-	30,0	-
ВСЕГО	15,053	2717,3	256,6 (68,3)	298,0	251,0	10,0

СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ ПРОБЛЕМЫ РАДОНА В КАЗАХСТАНЕ

Впервые на территории республики комплексные исследования, позволившие получить обобщенные данные о влиянии радона в условиях жилых и производственных помещений на заболеваемость населения, проведены в поселке Акчатау Жезказганской области [3], где в 1985 г было обнаружено превышение естественного γ -фона селитебной зоны территории и ПДК радона за счет его эманации из грунта и местных строительных материалов.

На сегодняшний день органами Госсаннадзора в процессе проведения исследований на содержание радона в воздухе жилых помещений выявлен ряд поселков и городов, где зарегистрировано превышение допустимых уровней равновесной эквивалентной объемной активности (ЭРОА) радона. К ним относятся г. Жезказган, п.п. Акчатау, Актогай, Жезказганской области, и г. Аксай Западно-Казахстанской области, п. Горный Северо-Казахстанской области. Согласно исследованиям, проведенным в 1994 – 1995 г.г., Планами мероприятий по улучшению радиационной обстановки в РК, утвержденными Постановлениями Кабинета Министров РК от 31.12.1992 г. № 1103 и от 30.03.1995 г. № 363 на территориях Кокшетауской, Акмолинской, Карагандинской и Жезказганской областях 64 населенных пункта (районные центры, поселки районного подчинения) по геологическому критерию попадают в потенциально опасные по радону зоны. Зарегистрированы случаи, где концентрация радона в почвах достигала значения до 300000 Бк/м³, а концентрация в помещениях 6000 Бк/м³ и более [4,5].

В некоторых городах и поселках до 70 % обследованных домов имели концентрации радона, пре-

вышающие допустимый уровень —200 Бк/м³. К ним относятся г.г. Жезказган, Макинск, Щучинск, п.п. Акчатау, Актогай, Арык-Балык, Балкашино. Необходимо отметить, что в помещениях детских садов пос. Арык-Балык концентрация радона составляла от 510 до 4500 Бк/м³. При этом, как отмечено выше, только по п. Акчатау проведено детальное обследование всего жилого фонда и на основании материалов обследования принято и выполнено правительственное решение по переселению людей из неблагополучных квартир в новые. По остальным населенным пунктам объем проведенных исследований недостаточен для полной и объективной оценки лучевых нагрузок на население и принятия обоснованных решений по их снижению.

Кроме грунта источниками поступления радона в воздух жилых помещений являются строительные материалы. В соответствии с действующим нормативным документом НРБ-99 все строительные материалы делятся на 4 класса радиационной опасности, из которых только первый класс допускается к использованию в строительстве жилых и общественных зданий. В настоящее время далеко не все предприятия, добывающие, изготавливающие и реализующие строительные материалы и концентраты, имеют на выпускаемую продукцию сертификаты соответствия с указанием класса их радиационной опасности, что не исключает применение материалов II и III класса радиационной опасности в строительстве жилья. Продукцию II класса выпускают в 5 областях Республики, продукцию III класса выпускает Макинский карьер. Использование их продукции в строительстве увеличивает концентрацию радона в соответствующих помещениях. К тому же в Казахстане практически нет специализированных испытательных лабора-

торий для контроля за радиоактивностью выпускаемых стройматериалов. По остальным населенным пунктам объем проведенных исследований недостаточен для полной и объективной оценки лучевых нагрузок на население и принятия обоснованных решений по их снижению.

Помимо жилых зданий, лучевую нагрузку за счет радона значительная группа населения получает на рабочих местах. В течение 1985-87 г.г. были обследованы предприятия Акчатауского ГОКа, Жезказганцветмета, Восточно-Каунардского рудника. При этом было установлено, что наиболее облучаемым контингентом в РК являются рабочие не уранодобывающих и перерабатывающих предприятий, а рабочие горнодобывающих предприятий цветных и рудных металлов. Это объясняется отсутствием на этих предприятиях производственного контроля за содержанием радона в воздухе рабочей зоны и высоким уровнем запыленности воздуха с повышенным содержанием естественных радионуклидных веществ в производственной пыли. В отдельных случаях дозы облучения на легкие рабочих подземных выработок достигали 5 Зв/год при допустимом уровне 0.015 Зв/год.

Помимо перечисленных факторов в формировании лучевых нагрузок на население от природных источников ионизирующих излучений, значительную роль играют питьевая вода и продукты питания.

По результатам единичных исследований превышение допустимых уровней содержания естественного урана и тория зарегистрированы в нескольких источниках питьевого водоснабжения Южно-Казахстанской, Кызылординской и Талдыкорганской областей. Однако, массовые исследования этого вопроса органами Госсаннадзора не проводились и объективную оценку радиоактивности питьевой воды, используемой населением, в масштабе государства дать сегодня невозможно. Что касается содержания естественных радионуклидов в пищевых продуктах, то исследований на эту тему фактически не проводилось. Снижение уровня облучения населения от природных источников ионизирующей излучений во многом зависит от конструкционной особенности фундаментной части зданий - подпольного пространства и воздухообмена в нем.

В существующих конструкциях фундаментной части зданий кратность снижения концентрации радона относительно его концентрации в почвенном воздухе, согласно предварительным исследованиям для комнат одноэтажных домов деревенского типа без подвальных помещений, составляет в среднем 8 ± 4 , для домов с подвальными помещениями 36 ± 14 . Подвальное помещение, как промежуточное звено между почвой и надпочвенной частью здания, снижает концентрацию радона в 5 ± 3 раза. Кратность снижения не зависит от концентрации почвенного радона [4,5]. Концентрации почвенного радона на участках, где имеется повышенное содержание ЕРН и

проходят тектонические разломы, высокие и доходят до нескольких сотен кБк/м^3 . По геологическим критериям количество населенных пунктов в Казахстане, где концентрация почвенного радона выше 5кБк/м^3 с плотностью потока больше $50 \text{мБк/м}^2 \text{с}$, достаточно велико. На таких участках при застройке новых зданий необходимо рассмотреть радонозащитную конструкцию фундаментной части зданий.

НОРМИРОВАНИЕ

Впервые, в Казахстане устанавливаются допустимые среднегодовые эквивалентные равновесные объемные активности (ЭРОА) радона и торона в воздухе зданий жилищного и общественного назначения: для новых зданий – 100Бк/м^3 , для эксплуатируемых – 200Бк/м^3 в связи с введением документа НРБ-96. Как уже отмечалось, для нормирования уровня облучения используется среднегодовое значение в зоне дыхания ЭРОА изотопов радона. Важной особенностью нормирования при облучении радоном является понятие среднегодового значения, поскольку в отличие от других факторов облучения в безаварийной обстановке, ЭРОА изотопов радона подвержена очень сильным изменениям от часа к часу в течение всего года

При монофакторном воздействии для персонала категории А численное значение среднегодовой ЭРОА изотопов радона в зоне дыхания допустимая объемная активность (ДОА) дочерних продуктов распада (^{222}Rn) и торона (^{220}Rn) складывается из монофакторных среднегодовых значений ДОА ЭРОА радона [1]:

$$\bar{A}_{\text{Rn экв}} = 1240 \text{ Бк/м}^3$$

и ЭРОА торона $\bar{A}_{\text{Tn экв}} = 270 \text{ Бк/м}^3$.

$$\text{Поскольку } \frac{A_{\text{Rn } \bar{y}\bar{e}\bar{a}}}{1240} + \frac{A_{\text{Tn } \bar{y}\bar{e}\bar{a}}}{270} = 1, \text{ тогда}$$

$$\text{ДОА} = A_{\text{Rn экв}} + 4,6 A_{\text{Tn экв}} = 1240 \text{ Бк/м}^3.$$

При монофакторном воздействии для работников, не относящихся к категории персонала (категория Б): ДОА (категория Б) = $1/4$ ДОА (категория А) = 310 Бк/м^3 . Для производственных условий значения ДОА получены для продолжительности работы 2000 ч/год.

Допустимое значение эффективной дозы, обусловленной суммарным действием природных источников ионизирующего излучения для населения не устанавливаются, но устанавливаются ограничения на облучение населения от отдельных природных источников.

Для населения предусматривается, что при проектировании новых зданий жилищного и общественного значения для среднегодового значения ЭРОА изотопов радона ДОА $\leq 100 \text{ Бк/м}^3$, в эксплуатируемых зданиях ДОА $\leq 200 \text{ Бк/м}^3$. Для населения предполагается, что продолжительность нахождения человека в помещении составляет 7000 ч/год.

Само среднегодовое значение ЭРОА изотопов радона $A_{\text{экр}}$ складывается, согласно НРБ-99, из среднегодового значения ЭРОА радона (^{222}Rn) - $A_{\text{Rn экв}}$ и среднегодового значения ЭРОА торона (^{220}Rn)- $A_{\text{Тп экв}}$. В свою очередь ЭРОА радона (^{222}Rn) определяется, как уже показано выше, только через объемные активности короткоживущих дочерних продуктов распада радона (ДПР) - RaA (^{218}Po), RaB (^{214}Pb), RaC (^{214}Bi):

$$A_{\text{Rn экв}} = 0,106 A_{\text{RaA}} + 0,513 A_{\text{RaB}} + 0,381 A_{\text{RaC}},$$

где A_{RaA} , A_{RaB} и A_{RaC} объемные активности RaA , RaB и RaC соответственно, (RaA , RaB и RaC - читается как радий А, радий В и радий С).

Значения ЭРОА торона (^{220}Rn) определяется только через объемные активности короткоживущих дочерних продуктов распада торона (ДПТ) - ThA (Po^{216}), ThB (^{212}Pb), - ThC (^{212}Po):

$$A_{\text{Тп экв}} = 7 \times 10^{-6} A_{\text{ThA}} + 0,913 A_{\text{ThB}} + 0,087 A_{\text{ThC}},$$

где A_{ThA} , A_{ThB} , A_{ThC} объемные активности ThA , ThB и ThC - соответственно, (ThA , ThB и ThC - читается, как торий А, торий В и торий С).

В формуле для $A_{\text{Тп экв}}$, значение - $7 \times 10^{-6} A_{\text{ThA}}$ вследствие его малой величины часто опускается. Более 90% вклада в значение ЭРОА торона обусловлено объемной активностью ThB . При расчете вклада в основную дозу облучения от изотопов радона, согласно определению, объемные активности самих материнских радионуклидов - радиоактивных газов радона и торона не учитываются. Учитываются только значения объемных активностей ДПР и ДПТ. Для значения объемной активности материнского радионуклида торона $\text{Rn}^{220} A_{\text{Тп}}$ и значения ЭРОА торона существует соотношение:

$$A_{\text{Тп экв}} = F_{\text{Тп}} \times A_{\text{Тп}},$$

где $F_{\text{Тп}}$ - коэффициент равновесия для торона (^{220}Rn). Определение коэффициента равновесия для торона (^{220}Rn) аналогично определению коэффициента для радона. На практике значения F_{Rn} , $F_{\text{Тп}} < 1$, причем для торона значение $F_{\text{Тп}}$ не определено и лежит в пределах от 0,01 до 0,1. Необходимо отметить, что при расчете среднегодового ЭРОА изотопов радона весовой коэффициент для ЭРОА торона составляет 4,6 вместо 13,6, как этого следует ожидать из соотношения скрытой энергии на 1 Бк для ЭРОА торона по отношению к ЭРОА радона. Данная разница возникает при дозиметрическом моделировании облучения лёгких, когда за счет относительно большого периода полураспада ThB существенную роль играют процессы выведения радионуклида из области лёгких [6].

ПРИБОРНОЕ И МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

В настоящее время в РК нами разработан и запущен в серийное производство целый комплекс радонометрической аппаратуры, с помощью которой можно проводить измерения радона и радиоактивных аэрозолей в воздухе, в почве, в воде, производить измерение эксхалиции радона, исследовать

ультравысокодисперсную компоненту. Разработано и соответствующее методическое обеспечение.

Коммерчески доступной является следующая аппаратура:

- Прибор для измерения радиоактивных аэрозолей "РАМОН-01/01М", в котором применяется альфа - спектрометрический метод для измерения ЭРОА изотопов радона для радиационного контроля в воздухе жилищ и на рабочих местах;
 - Прибор для автоматического мониторинга радиоактивных аэрозолей - "РАМОН-02-АВТОМАТ", который может обеспечить контроль среднегодовых значений ЭРОА изотопов радона, что представляется очень важным, в - первую очередь, из-за отсутствия интегральной аппаратуры для измерения ЭРОА изотопов радона;
 - Прибор для измерения материнского радионуклида ^{222}Rn "РАМОН - РАДОН - 01", который предназначен для измерения радона - ^{222}Rn в различных средах - в воздухе, в воде, в почве, потоков радона с различных поверхностей;
 - Система автоматического экологического мониторинга "АМ-ЭКО-01-СОЛО", которая предназначена для непрерывного измерения экологической ситуации в окружающей среде, а именно - мощности эквивалентной дозы гамма-излучения, накопленной дозы и значений объемной активности радона в почве. Система также измеряет температуру, давление и влажность окружающей среды. Возможно подключение датчиков разного типа.
- Нами также разработаны следующие методические документы:
- "Методические указания по обеспечению радиационной безопасности от природных источников ионизирующих излучений", Р Н Д 221.1.6.02-96. Утверждена Вице министром экологии и биоресурсов Баишевым К.С., 1997 г.
 - "Методика измерения эквивалентной равновесной объемной активности радона и торона в воздухе с использованием прибора "Ramon-01". Утверждена Вице министром экологии и биоресурсов Баишевым К.С., 1997 г.
 - "Методика определения ПРФ с помощью прибора "Ramon-01". Утверждена Вице министром экологии и биоресурсов Баишевым К.С., 1997 г.
 - "Критерии оценки потенциальной радоноопасности территорий". Утверждена Вице министром экологии и биоресурсов Баишевым К.С., Главным государственным сан. врачом РК Дурумбетовым Е.Е., 1997.
 - "Методика определения эксхалиции (плотности потока) радона с поверхности почв и грунтов с помощью прибора "Ramon-01" и его модификаций". Согласовано с зам. главного государственного санитарного врача РК Спатаевым М.Б., 1998.
 - "Методика определения почвенного радона с помощью прибора "Ramon-01" и его модифика-

ций. Согласовано с Зам. главного государственного сан. врача РК Спатаевым М.Б., 1998.

- "Методика экспрессного измерения содержания радона (^{222}Rn) в воде с помощью радиометра ЭРОА радона "Рамон-01" и его модификаций.
- Методические рекомендации по определению среднегодового значения ЭРОА изотопов радона. Утверждена Зам. Главного государственного санитарного врача РК Спатаевым М.Б. 25.11.99 г.
- Методика определения доз внутреннего облучения за счет вдыхания радиоактивных аэрозолей. Согласована с зам. главного государственного санитарного врача РК Спатаевым М.Б. 07.11.2001 г.

Описанное выше приборное и методическое обеспечение позволяет решать широкий круг задач как в области радонометрии, так и в области практической радиологии с целью контроля уровня радиационной безопасности от радона.

ОБОБЩЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАДОНОМЕТРИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЗА 1980-2002 ГГ.

По результатам проведенных исследований в 1980-2001 гг. в [2] показано, что для проведенных 2000 измерений в жилых помещениях в случае лог-нормального распределения геометрическое среднее составляет $GM=204\text{Бк}/\text{м}^3$, со стандартным отклонением $GSD=1,31$ с максимальным значением $A_{\text{макс}}=5000\text{Бк}/\text{м}^3$; для почвенного радона соответствующие значения составляют $GM=14700\text{Бк}/\text{м}^3$, $GSD=1,4$ с максимальным значением $A_{\text{макс}}=130000\text{Бк}/\text{м}^3$. Для эксгаляции радона с почв и грунтов данные, которые не были приведены в [2] и являются менее представительными (~500 измерений). Результаты следующие: среднее значение составляет $184\pm 75\text{ мБк}/\text{с}/\text{м}^2$. По предварительным оценкам радоновыми исследованиями были охвачены лишь <1 % от всех жилых помещений. Рассчитанные значения эффективных доз от внутреннего облучения от радона, в школьных и дошкольных учреждениях, расположенных в зонах тектонических разломов и отличающихся повышенными уровнями радона в воздухе, крупнейшего в Казахстане г. Алматы достигали величины $30\text{ мЗв}/\text{год}$ при среднем значении ~ $5\text{ мЗв}/\text{год}$.

Необходимо отметить, что при проводимых в настоящее время измерениях радона в воздухе жилых и производственных помещений, почвенного радона и эксгаляции радона, в Казахстане практически отсутствовала практика измерения радона в воде, особенно, для источников питьевой воды, хотя стандарты радиационной безопасности регламентируют предельное содержание радона в воде уровнем $60\text{ Бк}/\text{кг}$.

Данные по радоновым исследованиям, выполненные под руководством Республиканской СЭС государственными органами санитарно-эпидемиологической службы в различных регионах Казахстана за период 1999 - 2002 гг. и любезно предоставленные автору, обобщены в таблице 2, где по-

казаны данные по объемной активности радона А. Для перехода от значений ЭРОА (эквивалентной равновесной объемной активности) радона к значениям объемной активности материнского радионуклида учитывался коэффициент равновесия $F=0,45$. Всего было выполнено более 7000 измерений. Среднее значение объемной активности радона в помещениях по результатам проведенных измерений для Казахстана составляет $130\text{ Бк}/\text{м}^3$. Все полученные измерения носили характер "мгновенных" инспекционных, выполненных приборами "Рамон-01/01М". Отметим, что эти данные по характеру распределения отличаются от данных, представленных в [2], что вероятно связано с тем, что использовались лишь мгновенные единичные измерения и то, что при рассмотрении учитывались данные по областям с низкими значениями по радону, например, данные по Мангыстауской области. Отметим, что данные, представленные в [2], получены различными методами, в том числе и интегральными и многочисленными "мгновенными" измерениями в одном и том же помещении, с учетом суточных, сезонных и годовых вариаций. Принимая во внимание результаты проведенных почти 10000 измерений, можно сделать вывод о том, что среднее значение объемной активности радона в помещениях для Казахстана лежит в пределах от 130 до $200\text{ Бк}/\text{м}^3$ со средним значением $170\text{ Бк}/\text{м}^3$, что более чем в 4 раза превышает средний общемировой уровень равный $40\text{ Бк}/\text{м}^3$ [6]. Используя для вычисления экспозиции среднее значение ЭРОА $=170\times 0,45=77\text{ Бк}/\text{м}^3$ и то, что среднее время нахождения человека в жилом помещении $7000\text{ час}/\text{год}$ и дозовый коэффициент перехода $4\text{ мЗв}/\text{РУМ}$ (Рабочий Уровень за Месяц) [7], находим, что средний уровень эффективной дозы за счет ингаляционного поступления дочерних продуктов распада радона составит $3,4\text{ мЗв}/\text{год}$. Данное значение в 1,5 раза превышает среднее значение эффективной дозы за счет радона по данным доклада НКДР ООН в 2000 г, в котором также приводится средний общемировой диапазон 1-10 $\text{мЗв}/\text{год}$ за счет облучения радоном. Отметим, что при нашей оценке среднего значения дозы для населения Казахстана, не был учтен вклад от облучения радоном на рабочих местах, что, по-видимому, даст еще большее значение вплоть до $10\text{ мЗв}/\text{год}$.

В качестве примера рассмотрим полученные нами данные на предприятии "Шымкентцемент" и ЗАО "Казатомпром". Данные получены были с использованием α -трековых детекторов и прибора "Рамон-01/01М". Использование прибора "Рамон 01/01М" дает возможность контроля вариаций коэффициента равновесия и содержания ЭРОА торона, что необходимо для корректного перехода от интегральных значений объемной активности радона, полученным с помощью α -трековых детекторов, к значениям нормируемой величины – средним значениям ЭРОА изотопов радона [8].

Таблица 2. Результаты радоновых исследований в Казахстане за 1999-2002 гг.

Область/город	Кол-во измерений	Среднее значение А, Бк/м ³	Максимальное значение А _{макс.} Бк/м ³
г. Астана	400	<400	900
Акмолинская	176	<400	-
Актюбинская	384	210	380
Атырауская	641	50	90
Западно-Казахстанская	с 1993 г. 4340	180	450
Карагандинская	715	50	110
Кызылординская	982	<400	-
Мангыстауская	818	10	20
Северо-Казахстанская	136	40	50
СЭС на транспорте	86	45	350
Южно-Казахстанская	977	80	160

На предприятии "Шымкентцемент" α-трековые детекторы были установлены в 11 производственных помещениях, таких как сырьевой пост, пылеуловительный пост, помещение помола и др. Среднее значение объемной активности радона по данным интегральных измерений составило 150 Бк/м³ с максимальным значением в зоне помола до 350 Бк/м³. Расчеты показывают, что среднее значение эффективной дозы составит 1,2 мЗв/год и 2,8 мЗв/год для рабочих в зоне помола.

Для предприятия ЗАО "Казатомпром" проведение интегральных и экспрессных измерений позволило оценить среднегодовые дозы, получаемые персоналом в помещениях, связанных с получением урана из продуктовых растворов. Результаты следующие: для ЦРУ – 6,2 мЗв/год; для РУ-6 – 0,6 мЗв/год; для Степного РУ – 1 мЗв/год. Следует отметить, что оценки доз для рудоуправлений были проведены лишь по данным за один квартал. Интересной особенностью является высотное распределение радона в помещениях предприятий "Казатомпрома". В качестве примера приведем распределение в помещении УППР-2 Степного РУ. Так на отметке 0 м среднеквартальное значение объемной активности радона составило 104 Бк/м³; на высоте 3,5 м -117 Бк/м³; на 9,6 м – 207 Бк/м³; на 14,4 м -322 Бк/м³. Данное высотное распределение является инверсным к обычному и свидетельствует о том, что основной источник радона располагается на отметке 14,4 м. Если учитывать неравномерное распределение радона по высоте, то при работе одних и тех же лиц из персонала на одних и тех же отметках, даст существенное различие в получаемых за год дозах. Например, для ЦРУ максимальная оценка дозы составила 9,5 мЗв/год, а минимальная 3,9 мЗв/год.

Таким образом, анализ данных полученных по вышеуказанным предприятиям, свидетельствует о том, что на рабочих местах эффективные дозы могут варьировать в пределах 0,6-9,5 мЗв/год, причем на предприятиях, не связанных с добычей природных радионуклидов дозы от радона могут даже превышать значения доз, зафиксированных на спецпроизводствах.

Еще одним фактором повышенного облучения радоном, как это общеизвестно, могут являться источники водоснабжения. Исходя из того, что источник водоснабжения с содержанием радона, может повысить объемную активность радона в помещении. Установлена, согласно НРБ-99 [1], норма содержания радона в воде - 60 Бк/кг. К сожалению, в Казахстане радиологические службы, вследствие отсутствия приборного обеспечения, практически не проводят измерений радона в воде и эксхалирующий радона с почв и грунтов.

Как уже отмечалось в [9], для решения этой задачи нами был разработан и налажен промышленный выпуск приборов "Рамон-радон" для определения эксхалиции радона и для измерения содержания радона ²²²Rn в различных средах – в воздухе, в воде, в почве, потоков радона с различных поверхностей.

Нами были проведены предварительные исследования содержания воды в источниках водоснабжения (вода из под крана) в г. Алматы. Результат исследования показал, что содержание радона в воде лежит в пределах 20-40 Бк/кг, что не превышает регламентированного значения. Проведенные замеры в санатории Алмарасан показали, что в водоисточнике содержание радона составило 70 Бк/м³. Хотелось бы подчеркнуть, что полученные результаты носят сугубо предварительный характер и необходимо проводить детальные исследования радона в воде во всех регионах Казахстана. Необходимость таких исследований подтверждается геологическими данными [2] и достаточно очевидна. Так, например, наши замеры воды из скважин в санатории "Мерке" Жамбылской области показали содержание радона до 5000 Бк/кг.

Выводы

Результаты проводимых в Казахстане радонометрических исследований подтверждают факт того, что внутреннее облучение радоном является основным источником дозовых нагрузок населения. Средний уровень объемной активности радона в помещениях примерно в 4 раза превышает среднемировой уровень, что обусловлено повышенными уровнями содержания радионуклидов в подстилающих почвах и грунтах на территории Казахстана. Как следствие, средние дозы от облучения радо-

ном населения Казахстана также примерно в 4 раза могут превышать среднемировой уровень и достигать 10 мЗв/год. Помимо подстилающих почв и грунтов, одним из важных источников повышенных уровней радона в помещении могут служить и источники водоснабжения, что вызывает необходимость детальных исследований содержания радона в воде на всей территории Казахстана. Вышеприве-

денные факты свидетельствуют о необходимости дальнейших и более масштабных радоновых исследований в Казахстане, с целью выявления радоноопасных участков, территорий, источников водоснабжения и проведения противорадоновых мероприятий с целью снижения уровня облучения населения Казахстана и улучшения радиационной ситуации.

ЛИТЕРАТУРА

1. "Нормы радиационной безопасности (НРБ)-99", СП 2.6.1.758-99. – Алматы. - 2000. - 80 с.
2. Севостьянов В.Н., Абеленцев В.В. Некоторые аспекты радоновой проблемы в Казахстане. АНРИ-КАЗАХСТАН № 3(7), 2001. - С. 20-39.
3. Байсеркин Б.С. Комплексная санитарно-гигиеническая и медицинская оценка хронического воздействия различных концентраций радиоактивного газа радона на здоровье населения и работающих в этих условиях. Диссертация на соискание ученой степени кандидата медицинских наук. – Алматы. - 1996.
4. Сиражет Х., Казачевский И.В., Краснов Г.И. Определение концентрации радона в почве, помещениях и классификация территории застройки. Препринт ИЯФ НЯЦ № 2-96. – Алматы. - 1996.
5. Сиражет Х. Отчет "Изучение зависимости и концентрации радона в жилых и производственных помещениях от природных условий. (по Договору с Минэкологии РК)". ИЯФ НЯЦ. – Алматы. - 1995.
6. Report of the United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation to the General Assembly, UN Publication, Sales No. E.00.IX.3, ISBN 92-11-142238-8, 2000.
7. Защита от ^{222}Rn в жилых зданиях и на рабочих местах. Публикация 65 МКРЗ: Пер. с англ. М.: Энергоатомиздат. - 1995. - 68 с.
8. Севостьянов В.Н. Определение внутренних доз облучения персонала от продуктов распада изотопов радона. АНРИ-КАЗАХСТАН №1(9), 2002. - С.26-29.
9. Абеленцев В.В., Севостьянов В.Н. Прибор для измерения материнского радионуклида ^{222}Rn "Рамон-радон-01. Журнал "АНРИ-КАЗАХСТАН", № 2(10), 2002. - С.63-68.

ҚАЗАҚСТАНДАҒЫ РАДОНОМЕТРИЯЛЫҚ ЗЕРТТЕУЛЕР

Севостьянов В.Н.

ЖШС "Соло ЛТД", Алматы

Қазіргі уақытта радонометрия айналасындағыларды дәлелдеуге тура келіп тұр, Қазақстанда өтетін радиациялық бақылауды қамтамасыз етудің жетістігіне және ерекше роліне қарамастан қолданылатын физикалық шамасын нақты белгілеуде осы уақытқа дейін белгілі бір проблемалар бар, әдістемені мүлтіксіз дұрыс пайдалану және адекватты өлшеу шараларын, құжаттардың қазіргі нормативті талаптарын орындау үшін қолданылады мысалы, НРБ-99 [1]. Берілген жұмыста радонометрия айналасынан кейбір мәліметтер келтірілген, Қазақстандағы мәселелердің жағдайы сипатталған және оларды әрі-қарай шешу жолдары ұсынылған.

RADON MEASUREMENT STUDIES IN KAZAKHSTAN

V.N. Sevostyanov

SOLO LTD Limited Partnership, Almaty

Today, one has to admit that despite the important role and certain achievements in providing the radiation control in Kazakhstan, radon measurements still present some problems related to clear definition of physical quantities applied, correct use of methods, and application of adequate measuring devices to meet requirements of regulatory documents currently in effect, such as NRB-99 [1]. The paper provides some data on radon measurements, describes the problem status in Kazakhstan and proposes ways to solve it.

УДК 327:623.454.8

**ПОЛИТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОСЛЕДСТВИЙ ИСПЫТАНИЙ
НА СЕМИПАЛАТИНСКОМ ЯДЕРНОМ ПОЛИГОНЕ**

Сыдыков Е.Б., Панин М.С.

Семипалатинский государственный университет им. Шакарима, Семипалатинск

В докладе отражена напряженная борьба народов Казахстана за закрытие Семипалатинского ядерного полигона. Раскрыты основные внешнеполитические аспекты и последствия прекращения ядерных взрывов, как для Казахстана, так и для мирового сообщества.

Без малого 60 лет прошло с начала ядерной эпохи.

Огромные ядерные арсеналы надолго становятся основными аргументами в глобальном противостоянии сверхдержав. Достижение безопасности увязывалось, главным образом, с процессом увеличения ядерного потенциала, что, в свою очередь, не снимало полностью вопросы безопасности, а приводило к своеобразной цепной реакции, до бесконечности увеличивая эту бочку с порохом, на которой оказалась наша планета.

И не случайно, еще в середине 50х годов XX века Альберт Эйнштейн, Бертран Рассел и другие выдающиеся ученые выступили с набатным призывом к мировой общественности, в котором заявляли, что разрушительная сила ядерного оружия способна уничтожить цивилизацию, и дальнейшее существование рода человеческого вообще находится под сомнением. Но эти призывы не были услышаны властью предрежащими.

40 лет продолжались взрывы на крупнейшем в СССР Семипалатинском ядерном полигоне, около 500 было произведено в казахстанской степи. Все эти годы соблюдался режим строжайшей секретности, методы работы полигона составляли тайну за семью печатями.

Деятельность государства, его военно-промышленного комплекса была фактически направлена против народа, проживающего в Семипалатинском регионе. Безмолвными и безропотными винтиками существовавшей системы были бывшие должностные лица на местах. Конечно, они многого не знали, а если и просачивались какие-то сведения, то они или быстро пресекались, или заявлялось, что не надо вмешиваться в тайны государства, или имели место обращения к руководству страны за разовой помощью. И только начиная с 1987 г руководство Казахстана начало поднимать проблему закрытия полигона, хотя в то время Казахстан еще не был независимым государством и, как все советские республики, испытывал жесткий диктат центра, особенно в такой сфере, как военно-промышленный комплекс. К решению данных вопросов не допускались даже первые руководители республик. Намерение Казахстана закрыть Семипалатинский полигон, движение "Невада-Семипалатинск" встретило жесточайший прессинг. Мы помним тревожную

атмосферу тех дней и тем выше цена этого беспрецедентного шага, значение которого выходило за рамки нашей страны.

В непростых геополитических условиях 90-х годов прошлого века проходило становление суверенного Казахстана. Понимая свою глобальную ответственность перед мировым сообществом в обеспечении ядерной безопасности, Казахстан принял, как в дальнейшем показала сама жизнь, единственно правильное решение – 29 августа 1991 г глава государства Нурсултан Назарбаев издал указ о закрытии Семипалатинского ядерного полигона, то есть сделал шаг, на который ни до, ни после никто из руководителей других стран пойти не решались.

В 1992 г Казахстан, уже как независимое государство, подписал Лиссабонский протокол к Договору СНВ 1, в котором зафиксировал свои обязательства о нераспространении ядерного оружия. В 1993 г присоединился к Договору о нераспространении ядерного оружия, в 1994 г после подписания ядерными державами Меморандума о гарантиях безопасности Казахстану, с территории страны был завершён вывод всего ядерного оружия. В 1995 г был уничтожен последний ядерный заряд, а в 2000 г – последняя штольня для ядерных испытаний на, теперь уже бывшем, Семипалатинском полигоне.

В 1996 г Казахстан стал участником Договора о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний. В 1997 г Генеральная Ассамблея ООН приняла резолюцию об оказании помощи регионам Казахстана, пострадавшим от ядерных испытаний. За каждым из этих событий – сотни тысяч человеческих судеб пострадавших безъядерный выбор целой страны.

Не надо забывать и о масштабности проблемы выбора – быть или не быть ядерным государством?

А ведь Казахстан имел четвертый в мире ядерный потенциал, готовое к боевому использованию ядерное вооружение, целую индустрию его производства, испытаний, научно-исследовательскую базу для создания и модернизации ядерного оружия. Обладая таким потенциалом могущества и влияния, было невероятно трудно от него отказаться. Очень заманчивой для некоторой части нашего общества виделась перспектива стать региональной сверхдержавой, предлагалось сохранить ядерный комплекс для развития научно-технического потенциала, фундамен-

тальной и прикладной науки. Другими словами, "ядерное искушение" имело и солидное обоснование, и многочисленную группу сторонников.

Но Казахстан стал безъядерным государством по собственной воле. При этом он, делая этот исторический шаг, руководствовался рядом принципиальных моментов. Во-первых, это было решение, отвечающее интересам прежде всего самих казахстанцев. Почти пять десятилетий ядерных испытаний, проводимых в Казахстане, нанесли невосполнимый ущерб здоровью нашего народа и окружающей среде. Зона экологического бедствия вокруг территории Семипалатинского полигона превышает 300000 км², что равно примерно территории Германии. Общее число казахстанцев, подвергшихся в той или иной мере облучению, насчитывает сотни тысяч человек. Еще не одно поколение наших соотечественников будет испытывать на себе последствия ядерных взрывов. Испытания привели и к разрушению ландшафта. По оценкам специалистов, чтобы земля полностью восстановила свой продуктивный потенциал, необходимо как минимум 300 лет. Поэтому, выражая волю народа и заручившись его поддержкой, руководство Казахстана приняло решение запретить навечно испытания ядерного оружия на территории Казахстана, а затем объявило и о безъядерном статусе страны

Во-вторых, выбор безъядерного статуса - это результат осознания Казахстаном опасных последствий дисбаланса мировой системы безопасности в начале 90-х годов XX века. Сохранение Казахстаном атомного арсенала торпедировало бы складывающуюся десятилетиями систему нераспространения ядерного оружия. Появление на карте мира новых мощных ядерных государств могло стать толчком к разрушению мирового ядерного баланса.

И, наконец, отказ от ядерного оружия связан и с тем, что Казахстан с первых дней своей независимости избрал миролюбивый внешнеполитический курс. Международному сообществу были продемонстрированы открытость нашей внешней политики, приверженность миру, свободному от насилия и военной угрозы. Отказавшись от ядерного оружия, Казахстан не только приобрел международный авторитет, но получил при этом прочные гарантии территориальной целостности и уважения национального суверенитета от ведущих ядерных держав – США, России, Великобритании, Франции, Китая. Безъядерный статус – это основа мира и безопасности по всему периметру казахстанских границ, это

реальная возможность плодотворного сотрудничества с другими странами.

И это сотрудничество необходимо расширять, в том числе и в области ликвидации последствий ядерных испытаний. Пока же Казахстан в основном самостоятельно решает проблемы ликвидации последствий ядерных испытаний. Например, на работы по дезактивации и рекультивации зараженных площадей необходимо вложить свыше 1 миллиарда долларов и понятно, что такие расходы по решению воистину глобальной проблемы Казахстану в одиночку не осилить.

Казахстан, отказавшись от ядерного статуса, не стал сторонним наблюдателем процесса обеспечения международной безопасности, в том числе и ядерной. По мнению Президента Казахстана Нурсултана Назарбаева, важнейшим аспектом обеспечения международной безопасности, в том числе и в ядерной сфере должно стать расширение и укрепление доверия. Эта доктрина имеет ясные механизмы реализации: сокращение вооруженных сил в приграничных районах, создание демилитаризованных зон, взаимные консультации по вопросам обеспечения безопасности, совместные военные учения, непримиримая борьба с международным терроризмом.

Большее общение – большее доверие. Есть доверие – нет противостояния. Этот принцип прошел успешную апробацию в рамках Шанхайской организации сотрудничества и вполне может быть положен в основу строительства региональных систем безопасности не только на Азиатском континенте, но и в других регионах мира. Эти два универсальных подхода к выстраиванию системы глобальной безопасности в XXI в. – доверие и коллективные усилия всех стран, - безусловно применимы и в тех случаях, когда речь идет об устранении ядерной угрозы.

Для международного сообщества Казахстан представляет собой убедительный пример того, каким образом можно содействовать освобождению нашей планеты от средств самоуничтожения: ответственное политическое поведение, весомое слово, подкрепленное практическими делами.

Одним из главных достижений последних лет стало то, что Казахстан, уничтожив полностью инфраструктуру проведения ядерных испытаний, сумел сохранить уникальный научно-технический комплекс и высококвалифицированные кадры для мирного использования атомной энергии и создал фундаментальные основы для дальнейшего развития этой области человеческого познания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Назарбаев Н.А. На пороге XXI века. - Алматы. - 1996.
2. Назарбаев Н.А. 10 лет равные столетию. Журнал "Мысль". - 2002. - № 1. - С. 2-12.
3. Назарбаев Н.А. Критическое десятилетие. – Алматы. - 2003.
4. На пути к безъядерному миру (по материалам конференции, посвященной 10-летию закрытия Семипалатинского ядерного полигона). Журнал "Мысль". - 2001. - № 10. - С. 14-20.
5. Сергазина Г.Н., Балмуханов С.Б. Семипалатинский ядерный полигон. История строительства и функционирования. – Семипалатинск. - 1999.

**СЕМЕЙ ЯДРОЛЫҚ ПОЛИГОНЫНДАҒЫ СЫНАҚТАРДЫҢ
САЛДАРЫНЫҢ САЯСАТТЫҚ АСПЕКТІЛЕРІ**

Сыдыков Е.Б., Панин М.С.

Шәкәрім атындағы Семей мемлекеттік университеті, Семей

Семей ядролық полигоның жабылуы Қазақстан елінің кернеулі күресі баяндамада айтылған.. Әлемдік қоғамдастық үшін Қазақстан сияқты ядролық жарылыстарды қысқартудың зардаптары мен негізгі сыртқы саясаттың аспектілері ашылды.

POLITICAL ASPECTS OF NUCLEAR TEST EFFECTS AT SEMIPALATINSK NUCLEAR TEST SITE

E.B. Sydykov, M.S. Panin

Shakarim Semipalatinsk State University, Semipalatinsk

The paper describes tense struggle of Kazakhstan people for closure of the Semipalatinsk Nuclear Test Site. It reveals major foreign policy aspects and nuclear test effects for both Kazakhstan and the world community.

УКД 504.06:628.5

**СОСТОЯНИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ
ВОСТОЧНО-КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ, СВЯЗАННЫЕ С ПОСЛЕДСТВИЯМИ
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СЕМИПАЛАТИНСКОГО ЯДЕРНОГО ПОЛИГОНА**

Турлыханов К.Б.

Восточно-Казахстанское областное территориальное управление охраны окружающей среды, Усть-Каменогорск

Приведены данные современного радиологического состояния территории Восточно-Казахстанской области в пределах Семипалатинского испытательного ядерного полигона (СИЯП). Обозначены экологические проблемы Восточно-Казахстанской области, возникшие в результате деятельности СИЯП. Решение проблем позволит более быстрому и безопасному освоению земель СИЯП для сельскохозяйственного и промышленного использования, что оказало бы существенное влияние на более эффективный экономический рост региона. Представлены предложения для дальнейшего решения многолетних проблем региона, связанных с СИЯП.

XX век, вошедший в историю как "атомный", начинается отчет с 1945 г., когда над Хиросимой и Нагасаки были взорваны атомные бомбы. Ядерные аварии, прошедшие в последующие годы в США (Хэнфорд), Великобритании (Уиндскэйл), Кыштыме и Чернобыле (СССР) привели к радиоактивному загрязнению окружающей среды. Испытание ядерного и термоядерного оружия на испытательных полигонах ядерных держав обусловили глобальное радиоактивное загрязнение земной поверхности, которое естественно повысилось с проведением ядерных испытаний Индии, КНР и Пакистане. Особое место в этом ряду занимает Семипалатинский испытательный ядерный полигон (СИЯП).

Если учесть, что ядерные испытания длились в течение долгих 40 лет в условиях жесткой секретности, практически население и окружающая среда региона остались в заложниках, без элементарных мер защиты от радиационного воздействия. Не является ли это беспрецедентным поступком, которому нет аналогов в мире, не оцениваются ли такие действия режимов, как геноцид против своего народа, не является ли печальным уроком для всех государств мира о недопустимости повторения подобного, как было сказано 23 июня 1997 г. на сессии Генеральной Ассамблеи Организации Объединенных Наций Президентом Республики Казахстан Н. Назарбаевым "... мы обращаемся к ООН, с которой, по-прежнему, связываем надежды на построение нового миропорядка".

В нашем промышленном регионе, как и по всему Казахстану, проводятся реформирования во всех сферах деятельности и в силу наследия бывшего строя, по объективным и субъективным причинам в сфере экологии, Казахстан остался "один на один" с проблемами закрытого СИЯП. "Намерение Казахстана закрыть Семипалатинский полигон встретило жесточайший прессинг. Кто помнит тревожную атмосферу тех дней, тот, очевидно поймет всю цену этого беспрецедентного шага, значения которого выходят далеко за рамки нашей страны" заявил президент в докладе на конференции посвященной десятилетию закрытия СИЯП "XXI век- навстречу

миру, свободному от ядерного оружия". Из доклада президента становится ясно, что Казахстану приходится в основном самостоятельно решать проблемы ликвидации последствий ядерных испытаний. Принимаемые меры по ликвидации последствий ядерных испытаний на СИЯП, как оздоровление населения, деятельность Национального ядерного центра в плане изучения окружающей среды, проведение рекультивации земли и возвращение в сельскохозяйственный оборот не получило должного развития из-за отсутствия средств.

Непосредственно к полигону прилегают ныне существующие Абайский, Бескарагайский и бывшие Жанасемейский, Абралинский районы.

В настоящее время нет полной ясности по состоянию радиационной обстановки на территории СИЯП, при этом часть земель уже переданы на хозяйственные нужды.

В числе особо загрязненных земель продуктами ядерных взрывов относятся территории горного массива "Дегелен", озера Шаган, Телькем-1, Телькем-2, десятки боевых скважин на площадке "Балапан", атомное озеро "Шаган". Мощность дозы на указанных участках достигают от 270 до 10 тыс. микрорентген/час.

Национальным ядерным центром РК совместно с учеными и специалистами США, Франции, России и экспертами МАГАТЭ в 1994 г. проведено обобщение дополнительных материалов, полученных из России и США, что позволило сделать вывод о большой серьезной опасности радиационной обстановки на полигоне, чем предполагали ранее. У нас, да и у всего прогрессивно мыслящего человечества достаточно оснований утверждать, что ядерные испытания - это трагедия не только населения нашего региона, но и для всех народов мира. По этому, мы поддерживаем своего Президента, заявившего, что "... есть все основания говорить об ответственности ядерных держав за нанесенный урон населению и природе регионов, пострадавших от испытания ядерного оружия". Казахстан предлагает материализовать ответственность ядерных держав в форме международного фонда реабилитации здоровья населения и природы регионов, пострадавших от ис-

пытания ядерного оружия. Только с международной адресной помощью можно будет восстановить бывшую своеобразную, богатую фауной и флорой природную среду.

Радиационная обстановка на территории бывшего СИЯП на сегодня остается сложной. По данным организаций, выполнявшим взрывы, за пределы полигона вышли радиоактивные облака 55 воздушных и наземных взрывов, газовая фракция 69 подземных взрывов. Именно эти 124 взрыва обусловили радиационную нагрузку на окружающую среду и радиационное загрязнение части территории Казахстана, площадью приблизительно - 304000 км², на которой проживает 1.7 млн. человек. В 711 населенных пунктах эффективная доза облучения превысила годовую норму, равную 0.1 бэр. Максимальные значения дозы за весь период испытаний, достигающий 448 бэр, получили жители пос. Долонь.

Наиболее значимые дозообразующие локальные следы были образованы от 19 ядерных, термоядерных взрывов в т. ч. от 18 наземных, воздушных и одного взрыва в скважине 1004 на выброс 15.01.1965 г. Зона следа от первого наземного ядерного взрыва прошла через земли Семипалатинского региона в направлении Алтайского края и составляет 95675 км². След радиоактивного загрязнения образованный наземным ядерным взрывом от 24.09.51 г. вышел за пределы полигона в направлении населенных пунктов Кайнар, Карааул и охватил площадь более 43 тыс. км². Площадь радиоактивного следа первой термоядерной бомбы от 12.08.1953 г. составила 33400 км², в направлении Карааул, Аксуат, Зайсан и протянулось до 500 км. Дозообразующий радиоактивный след наземного ядерного взрыва от 24.08.56 г. проходил в направлении г. Усть-Каменогорска, площадь следа составила более 95 тыс. км². Произведенный взрыв на выброс от 15.01.65г. имеет площадь зоны следа более 80 тыс. км² в направлении Жанасемейского, Бородулинского, Бескарагайского районов и в сторону Алтайского края. Сверхнормативное загрязнение радиоактивными изотопами цезия и стронция обнаружено в р.р. Чаган, Ащису, озере Балапан и водных объектов Телькем-1, Телькем-2 на территории СИЯП.

Водоохранилище Балапан находится на территории СИЯП, образовалось 15.01.1965 г. в результате проведения экспериментального подземного термоядерного взрыва. Состоит водохранилище из двух искусственных водоемов, первое образовалось непосредственно в пойме реки после перекрытия русла грунтом выброшенным в результате взрыва, второе - на месте воронки от взрыва. Эти два искусственных водоема соединяются между собой каналом. Как показали исследования, проведенные Институтом радиационной медицины и экологии г. Семипалатинска, Институтом радиационной безопасности и экологии г. Курчатова, часть территории прилегающей к водохранилищу "Балапан" и к воронке от ядерного взрыва загрязнены продуктами

деления ядерного устройства и активации выброшенных пород.

Существующее загрязнение цезием, стронцием, плутонием и другими продуктами деления могут привести к значительному облучению населения, если сегодняшнее и будущее землепользование не будет должным образом контролироваться. Большое количество радиоактивных веществ сосредоточено в подземных полостях ядерных взрывов в непосредственной близости (около 50 км) от р. Иртыш. Существует риск миграции этих радионуклидов с подземными водами в направлении р. Иртыш.

Ядерные взрывы значительно нарушили гидрогеологический режим, что внесло вклад в наблюдаемое уменьшение числа колодцев, родников и ручьев на 30-40% в зоне влияния полигона за последние 30 лет. Это привело к ускорению процесса опустынивания, неблагоприятно сказываясь на развитии сельского хозяйства и естественных экосистем.

В плане оздоровления территории СИЯП жители региона с большой надеждой восприняли решение 52 и 53 сессии Генеральной Ассамблеи ООН "О ликвидации последствий ядерных испытаний на территории Республики Казахстан". Проекты, составленные экспертами ООН с участием экспертов РК по оздоровлению Семипалатинского региона по тематике:

1. Полная Оценка Радиологической Ситуации СИЯП, 3 500 000 долларов США / 5 лет.
2. Мониторинг Окружающей Среды, 900 000 долларов США/ 2,5 года.
3. Стратегия устойчивого землепользования для СИЯП, 600000 долларов США /1,5 года, возможен второй этап на 200 000 долларов США.
4. Оценка Динамики Биоразнообразия Ландшафта, 200 000 долларов США/ 1,5 года
5. Доступ к безопасной воде, 700 000 долларов США/2,5 года.
6. Очищение от авиационного топлива, 1 900 000 долларов США/1,5 года.

Из всего перечня указанных проектов основным и наиболее актуальным на наш взгляд в настоящее время является "Изучение радиэкологической ситуации в окрестностях населенных пунктов, оказавшихся под воздействием ядерных испытаний", раздел проекта "Полная Оценка Радиологической Ситуации СИЯП". На сегодня ни по одному из вышеуказанных экологических проектов нет работы, за исключением проекта – "Стратегия устойчивого землепользования для СИЯП".

Департаментом Международного развития Великобритании, начиная с 2002 г. ведутся подготовительные работы по реализации этого проекта. Тендер на указанные работы выиграла компания "Мушел" из Великобритании. Но на сегодня нет конкретной даты начала работ и не определен объем выделяемого финансирования на осуществление проекта. Конкретный договор с Правительством Казахстана не составлен.

Необходимость проведения этих работ вытекает хотя бы из того, что волею судьбы на территории СИЯП функционируют населенные пункты, животноводческие точки, расположены выпаса, производится сенокошение и т. д. К примеру, это территории бывшего совхоза им. С. Бегалина площадью 135 850 га и территория бывшего Жанасемейского района площадью 75 178 га. Для нужд г. Курчатова выделено 11 000 га земель, в том числе пастбищ - 7 900 га в соответствии с Постановлением Кабинета Министров РК №1202 от 30.11.93г.

Возникает вопрос, сидят ли без действия местные органы. Однозначно нет, принимаются посильные меры по изучению наследия и на этой основе принимаются соответствующие меры по безопасному развитию сельского хозяйства и промышленного освоения.

В соответствии с постановлением Правительства Республики Казахстан № 172 от 7.02.96 г. земли СИЯП отнесены к категории земель запаса. Постановлением Правительства РК №976 от 16.06.1997 г. утверждено Положение, согласно которого земли СИЯП могут быть предоставлены в землепользование только после завершения всех мероприятий по ликвидации последствий испытаний ядерного оружия и комплексного экологического обследования территории.

Начало проведения исследований СИЯП собственными средствами области было положено в 1996 г. Семипалатинским областным управлением экологии из средств фонда охраны природы были выделены 6 млн. тенге для обследования 4,5 тыс. км² территории СИЯП, земель бывшего Абралинского района. Работы выполнялись ИРБЭ г. Курчатова, было взято 539 проб, из которых создан банк данных. Главный вывод исследований по обследованной территории - выявлены отдельные участки загрязнения ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr. Присутствие в пробах радиотоксичных изотопов ²³⁹Pu не дает возможности дать заключения об использовании земель в хозяйственных целях, т.к. количественная оценка содержания указанного изотопа является одной из самых важных и сложных при изучении мест радиоактивного загрязнения. С реорганизацией области в 1997 г. данная работа не нашла соответствующее продолжение. Поэтому на основе полученных данных нельзя принимать решение о возврате земель в пользование, либо их консервации.

Проблема захоронения твердых и жидких радиоактивных отходов имеется и в нашем регионе. На территории Восточно-Казахстанской области по информации "Казатомпрома" имеются радиоактивные отходы в объеме 17 742,72 тыс. тонн активностью 12628164.40 Кюри. Наглядный пример тому. В рамках программы "Радиационная экология городов Казахской ССР", в 1990 г. на территории г. Семипалатинска на площади 250 км² проводились поиски участков радиоактивного загрязнения. С этой целью применялись воздушные, автомобильные и пешеходные виды радиационного обследования. На территории Арматурного завода и прилегающей тер-

ритории г. Семипалатинска по ул. Краснофлотская в трех местах были обнаружены участки радиоактивного загрязнения. При строительстве дорог использовались промышленные отходы (шлак металлургического производства) загрязненный изотопом ¹³⁷Cs. Вынесено Решение исполкома городского совета народных депутатов №8-431 от 30.04.1990 г. о том, что в местах загрязненных радиоактивными материалами провести работы по дезактивации, а радиоактивный грунт вывезти на временное захоронение. Мощность экспозиционной дозы (МЭД) указанных радиоактивных отходов составляла до 10 Мр/час, объем около 1000 тонн.

Временное захоронение радиоактивных отходов (РАО) произведено в июне 1990 г согласно выданных рекомендаций ОблСЭС в траншее с глинистым основанием, откосами глубиной 3 метра, шириной 4 м. Траншея оборудована сверху глиняным замком и засыпана чистым грунтом и щебнем. На указанные меры были вынуждены пойти в связи с отсутствием на территории РК могильников по захоронению твердых радиоактивных отходов. На процесс захоронения были привлечены областные службы ГО и СЭС, в дальнейшем конкретного хозяина пункта захоронения определено не было. Со времени захоронения прошло почти 12 лет. На время проверки на месте захоронения знаки радиационной опасности отсутствуют, ограждения нет, водоотводная канава по периметру участка временного захоронения частично разрушена. Угрозы окружающей среде в настоящее время пункт захоронения не представляет, но вместе с тем пункт захоронения является временным, в состав РАО входит изотоп ¹³⁷Cs с периодом полураспада 30 лет. Принимаемые меры органами охраны окружающей среды, горСЭС заключаются в периодическом проведении обследования площадки объекта на радиоактивность.

Отдельные проблемы по захоронению радиоактивных отходов решаются на месте при выделении средств из областного бюджета. По выполнению решения Акима города №288 от 18.05.1998 г "О стратегическом плане социально - экономического развития г. Семипалатинска на 1998-2000 гг." Семипалатинским региональным управлением охраны окружающей среды (СРУООС) был составлен план природоохранных мероприятий, одним из пунктов которого являлось захоронение сыпучих радиоактивных отходов с территории Арматурного завода. В период с 26 октября по 3 ноября 2000 г проведены работы по вывозу радиоактивных отходов с территории Арматурного завода на хвостохранилище ОАО "УМЗ" автомобильным транспортом. Общий объем вывезенных радиоактивных отходов с учетом загрязненного грунта составил 100 тонн. Работы по перевозке РАО проводились в соответствии с требованиями норм радиационной безопасности и правилами перевозки радиоактивных материалов автомобильным транспортом.

Не отработан вопрос захоронения радиоактивных отходов выявленных на территории РК. Пример тому случай с радиоактивными отходами, обнаруженными в вагоне с металлоломом в г. Аркалыке. Потребовалось вмешательство на уровне правительства, министерств, ведомств, чтобы решить вопрос захоронения радиоактивных отходов на комплексе "Байкал-1".

Не в полном объеме решаются социальные вопросы населения региона. В 1992 г Верховный Совет РК разработал и принял Закон "О социальной защите граждан, пострадавших вследствие ядерных испытаний на Семипалатинском полигоне". Главными направлениями Закона являются статьи по определению радиологического статуса территорий и населения, подвергшегося воздействию определенных доз радиации. Разработка этих статей проведена по материалам ретроспективных оценок радиационных ситуаций прошлых лет, расчетам эффективных доз облучения части населения, данным, характеризующим ближайшие и отдаленные эффекты облучения населения прилегающих к Семипалатинскому полигону. Практическое применение Закона обнаружило значительные трудности, особенно по части несоответствия выявляемых медицинских последствий и величин эффективных доз облучения, официально утвержденных в соответствующих зонах радиационного риска. На территориях зон повышенного и минимального радиационного риска имеются населенные пункты, где фиксированные дозы облучения выше официальных. Для некоторых населенных пунктов, зон чрезвычайного и максимального радиационного риска, а также для большинства территорий Павлодарской, Восточно - Казахстанской и Карагандинской областей эффективные дозы не установлены вообще. Отсюда возникает необходимость изучения последствий для здоровья людей, подвергшихся воздействию ядерных испытаний, которое должно рассматриваться как часть всей стратегии здравоохранения и реформ в Казахстане и находиться в равновесии с другими проблемами здравоохранения, включая здоровье матери и ребенка, здоровье окружающей среды, умственное здоровье, воспроизводительное здоровье и профилактику.

Осуществляется контроль за работой природопользователей, связанной с деятельностью на территории СИЯП. На учете СРУООС состоят два предприятия, осуществляющие разработку полезных ископаемых угля и марганца на территории полигона, такие как ОАО "Семей-Комир", ТОО "Абайкен". В соответствии с Законом РК "О радиационной безопасности населения" и Нормами радиационной безопасности (НРБ-99) на угольном разрезе месторождения "Каражыра" осуществляется радиационный контроль за добываемым углем, обрабатываемыми вскрышными породами. По отдельной программе ведется контроль за подземными водами. В соответствии с НРБ-99 и КТР-96 и в целях недопущения превышения установленных нормативных

величин радиационной безопасности в углях, поставляемых потребителю из месторождения "Каражыра", проводился плановый контроль представительного количества проб углей из добычных блоков. По имеющимся заключениям угли месторождения оцениваются по первому классу радиационной опасности и могут использоваться без ограничений. Удельная эффективная активность от коэффициента концентрации радионуклидов при сжигании угля, в нашем случае не превышает 150 Бк/кг, нормируемые значения для первого класса углей до 370 Бк/кг.

В целях изучения возможной миграции техногенных радионуклидов с подземными водами от мест подрыва ядерных устройств к угольному разрезу, осуществляется гидрогеологический мониторинг. В ходе которого отработано и исследовано в лаборатории Института ядерной физики НЯЦ РК 12 проб подземных и дренажных вод в 2001г. и 19 проб подземных и дренажных вод в 2002 г. Результаты исследований показывают, что радионуклидного загрязнения подземных вод продуктами ядерных взрывов в границах угленосной структуры в местах добычи не отмечено. Содержание трития в подземных водах составляет от 31 до 136 Бк/л. (уровень вмешательства согласно НРБ-99 7700 Бк/л. для питьевой воды). Тритий практически не сорбируется вмещающими горными породами и является основным индикатором при изучении перемещения подземных вод и миграции техногенных радионуклидов с подземными водами. Из практических радиологических наблюдений на территории СИЯП, проведенных в гидрологических скважинах и ручьях, вытекающих из порталов штолен отмечено, что первым из радионуклидов в воде появляется тритий (концентрация его постепенно возрастает) и затем ^{90}Sr и ^{137}Cs . В дальнейшем необходимо проводить:

- отбор проб подземных вод за пределами границ СИЯП для изучения фоновых концентраций трития в подземных водах;
- отбор проб воды из наблюдательных гидрогеологических скважин, включая откачиваемую воду из карьера для определения концентрации радионуклидов (^{90}Sr , ^{137}Cs и ^3H) не реже 1 раза в квартал;
- отбор проб воды с целью определения концентрации радионуклидов (^{90}Sr , ^{137}Cs и ^3H) из имеющихся гидрогеологических скважин за границами земельного отвода угольного месторождения для дополнительной прогнозной оценки развития радиологической обстановки.

По результатам проведенных исследований будут получены данные о масштабах современного загрязнения подземных вод продуктами ядерных взрывов.

С целью получения более полной информации по состоянию радиационной обстановки на территории земельного отвода угольного месторождения "Каражыра" СРУООС предложено предприятию ОАО "Семей-Комир" провести независимый экологический аудит материалов комплексного экологи-

ческого и радиологического обследования. Экологический аудит проведен предприятием ТОО "Талдама", проведен анализ материалов, даны рекомендации по дальнейшему радиологическому контролю при разработке угольного месторождения. Получено согласование государственной экологической экспертизы Министерства охраны окружающей среды от 02.06.2003г. за №03-05—09/346.

На территории СИЯП проводится разработка месторождения марганца предприятием ТОО "Абайкен". Требования по радиационной безопасности при разработке месторождения марганца "Есимжал" выполняются. Имеется лицензия ГЛА №0000152 от 16.11.2001 г., выданная Комитетом по атомной энергетике на "осуществление работ в местах проведения ядерных взрывов". В 2000 г. Институтом радиационной безопасности и экологии НЯЦ РК проведено площадное радиационное обследование марганцевого месторождения "Есимжал", составлен план мероприятий по радиационной безопасности при проведении работ на месторождении.

Много вопросов, домыслов возникают у населения региона в связи с рассмотрением вопроса строительства АЭС на Балхаше. Отсутствие информации по указанному вопросу и порождают различные слухи в пограничных с о. Балхаш регионах ВКО.

В результате работ, проведенных НЯЦ РК с 1996 - 2001 гг. по уничтожению инфраструктуры испытания ядерного оружия на СИП, была осуществлена ликвидация 181 штольни на площадке "Дегелен", 13 неиспользованных скважин и комплекса из 12 шахтно-пусковых установок (ШПУ) на испытательной площадке "Балапан", а также консервация контейнеров "Колба".

Закрытие штолен проводилось следующими методами:

- бурение – взрыв снаружи;
- бурение – взрыв изнутри;
- накладной заряд;
- бетонная пробка.

При закрытии штолен использованы один из приведенных методов либо комбинированный, проводился контроль на месте представителями команды технических менеджеров.

Считаем, что технический аспект закрытия штолен решен не в полной мере. При закрытии не учитывались такие моменты, как возможное проникновение, это доказывается исследованиями ИРБЭ НЯЦ РК осуществляющих мониторинг радиационных параметров после закрытия штолен на массиве Дегелен.

Для дальнейшего решения многолетних проблем региона связанных с СИЯП считаем необходимым провести исследования и получить следующие результаты:

- Провести определение и закрепление на местности границ СИЯП на настоящее время;
- В первую очередь провести изучение радиологической обстановки в населенных пунктах прилегающих или расположенных на территории

СИЯП и по результатам исследований определить возможность проживания населения на указанных территориях;

- Составить карты загрязнения локальных участков, пригодных и ограниченно пригодных к хозяйственному использованию земель, инструкции по их хозяйственному использованию для местных общественных групп и хозяйствующих субъектов;
- Уточнить количественный учет земель по составу угодий;
- Определить комплексную оценку правового, экономического, социального и экологического состояния земель и разработать предложения по их использованию;
- Разработать план организации землепользования на территории бывших районов Абралинского, Жанасемейского и существующих Абайского, Бескарагайского районов прилегающих к территории СИЯП, с выделением пригодных, ограниченно-пригодных и не пригодных для хозяйственного использования земель;
- Разработать проекты нормативов загрязнения почв техногенными радионуклидами и подзаконных актов в сфере землеустройства и земельных отношений на загрязненных техногенными радионуклидами территориях;
- Решить вопрос обеспечения населения чистой водой, для чего – в первую очередь провести исследования и установить постоянный контроль на содержание радионуклидов источников водоснабжения населенных пунктов прилегающих и расположенных на территории СИЯП.

Деятельность полигона была под большой секретностью в течение десятков лет. Производственные мощности региона были направлены в основном на успешную деятельность СИЯП. Секретность, односторонность производственного развития сказалась на экономическом развитии. В годы экономического спада особенно обострились и не получили должного роста вопросы развития сельского хозяйства, развития природно-промышленного потенциала ВКО. Самая могучая река РК - Иртыш загрязнена промышленными сбросами. На территории г. Семипалатинска имеется крупное пятно подземного керосинового загрязнения и является результатом действия военного аэропорта, который служил полигону. Указанная проблема отражена в экологическом проекте ООН. Обострилось положение с сохранностью уникального реликтового бора, находящегося в Семипалатинском регионе, ухудшилось положение по развитию лесного богатства ВК, где расположены основные ресурсы этой отрасли нашего государства. Решение вышеуказанных проблем позволит более быстрому и безопасному освоению земель СИЯП для сельскохозяйственного и промышленного использования, что оказало бы существенное влияние на более эффективный экономический рост региона.

**СЕМЕЙ ЯДРОЛЫҚ ПОЛИГОННЫҢ ҚЫЗМЕТІНІҢ ЗАРДАПТАРЫНА БАЙЛАНЫСТЫ ШЫҒЫС
ҚАЗАҚСТАН ОБЛЫСЫНЫҢ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ МӘСЕЛЕЛЕРІ МЕН ЖАҒДАЙЛАРЫ**

Тұрлыханов К.Б.

Қоршаған ортаны қорғау Шығыс - Қазақстан облысының аумақтық басқармасы, Өскемен

Семей сынақ ядролық полигонның (ССЯП) шегіндегі Шығыс Қазақстан облысының аумақтарындағы қазіргі радиологиялық жағдайдың мәліметтері келтірілген. ССЯП қызметінің нәтижесінде пайда болған Шығыс Қазақстан облысының экологиялық мәселелері белгіленген. Ауыл – шаруашылық және өнеркәсіпті пайдалану үшін ССЯП жерлерін қауіпсіз игеру және тезірек жағдайдың мәселелесін шешіп, аймақтың экономикалық өсуіне тиімді әсерін тигізуші еді. ССЯП-мен байланысты аймақтардың көпжылдық мәселелерін ары - қарай шешуге ұсыныстар ұсынылды.

**EAST KAZAKHSTAN OBLAST CONDITION AND ECOLOGICAL ISSUES ASSOCIATED
WITH EFFECTS OF SEMIPALATINSK NUCLEAR TEST SITE OPERATION**

K.B. Turlykhanov

East Kazakhstan Oblast Administration for Environment Protection, Ust-Kamenogorsk

The paper presents data on the present radiological situation in East Kazakhstan Oblast within the former Semipalatinsk Nuclear Test Site (STS). It highlights ecological problems of the region resulted from the STS operation. Solving these problems will allow faster and safer STS land transfer for agricultural and industrial exploitation. The land use would greatly contribute to effective economic growth of the region. The paper proposes ways to further solve the many-year STS-associated problems of the region.

УДК 504.064.36:623.58

**RADIATION PROTECTION AS PART OF AN OSI HEALTH AND SAFETY PROGRAMME
– EXPERIENCE GAINED FROM A SIMULATED CTBT INSPECTION AT THE SEMIPALATINSK TEST SITE****Dr Gregor Malich***CTBTO Preparatory Commission, Vienna, Austria***INTRODUCTION****Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty**

The Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty (CTBT) bans nuclear weapon test explosions in any environment in order to constrain the development and qualitative improvement of nuclear weapons and the development of advanced new types of these weapons. Preparations for the effective implementation of the Treaty are carried out by the Preparatory Commission for the Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty Organization in Vienna (CTBTO Preparatory Commission), which is also preparing for the first session of the Conference of the States Parties to the Treaty. After the Treaty enters into force, compliance with the CTBT will be monitored by a global verification regime.

This global verification regime is currently being established and mainly comprises an International Monitoring System (IMS), an International Data Centre (IDC) and on-site inspection (OSI) capabilities. The IMS monitors the Earth for evidence of nuclear explosions in all environments and will eventually comprise 321 seismic, hydroacoustic, and infrasound stations as well as 16 radionuclide laboratories. Data generated at these stations and laboratories are being transmitted to the IDC in Vienna, where they are processed, reviewed and transmitted to the States Signatories. In the event that a suspected nuclear explosion is detected after the Treaty enters into force either by one of the stations of the IMS or by national technical means, any State Party can request an OSI.

An OSI would be regarded as a final verification measure and would only occur once the Treaty has entered into force. It may be launched by the CTBTO upon the request of any State Party and approval by the Executive Council (EC) after detection of an ambiguous event that might or might not be a nuclear explosion. Once an OSI is approved, up to 40 inspectors and inspection assistants would utilize approved inspection equipment in an inspection area (IA) of up to 1000 km², abiding by a tight time schedule. The purpose of an OSI would be to clarify whether a nuclear explosion has been carried out in violation of the Treaty and to gather any information which might assist in identifying the potential violator.

OSI Health and Safety

An OSI poses various health and safety concerns which are not only consequences of tasks being per-

formed by the inspection team (IT) but also a function of the nature of the OSI. Most importantly, unique site conditions associated with phenomena of such an ambiguous event and its preparation are of concern for the health and safety of the IT. These conditions mainly relate to the potential for ionizing radiation, radioactive debris, explosive ordnance, tectonic activity and caving in. In addition, beyond those encountered with the use of each inspection technique, hazards must be anticipated that result from the likely conduct of OSIs at remote IAs, in foreign environments and under unidentified site conditions. All of these illustrative considerations should be addressed in a CTBTO OSI health and safety (HS) programme to be developed and implemented in order to ensure IT health and safety during an OSI.

2002 OSI Field Experiment

Currently, one of the priorities of the CTBTO Preparatory Commission is the development of an OSI Operational Manual, providing details of procedures for the implementation of OSIs. As all future inspection activities will be based on this document, the CTBTO Preparatory Commission arranged for a 2002 OSI Field Experiment (FE02) that aimed at contributing to the OSI Operational Manual by developing OSI methodology. Within its overall objective of simulating most aspects of the initial phase of a CTBT related OSI, FE02 included an examination of the HS concept which had been drawn up in view of the various concerns referred to above. FE02 was therefore designed to simulate in realistic field conditions a 50% scale of the initial phase of an OSI, including its launch, conduct and support. After the Republic of Kazakhstan had offered the use of the territory of the National Nuclear Center, the former Semipalatinsk test site (Figure 1), for the field phase of FE02, an area of approximately 550 km² was identified as the surrogate IA (Figure 2). A miner's camp about 20 km from the IA served as a Base Camp for the 27 members of the surrogate IT. The FE02 scenario saw a 12.5 ton chemical explosion in a borehole within the IA, initiated 50 s after a 4 ton industrial explosion at the Kara Zhira coal mine, as the triggering event for an inspection request. The experiment was conducted between 17 September and 13 October 2002, including a 12 day stay in the field.

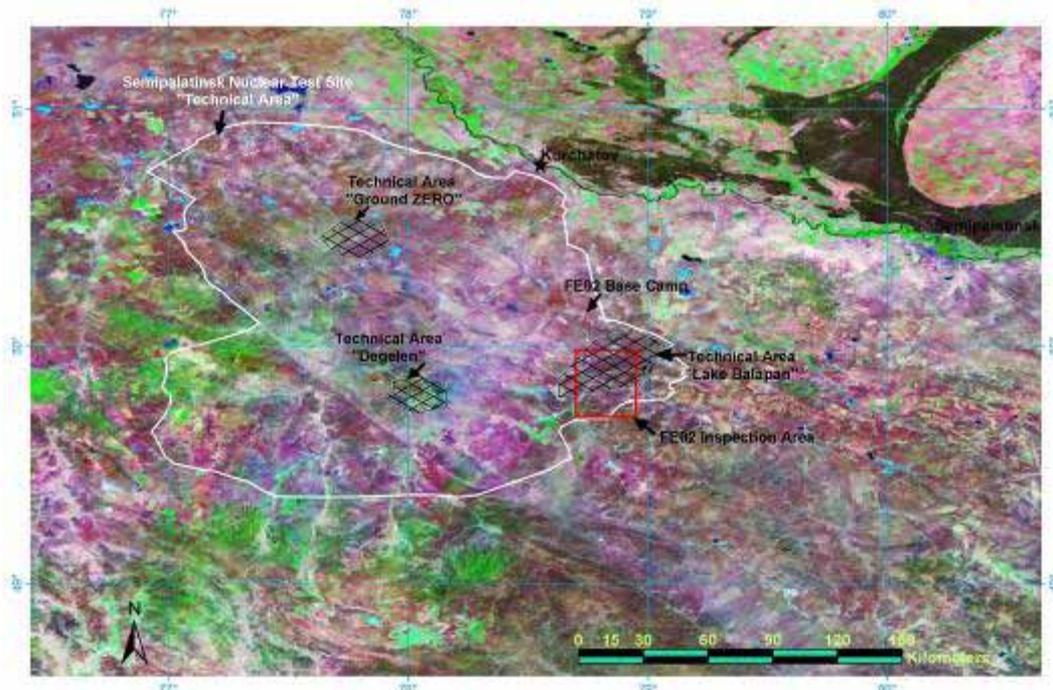


Figure 1. Semipalatinsk Test Site

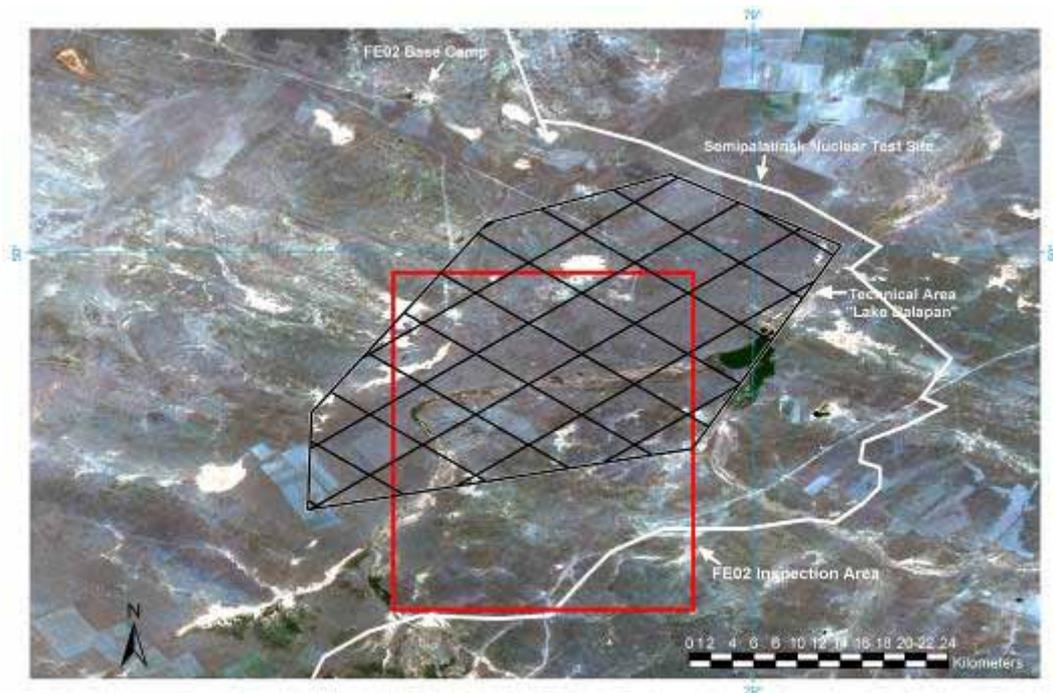


Figure 2. FE02 inspection area

OSI RADIATION PROTECTION DURING FE02 Risk Assessment

In view of the site's prior history of nuclear test explosions, particular attention had to be paid during FE02 to risks resulting from ionizing radiation. Accordingly, the radiological situation at the IA was assessed before FE02 along with other health and safety concerns associated with OSIs.

The radiological conditions at the test site have been described in detail before [1, 2]. The available information revealed that there is little or no residual radioactivity from nuclear tests in most parts of the site. The technical areas called "Ground Zero" and "Lake Balapan" within the test site are clear exceptions, but measurements made at Ground Zero had shown that contamination is relatively localized as dose rates fall rapidly from the centre of this area.

The Base Camp of FE02 was located outside "Ground Zero" and "Lake Balapan". While some portions of the IA of FE02 overlapped with "Lake Balapan", the contaminated lake itself was located to the east of the IA. It could therefore be assumed that during the field experiment doses from external radiation would be similar to what is expected from typical background levels of radiation. Similarly, over large parts of the site the rate of absorbed dose in air could be expected to be within the range normally found as a result of natural sources of radiation. However, localized exceptions to this could not be excluded during FE02. Also, as localized contamination had been found across the site and particularly around drilled holes where underground explosions had been conducted, the main exposure pathway of interest for FE02 was the ingestion of radioactive material on the ground surface and the inhalation of resuspended radionuclides resulting from activities that could disturb the soil surface.

Quantitative estimates suggested that ionizing radiation exposure during the field experiment would be well below the annual dose limit of 1 mSv, if any, if health and safety measures were implemented. This dose limit had been established in widely accepted international standards for members of the general public as an additional dose above background levels for activities which make deliberate use of radiation sources [3]. They could therefore be adopted for FE02 participants. In comparison, the worldwide individual average annual dose incurred among the global population owing to radiation from natural sources is estimated to be 2.4 mSv.

Given the above and considering the activities during FE02, there was a potential for "occasional" radiation exposure at the site of FE02 and "marginal" severity of undesirable consequences in the event of exposure. Applying this to a matrix as commonly used for qualitative risk assessments (e.g. [4]) results in a "moderate" risk level for radiation exposure (Table 1).

Table 1. Risk Assessment Matrix

Severity	Probability				
	Frequent	Likely	Occasional	Seldom	Unlikely
Catastrophic	E	E	H	H	M
Critical	E	H	H	M	L
Marginal	H	M	M	L	L
Negligible	M	L	L	L	L

Risk Level: E – Extremely High, H – High, M – Moderate, L – Low

In consequence, a number of preventive and protective measures to safeguard the health and safety of FE02 participants with regard to ionizing radiation were derived:

During FE02, exposures are to be maintained as low as reasonably achievable (ALARA):

- Limiting time spent in radiation areas and maintaining distances to radiation sources.
- Avoiding direct contact with radiation sources and reducing dry or dusty operations.
- External personal dosimetry complemented by internal radiation monitoring.
- Periodic radiation surveys.
- Contamination monitoring and decontamination.
- Personal protective equipment.

Alarm level for electronic personal dosimeter (EPD):

- Site background: 0.1-0.2 $\mu\text{Sv/h}$ (to be confirmed).
- Max. time spent within the IA for site activities: 12 days at 8 h
 - Alarm level = 10 $\mu\text{Sv/h}$ (allows for 100 h to reach annual dose limit)

Action level for use of personal protective equipment (PPE):

- If there is a risk of direct contact with or incorporation of radionuclides (e.g. intrusive ground activities).
- If α and/or β radiation levels exceed twice the background level.

Action level for decontamination attempts:

- If radionuclides are identified

- β/γ , less toxic α emitters 4.0 Bq/cm²
- more toxic α emitters 0.4 Bq/cm²

FE02 Health and Safety Guidelines

In view of the complex health and safety concerns posed by an OSI, HS Guidelines were prepared explicitly for this field experiment to ensure its safe conduct. Addressing virtually all aspects of OSI health and safety, in particular precautionary and protective measures, the guidelines were used on an experimental basis. They were given to all FE02 participants in advance. However, for the IT to adopt precautionary measures realistic for an OSI regardless of the real scenario during the field experiment, details of the location and other information on the IA of FE02 were not made available to FE02 participants in advance. This restriction was an integral strategy of the experiment and also related to information compiled for the risk assessment on ionizing radiation. Hence, the FE02 HS Guidelines mainly contained generic information related to ionizing radiation, as shown in the following excerpts.

Radiation Protection

During FE02, external and internal ionizing radiation were to be regarded as possible exposure routes, the latter arising from absorption after direct contact or from ingestion (e.g., hand-mouth contacts) or inhalation of radionuclides that could be resuspended during ground disturbance. All FE02 activities therefore had to be conducted so that exposures were maintained as low as reasonably achievable (ALARA).

- Limiting the time spent in radiation areas to the minimum necessary, maintaining maximum possible distances to the radiation sources, and using proper shielding can reduce external radiation.
- Avoiding direct contact with the radiation sources, reducing dry or dusty operations, and using personal protective equipment can reduce internal radiation.
- Changes in radiological conditions may occur due to unforeseen reasons.
- Radiological surveys during the course of work help in assessing radiological site conditions.

As mentioned above, the applicable limit for ionizing radiation exposure during FE02 was an annual effective dose of 1 mSv. It was therefore important to monitor the exposure levels during the field experiment and to reduce them to acceptable levels, if needed.

Personal Dosimetry

Both the external and internal doses were to be measured to determine the total effective dose that might be accumulated by individuals during FE02. In order to monitor internal radiation exposure FE02 participants were recommended to conduct proper bioassay monitoring before departure to and upon return from the field experiment. In order to monitor external radiation exposure FE02 participants were provided with a thermoluminescent dosimeter (TLD) to be permanently worn upon arrival at the site of the field experiment. The TLDs absorb energy from β and γ radiation and were read out in Vienna after departure from the site. The results were recorded and a duplicate provided to individuals. In addition, a direct reading electronic personal dosimeter (EPD) had to be worn by each individual within the IA. The EPD measures doses and dose rates from γ radiation instantaneously and can be adjusted to alarms, visually and audibly. The Health and Safety Officer (HSO) defined the dose rate alarm level at the site of FE02 taking into account the applicable dose limit and the local radiological conditions.

- Whenever the dose rate alarm level is exceeded, activities at the scene must cease and participants must depart the area. The HSO must immediately be informed about the dose level and the location.
- Dose readings must be recorded daily before and after field activities and provided by each sub-team leader to the HSO.

Environmental Monitoring

In addition to personal dosimetry, radiation survey meters had to be utilized within the IA not only to search for radiation anomalies in line with the verification task of the IT, but also to identify site contamination and to monitor IT activities with regard to a potential for α , β and γ radiation. In particular, activities that could result in resuspended radionuclides such as taking environmental samples, emplacing seismometers or other activities disturbing the ground surface were to be monitored as this could cause internal radiation exposure. If deemed necessary, certain zones within the IA

were to be established to implement stringent health and safety measures according to the type of operations and the prevalent site-specific hazards. This should ensure that personnel were protected against present hazards, possible contamination was confined, and personnel could be located and evacuated in emergencies.

- If the dose rate alarm level is exceeded, activities at the scene must cease and participants must depart the area. The HSO must immediately be informed about the dose level and the location.
- If α - and/or β -radiation is detected beyond levels twice that of the background, the HSO must immediately be informed about the radiation anomaly and the location.

As a basic rule for FE02, coveralls had to be worn within the IA. In addition, disposable coveralls, overboots, gloves and filtering half masks were to be used when there was a risk of contact with or incorporation of contaminants (e.g. localized earthmoving activities). Before entering vehicles, the additional PPE had to be shaken out downward to remove/reduce possible contamination, as needed, taken off and placed in plastic bags. Coveralls had to be removed at the entrance to the Base Camp.

Base Camp

Upon arrival at the Base Camp, the radiation monitoring sub-team of the IT together with the HSO and experts from the surrogate inspected State Party (ISP) had to conduct a radiological survey of the site and its surroundings using radiation survey meters to determine α , β and γ radiation. The survey should ensure the radiological safety of the Base Camp and establish the baseline radiological conditions. This baseline was to be verified on a daily basis. Supplementary surveys were to be conducted, as needed, and results from these surveys recorded as they served as a reference for identifying radiation anomalies.

- The Base Camp of FE02 must be located at a site free from site-specific hazards beyond acceptable limits. The surrogate inspection Team Leader (ITL) and HSO must direct a survey to confirm this requirement before the Base Camp is set up and implement measures for monitoring the radiological conditions at the site.
- Preventive or protective measures against site-specific hazards such as the use of PPE must not be necessary at the Base Camp.

Contamination Monitoring and Decontamination Facility

Controlled access to the Base Camp should prevent detrimental interactions between the Base Camp and its surroundings, in particular, the IA. It also should delineate the area for implementing preventive and protective measures in order to reduce risks to acceptable levels that could arise from exposure to possible site-specific hazards within the IA. During FE02, the defined access point had to be equipped with a contamination monitoring and decontamination facility in order to identify and remove or reduce radioactive contaminants and prevent their spread. This facility comprised means of personal

hygiene, radiation survey meters including contamination probes, decontamination tools, and equipment for storing and changing PPE.

As a basic rule for FE02, upon leaving the Base Camp for the IA coveralls were to be put on at this facility and PPE needed within the IA was to be collected. Upon return from the IA to the Base Camp, this facility was to be used for routine monitoring of personnel and equipment for potential contamination, and coveralls (and vests, if worn within the IA) were to be taken off and shoes to be cleaned, as needed, at the designated entrance to the Base Camp.

- Verify that hands and shoes show radioactivity levels within the order of the background. Extend monitoring to the whole body in the event that contamination greater than twice the background level has been detected.
- Verify that equipment shows radioactivity levels within the order of the background.
- Eliminate detected personnel contamination by removing contaminated clothes and/or washing hands and face with water and soap. Monitor and repeat decontamination as needed.
- Eliminate detected equipment contamination by wiping with a wet cloth, soap and water. Monitor and repeat decontamination as needed.
- Dispose of any contaminated items in labeled waste bags.

Implementation of HS Provisions

Generally, all IT members must take all reasonable steps to ensure their own health and safety in the field and they must be constantly aware of their personal environment and be alert to the activities of others in the immediate area. Despite this, the ITL is responsible for OSI team health and safety in the field and it is therefore suggested that the IT comprises an HS sub-team to advise the ITL and all other IT members on all HS aspects. This approach was adopted for FE02 where the HS sub-team consisted of the HSO and a doctor.

During FE02, the HSO reviewed and monitored site conditions and recommended adjustments to requirements set out in the HS guidelines, as needed. For instance, during the initial phase of FE02, IT members were required to use filtering half masks during the emplacement of seismometers in order to prevent the inhalation of potentially contaminated dust. However, after radiation surveys during those activities indicated that risks for airborne contaminants were negligible, this requirement was trimmed down. Similarly, the HSO reviewed local HS regulations with a view to advising the IT on how best to accommodate them. The HSO also was given the authority to stop field activities if any operation was to threaten human health or safety beyond acceptable limits, and to coordinate emergency response. However, this authority did not need to be put into effect during the field experiment. The doctor supported the HSO by focusing on medical issues, hygiene, decontamination and personal protective equipment. He

confirmed the fitness of individuals for fieldwork and monitored them for signs of stress, such as cold exposure, heat stress or fatigue. Additional measures such as the provision of en route HS training as well as maintenance/ stockpiling of HS equipment for daily field missions contributed to the HS guidelines being implemented and adhered to during FE02.

HS Related Findings from FE02

FE02 presented a realistic setting for OSI HS issues so that the main findings described below are expected to help advance the development and implementation of an overall CTBT OSI HS programme.

HS Guidelines and Training

The HS guidelines for FE02, which aimed at preventing undesired consequences from hazards to which FE02 participants might be exposed, were successfully implemented by HS specialists in the IT. To better implement those guidelines, however, FE02 participants recommended that refresher briefings emphasize more heavily potential HS risks associated particularly with OSI activities, e.g. radiation hazards, radioactivity monitoring, decontamination procedures, etc. Overall, the guidelines were judged to be a very good basis for further development of an overall OSI HS programme for the PTS.

HS Sub-team

The HSO and the physician complemented each other to cover both safety and health issues. A professional medical specialist proved to be important during FE02, not only because of the confidence that his presence instilled in the team but also as a trusted counselor to IT members. In view of this and to ensure the availability of at least emergency medical treatment to IT members, it is suggested to always have at least one medical specialist in an IT.

Dosimetry

In order to monitor external radiation exposure during FE02, each participant was provided with a TLD that absorbs energy from β and γ radiation. The TLD was worn permanently upon arrival at the site of the field experiment until departure from the site. After FE02 ended, an accredited institute in Vienna read out the TLD and submitted the results. Accordingly, during the period of the field experiment, the TLD accumulated doses in the range 0.13-0.18 mSv. In comparison, TLDs that during this period were taken to the site but kept outside of potentially contaminated areas accumulated reference doses in the range 0.14-0.15 mSv. The institute points out a typical fluctuation range of 0.02-0.03 mSv. In addition, each FE02 participant leaving the Base Camp for the IA was provided with a direct reading EPD. These EPDs measure doses and dose rates from β and γ radiation instantaneously. The readout of data each day upon return to the Base Camp showed that all FE02 participants deployed to the IA accumulated doses of less than 1 μ Sv per stay and day in the field. This figure corresponds to a background dose rate of about 0.12 μ Sv/h measured in the field by radiation survey meters, which in turn compares favorably with levels normally found as a result of

natural sources of radiation. Results from anthropogammametry conducted for selected staff of the CTBTO Preparatory Commission before and after the field experiment show that no internal contamination of this staff took place during FE02.

OSI Radiation Protection Regime

Although the available analytical data suggest that FE02 participants were not exposed during FE02 to ionizing radiation beyond typical background levels of radiation, the potential for exposure to ionizing radiation during CTBT OSIs is unique compared to most inspection regimes. Accordingly, an OSI radiation protection regime is needed that allows the IT to operate within potentially contaminated areas.

Based on recommendations of the International Commission on Radiological Protection, for example, national and widely accepted international standards usually distinguish between normal practices, such as the use of radioactive substances for medical purposes, and intervention situations, such as emergencies. Also, those standards often refer to different categories of exposed individuals, namely the general public, workers and intervention personnel. Among others, general principles governing the selection of intervention levels for radiological emergencies have been recommended. In enumerating HS standards for exposure levels to ionizing radiation during an OSI, it should be taken into account that the exposure situation is not known in advance as various site contamination scenarios are conceivable. Of course, in addition to having standards for exposure levels, it is important that medical surveillance and training programmes be available, as well as defined procedures for monitoring and emergency response in a potentially radiological environment.

Local HS Regulations

OSIs that might occur where there are local hazards (such as former nuclear test sites, military ordnance ranges, chemical plants, etc.) are likely to be subject to local safety regulations or laws. Because the maximum period that an FE02 participant was allowed by the Kazakhstan's safety regulations to be in the IA was 6.5 hours/day, the IT felt that its inspection operations were hindered or delayed. On the other hand, scenarios are conceivable where local HS regulations may be perceived by the IT as being inadequate in view of the remaining levels of risk.

It should be considered that local HS regulations may be aimed at a different audience than an IT, or may even have been promulgated for local concerns about legal liability. Therefore, keeping in mind that an IT is obliged to respect the HS regulations of the ISP, the IT should be allowed to operate in the IA according to its own OSI HS standards and procedures, provided that they do not compromise the safety of locals or infringe the right of the ISP to protect national or site confidentiality. This approach would facilitate reaching an agree-

ment between the IT and ISP on how to perform inspection activities.

Self-support

Both the guidelines and ISP HS regulations required that a decontamination facility be ready for use at the Base Camp before field activities began. The IT's equipment list for FE02 did not include a decontamination facility, and a portable facility offered by the ISP was judged to be inadequate for this purpose. As a result, the IT had to devise a compromise solution to what is an important HS aspect of a real OSI. This lesson is generally applicable, of course, to essentially all logistical aspects, and therefore means that ITs should be made as self-sufficient as possible.

Equipment specifications

Useful lessons were noted regarding several items of HS equipment that had been acquired for FE02. Among them, cotton coveralls that were provided for IT members were judged to be comfortable, but it was suggested that they be designed with zippers on the legs to facilitate removal of the coveralls without having to remove the boots or safety shoes. The filtering half masks were thought by some to be burdensome in hot or dry weather conditions, and might be replaced with positive-pressure hoods instead. The water spray cans used to 'rain down' re-suspended particles to prevent inhalation could be improved by using nozzles that produced larger aerosol particles. Radionuclide sub-team members who used latex gloves tended to sweat profusely after only 2-3 minutes of wearing, suggesting that cotton or other gloves might be more suitable.

CONCLUSIONS

The conduct of FE02 at the former Semipalatinsk test site presented a realistic setting for OSI HS issues: the IA was located in a remote place, with challenging, but not extreme, environmental conditions, and with site conditions unknown to the IT. Leading to a number of findings illustrated above, this realism of FE02 confirmed that comprehensive HS provisions must be available without delay during a real OSI as time will be a critical factor for the success of an inspection. The framework for such provisions should be a set of standards and procedures specific to OSI HS, including an OSI radiation protection regime which will enable the IT to react quickly to any occurrences in the field that might resemble emergency situations. Since the FE02 HS Guidelines were judged to be a good basis for further development of an overall OSI HS programme it might also present the groundwork for a comprehensive OSI HS Handbook that addresses most or all scenarios conceivable for an OSI under the CTBT.

To end with, the FE02 experience in implementing radiation protection and contamination control procedures at this territory of the National Nuclear Center might be useful for future field activities at this site based on national or international civilian projects.

REFERENCES

1. Shkolnik VS (editor) The Semipalatinsk Test Site: Creation, Operation, and Conversion, Monograph, Minister for Energy & Material Resources, Republic of Kazakhstan, 2002.
2. International Atomic Energy Agency, Radiological Conditions at the Semipalatinsk Test Site, Kazakhstan: Preliminary assessment and recommendations for further study, Radiological Assessment Reports Series, IAEA, Vienna, 1998.
3. Food and Agriculture Organization of the United Nations, International Atomic Energy Agency, International Labour Organisation, OECD Nuclear Energy Agency, Pan American Health Organization, World Health Organization, International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources, Safety Series No. 115, IAEA, Vienna, 1996.
4. Standards Australia, 1999, AS/NZS 4360: 1999, Risk Management, Homebush New South Wales and Standards New Zealand, Wellington.

**ДЕНСАУЛЫҚ САҚТАУ БАҒДАРЛАМАСЫ МЕН ИНСПЕКЦИЯ ЖАСАУДА ҚАУІПСІЗДІКТІ
ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУДІҢ БІР БӨЛІГІ РЕТІНДЕГІ РАДИАЦИЯЛЫҚ ҚОРҒАНЫС. СЕМЕЙ СЫНАҚ
ПОЛИГОНЫНДА ЯСТТШ ИНСПЕКЦИЯСЫН МОДЕЛДЕУ КЕЗІНДЕ АЛЫНҒАН ТӘЖІРИБЕ**

Д-р Грегор Малих

ЯСТТШТ дайындық Комиссиясы (ядролық сынаққа тиым салуды тегіс қамти алатын шарт туралы), Вена, Австрия

**РАДИАЦИОННАЯ ЗАЩИТА КАК ЧАСТЬ ПРОГРАММЫ ОХРАНЫ ЗДОРОВЬЯ И ОБЕСПЕЧЕНИЯ
БЕЗОПАСНОСТИ ВО ВРЕМЯ ИНСПЕКЦИЙ НА МЕСТАХ - ОПЫТ, ПОЛУЧЕННЫЙ ПРИ
МОДЕЛИРОВАНИИ ИНСПЕКЦИИ ДВЗЯИ НА СЕМИПАЛАТИНСКОМ ИСПЫТАТЕЛЬНОМ ПОЛИГОНЕ**

Д-р Грегор Малих

Подготовительная Комиссия ОДВЗЯИ, Вена, Австрия

УДК 504.054:669.3/6:631.41

**ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ И ФОРМЫ ИХ СОЕДИНЕНИЙ В ПОЧВАХ ТЕРРИТОРИИ
БЫВШЕГО СЕМИПАЛАТИНСКОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПОЛИГОНА**

Панин М.С.

Семипалатинский государственный университет им. Шакарима, Семипалатинск

В работе представлено валовое содержание 20 химических элементов и форм их соединений в почвах территории бывшего Семипалатинского испытательного полигона. Дана их эколого-геохимическая оценка и составлены картосхемы.

Среди загрязняющих веществ по масштабам загрязнения и воздействия на биологические объекты тяжелые металлы (ТМ) занимают особое место [1-3,6,7]. Они относятся к числу наиболее распространенных и опасных для биоты загрязнителей экологической среды, т.к. характеризуются высокой токсичностью, мутагенным и канцерогенным эффектами. Максимальную опасность металлы представляют для человека, находящегося на вершине цепи питания, где он может получать продукты с концентрацией токсиантов в 100-10000 раз выше, чем в почвах. По цепям питания человеческий организм получает 40-50% токсичных веществ, с водой и воздухом – 20-40% [1,6]. Отличие ТМ от многих других загрязняющих веществ состоит в том, что к ним в принципе не применимо понятие "самоочищение". В результате всех процессов миграции и рассеяния происходит необратимое увеличение концентраций металла в воде, почве, воздухе и пище, т.е. происходит загрязнение природных сред и биоты [2,3,7].

Техногенные источники поступления ТМ в экосистемы весьма разнообразны [5,6]. К важнейшим следует отнести предприятия цветной и черной металлургии, электростанции, сжигающие уголь и нефть, автотранспорт, отходы животноводческих комплексов, осадки сточных вод, минеральные и органические удобрения, горнодобывающую, химическую промышленность и др.

Тяжелые металлы, поступающие из естественных и техногенных источников на поверхность почвы, накапливаются в почвенной толще, особенно в верхних гумусовых горизонтах, и медленно удаляются при выщелачивании, потреблении растениями, эрозии и дефляции. Первый период полуудаления (т.е. удаления половины от начальной концентрации) ТМ значительно варьирует для различных элементов и составляет весьма продолжительные периоды времени: для Zn – от 70 до 310 лет, для Cu – от 310 до 1500 лет, для Cd – от 13 до 110 лет, для Pb – от 740 до 5900 лет (А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас, 1989) [3].

Таким образом, почва – экологический узел связей в биосфере, основной, большей частью единст-

венный, источник ТМ для растений. Благодаря способности растительных организмов поглощать и усваивать из почвы ТМ, последние по существующим пищевым цепям поступают в систему "растения-животные-человек" [2-5]. Их недостаток или избыток в почвах через растения отражается на остальных звеньях системы. От степени обеспеченности почв общим количеством и особенно подвижной фракцией металлов зависят рост, развитие и продуктивность растений. Совершенно естественно, что определение количества и подвижности ТМ в почвообразующей породе и почве конкретных географических зон и регионов имеет немаловажное экологическое значение.

Сбор и обобщение данных о естественном фоне содержания ТМ в природных средах на региональном уровне крайне необходимы для оценки устойчивости и стабильности экосистем на пороге возможных климатических и геохимических изменений в результате глобального и регионального антропогенного воздействия. Знание уровня фонового содержания ТМ в почвах имеет большое практическое значение для разработки стратегии рационального природопользования, для совершенствования организации геохимического мониторинга, так как от этого зависит правильность оценки степени загрязнения почвы.

В данной работе представлены исследования по валовому содержанию ТМ и форм их соединений в 155 пробах почв, отобранных на территории бывшего Семипалатинского испытательного полигона (СИП). Почвенный покров здесь слагается в основном из светло-каштановых солонцеватых и малоразвитых почв и их комплексов в сочетании с бурями, серобурями, луговыми засоленными почвами и солончаками. Почвообразующими породами служат различные элювио-делювиальные щелнистые суглинки, элювий третичных глин, древнеаллювиальные суглинки и супеси. Определение ТМ проведено атомно-абсорбционным методом. Обобщенные результаты наших исследований представлены в таблице 1.

**ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ И ФОРМЫ ИХ СОЕДИНЕНИЙ В ПОЧВАХ
ТЕРРИТОРИИ БЫВШЕГО СЕМИПАЛАТИНСКОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПОЛИГОНА**

Таблица 1. Вариационно-статистические показатели валового содержания тяжелых металлов в почвах территории бывшего Семипалатинского испытательного полигона (n=155)

Элемент	K _v , мг/кг	M±m, мг/кг	σ	V, %
Cu	5,6-59,6	21,6±0,8	8,80	3,69
Zn	18,7-83,4	41,7±1,4	15,48	37,08
Pb	4,9-40,2	14,9±0,6	6,69	44,96
Cd	0,12-0,95	0,44±0,02	0,19	42,73
As	0,7-7,9	3,3±0,1	1,60	48,16
Cr	29,2-169,7	75,8±2,5	27,45	36,22
V	35,8-140,6	75,9±2,0	21,69	28,57
Mn	340,2-886,9	531,8±10,7	118,38	22,26
Co	4,2-15,8	8,1±0,2	2,36	29,11
Ni	15,3-67,3	33,0±1,2	12,81	38,83
Mo	0,37-1,87	0,92±0,03	0,27	29,61
Hg	0,008-0,12	0,046±0,002	0,03	54,45
Sr	138,0-838,0	446,1±13,2	146,3	32,79
Be	0,2-8,4	2,5±0,2	1,7	68,00
Se	0,01-0,36	0,082±0,005	0,06	72,52
Ti	1193,0-4252,0	2239,8±55,5	613,4	27,39
B	22,3-122,3	56,2±1,7	18,8	33,44
Li	10,3-70,8	30,7±1,1	12,0	39,10
Sn	2,8-18,9	8,7±0,3	3,1	35,81
Sb	0,16-1,9	0,72±0,04	0,38	53,07

Примечание: K_v – пределы колебаний, M±m – средняя арифметическая и ошибка средней арифметической, σ – среднее квадратическое отклонение, V – коэффициент вариации.

Таблица 2. Распространенность элементов в литосфере и почве (по А.П. Виноградову, 1962) и значения ПДК, мг/кг

Элемент	Кларк		ПДК	
	литосферы	почвы	Казахстан	Германия
Cu	47	20	23	100
Zn	85	50	110	300
Pb	16	10	32	100
Cd	0,13	0,5	-	3
As	1,7	5	2	20
Cr	83	200	-	100
V	90	100	150	100
Mn	1000	850	1500	-
Co	18	10	-	50
Ni	58	40	35	50
Mo	1,1	2	-	5
Hg	0,083	0,01	2,1	2
Sr	340	300	-	-
Be	3,8	6	-	10
Se	0,05	0,01	-	10
Ti	4500	4600	-	5000
B	12	10	-	25
Li	32	30	-	-
Sn	2,5	10	-	50
Sb	0,5	-	4,5	5

Геохимическая структура почв территории бывшего СИП, характеризующая среднее валовое содержание химических элементов, имеет следующий вид:

Ti(2239,8)>Mn(531,8)>Sr(446,1)>V(75,9)>Cr(75,8)>B(56,2)>Zn(41,7)>Ni(33,0)>Li(30,7)>Cu(21,6)>Pb(14,9)>Sn(8,7)>Co(8,1)>As(3,3)>Be(2,5)>Mo(0,92)>Sb(0,72)>Cd(0,44)>Se(0,082)>Hg(0,046).

Изученной территории присуща небольшая мозаичность содержания элементов в почвах: максимальные концентрации превышают минимальные всего в 2,6-8,2 раза. Значительно более контрастны почвы по содержанию меди (превышение в 10,6

раза), мышьяка (в 11,3 раза), сурьмы (в 11,8 раз), ртути (в 15 раз) и особенно селена и бериллия (в 36 и 42 раза соответственно).

Для эколого-геохимической оценки состояния того или иного компонента биосферы пользуются литосферными и почвенными кларками – средним содержанием химических элементов в литосфере и почве земного шара (Табл. 2).

Почвы исследованной территории имеют бор-кадмий-мышьяковую (по отношению к литосферному кларку) и селен-бор-ртутную (по отношению к почвенному кларку) геохимическую специализацию:

$B_{4,68}Cd_{3,38}As_{1,94}Se_{1,64}Sb_{1,44}Sr_{1,31}Pb_{0,93}Cr_{0,91}Mo_{0,84}V_{0,84}Be_{0,66}Ni_{0,57}Hg_{0,55}Mn_{0,53}Ti_{0,50}Zn_{0,49}Cu_{0,46}Co_{0,45}Sn_{0,29}Li_{0,27}Se_{8,20}B_{5,62}Hg_{4,60}Sr_{1,49}Cu_{1,08}Cd_{0,88}Ni_{0,83}Co_{0,81}V_{0,76}As_{0,66}Mn_{0,63}Ti_{0,49}Mo_{0,46}Be_{0,42}Cr_{0,38}Li_{0,29}Sn_{0,07}$.

Валовое содержание стронция, сурьмы, селена, мышьяка, кадмия, бора в исследуемых почвах выше их кларка в литосфере в 1,31-4,68 раза; меди, цинка, марганца, кобальта, ртути, бериллия, титана – в 1,5-2,2 раза ниже. Остальные элементы в исследованных почвах содержатся в близокларковых концентрациях.

По сравнению с кларком в почвах содержание свинца, стронция, ртути, бора, селена выше в 1,49-8,20 раза; ванадия, кобальта, никеля – в 1,2-1,3 раза, а мышьяка, хрома, марганца, молибдена, бериллия, титана – в 1,5-2,6 раза ниже.

В целом, химические элементы в почвах не образуют значительных по интенсивности и контрастности аномалий по сравнению с кларком, за исключением селена, бора, ртути и кадмия.

Среднее валовое содержание химических элементов в почвах в целом не превышает отечественные ПДК. Средняя концентрация мышьяка в почвах превышает казахстанские ПДК в 1,65 раза, бора – в 2,25 раза зарубежные ПДК. В 30% проб обнаружено незначительное превышение казахстанских ПДК меди, в 1,9% – свинца, в 59% проб – мышьяка, в 30% – никеля. В 11% проб обнаружено некоторое превышение германских ПДК хрома, в 8% – ванадия и никеля, в 99% – бора.

В таблице 3 представлено содержание форм соединений некоторых из изученных элементов.

По среднему содержанию в почвах всех изученных форм соединений элементы располагаются в следующий убывающий ряд:

Cu > Zn > Pb > Cd.

По содержанию подвижных форм химических элементов исследованные формы располагаются в следующий ряд: кислоторастворимая > обменная > водорастворимая.

Содержание водорастворимых форм химических элементов (в процентах от валового) в почвах колеблется от 1,68 (цинк) до 4,07 (медь), обменных форм – от 3,36 (цинк) до 6,48 (медь), кислоторастворимых – от 4,56 (цинк) до 12,5 (медь).

**ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ И ФОРМЫ ИХ СОЕДИНЕНИЙ В ПОЧВАХ
ТЕРРИТОРИИ БЫВШЕГО СЕМИПАЛАТИНСКОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПОЛИГОНА**

Различное содержание химических элементов и форм их соединений в почвах региона зависит от гранулометрического и минералогического состава почв, содержания в них органического вещества и др., а также от физико-химических свойств самих элементов.

Впервые для данного региона составлены карто-схемы валового содержания в почвах 20 химических элементов и форм их соединений, представляющие большой научный и практический интерес.

Таблица 3. Вариационно-статистические показатели содержания форм соединений меди, цинка, свинца, кадмия в почвах территории бывшего СИП

Металл	Водорастворимая форма (экстрагент бидистиллированная вода)	Обменная форма (экстрагент $\text{CH}_3\text{COONH}_4$, pH 4,8)	Кислоторастворимая форма (экстрагент 1 н HCl)
Cu	$0,88 \pm 0,08$ 0,38-1,51 (4,5)	$1,4 \pm 0,02$ 1,2-2,3 (14)	$2,7 \pm 0,06$ 1,96-4,5 (15)
Zn	$0,7 \pm 0,01$ 0,6-0,95 (14,2)	$1,4 \pm 0,02$ 0,95-1,7 (10,7)	$1,9 \pm 0,03$ 1,5-2,32 (9,5)
Pb	$0,3 \pm 0,01$ 0,17-0,4 (26)	$0,6 \pm 0,01$ 0,3-0,9 (23)	$0,7 \pm 0,02$ 0,4-1,08 (24)
Cd	$0,01 \pm 0,0007$ 0,005-0,021 (50)	$0,017 \pm 0,0009$ 0,009-0,029 (35)	$0,033 \pm 0,002$ 0,019-0,06 (40)

Примечание: В числителе – средняя арифметическая и ее ошибка (мг/кг); в знаменателе – пределы колебаний (мг/кг), в скобках – коэффициент вариации (%).

ЛИТЕРАТУРА

1. Давыдова С.Л., Тагасов В.И. Тяжелые металлы как супертоксиканты XXI века. – М.: Изд-во РУДН, 2002. – 140 с.
2. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почва-растения. – Новосибирск: Наука. - 1991. – 151 с.
3. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. – М.: Мир. - 1989. – 439 с.
4. Панин М.С. Формы соединений тяжелых металлов в почвах средней полосы Восточного Казахстана (фоновый уровень). – Семипалатинск. - 1999. – 329 с.
5. Панин М.С. Эколого-биогеохимическая оценка техногенных ландшафтов Восточного Казахстана. – Алматы: Эверо. - 2000. – 338 с.
6. Панин М.С. Химическая экология. – Семипалатинск. - 2002. – 852 с.
7. Пинский Д.Л. Тяжелые металлы в окружающей среде. – Пушино: Наука, 1998.

БҰРЫНҒЫ СЕМЕЙ СЫНАҚ ПОЛИГОНДАРДЫҢ АУМАҚТАРЫНДАҒЫ АУЫР МЕТАЛЛДАР ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ ТОПЫРАҚТАҒЫ ҚОСЫНДЫСЫНЫҢ ФОРМАСЫ

Панин М.С.

Шәкәрім атындағы Семей мемлекеттік университеті, Семей

Бұрынғы Семей сынақ полигонының аумақтарындағы топырақтың қосындысының формасы мен осы жұмыстағы 20 химиялық элементтердің барлық мазмұны көрсетілген. Олардың эколого-геохимиялық бағасын беріп, картосхемасы құрылды.

HEAVY METALS AND THEIR SPECIES IN SOILS OF FORMER SEMIPALATINSK TEST SITE

M.S. Panin

Shakarim Semipalatinsk State University, Semipalatinsk

The paper presents gross content of 20 chemical elements and their species in soils of the former Semipalatinsk Test Site. It includes ecological-and-geochemical assessment of elements and schematic maps.

УДК 614.7:621.039.76

ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ ДОЗИМЕТРИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ В КАЗАХСТАНЕ**Хвошнянская И.Р., Вдовиченко В.Г., Лозбин А.Ю.***ТОО "КАТЭП-АЭ", Алматы, Казахстан*

Радиационная лаборатория ТОО "КАТЭП-АЭ" является первой организацией в Казахстане, получившей государственную лицензию Комитета по атомной энергии РК на проведение индивидуальной дозиметрии. Радиационная лаборатория КАТЭП-АЭ организована по международным стандартам и в настоящее время является самой крупной компанией, оказывающей услуги индивидуального дозиметрического контроля в Республике Казахстан.

Радиационная лаборатория ТОО "КАТЭП-АЭ" является первой организацией в Казахстане, получившей государственную лицензию Комитета по атомной энергии РК на проведение индивидуальной дозиметрии 12 мая 2000г. В настоящее время КАТЭП-АЭ является самой крупной компанией, оказывающей услуги индивидуального дозиметрического контроля в РК.

Радиационная лаборатория КАТЭП-АЭ организована с учетом рекомендаций Международного агентства по атомной энергии. Индивидуальный дозиметрический контроль является одним из основных видов деятельности лаборатории. В августе 2001г. радиационная лаборатория КАТЭП-АЭ была аттестована Национальным центром экспертизы и сертификации РК на право выполнения радиационных измерений. В целях обеспечения единства средств измерений радиационная лаборатория КАТЭП-АЭ сотрудничает с чешским национальным центром дозиметрии, г. Прага.

Радиационная лаборатория оснащена современным американским оборудованием типа Harshaw 6600, которое включает в себя термолюминесцентные дозиметры (ТЛД) с 2-мя и 4-мя кристаллами $\text{LiF}_2\text{:Mg,Ti}$ и автоматическое считывающее устройство. Данное оборудование на сегодняшний день является самым чувствительным в мире. Дозиметры типа Harshaw регистрируют γ -рентгеновское и нейтронное излучение, а также β -частицы с энергией более 70 кэВ. Способ термолюминесцентной дозиметрии заключается в том, что, под воздействием теплового возбуждения, накопленная в кристалле энергия ионизирующего излучения преобразуется в энергию флюоресценции, а которая измеряется по интенсивности свечения. Отличительной особенностью термолюминесцентных дозиметров типа Harshaw является то, что они находятся в держателях, изготовленных из материала, свойства которого аналогичны свойствам живой ткани в отличие от термолюминесцентных дозиметров других типов. Это, во многих случаях с большей точностью позволяет определить полученные индивидуальные дозы. Держатели снабжены различными фильтрами, которые позволяют селективно определять *эффективную дозу* облучения всего тела с выделением вклада от *нейтронного* излу-

чения и *дозу на коже*, согласно требованиям Норм радиационной безопасности (НРБ) РК.

Считывание доз и сохранение их в базе данных на данном оборудовании производится автоматически, риск человеческой ошибки исключен полностью. Оператор загружает дозиметры в специальный картридж, который затем устанавливается в считывающее устройство. Считывающее устройство автоматически считывает все загруженные дозиметры. При расчете индивидуальных доз учитывается энергия источника ионизирующего излучения, с которым работал персонал заказчика. Считывание индивидуальных доз облучения и их архивация в числовом и графическом виде производится с помощью специализированного программного обеспечения WinREMS, имеющего высокую степень защиты от несанкционированного доступа. Эти уникальные возможности оборудования позволяют на любом этапе проводить анализ полученных персоналом индивидуальных доз в целях контроля лучевых нагрузок, научной обработки результатов, а также могут использоваться для разрешения споров или судебных разбирательств с персоналом.

Скорость работы считывателя Harshaw 6600 составляет до 200 дозиметров в час. Данное оборудование дает возможность для проведения индивидуального дозиметрического контроля 10 000 пользователей.

Протокол индивидуального дозиметрического контроля, выдаваемый лабораторией, составлен с учетом рекомендаций МАГАТЭ и согласован с Республиканской СЭС. Форма протокола отличается от формы протокола, существовавшей ранее в Казахстане. Новая форма протокола включает Ф.И.О. и номер дозиметра каждого пользователя, данные по эффективной дозе, с выделением вклада дозы от нейтронного облучения, и дозы на коже. Вся информация о считанных дозах, включая протоколы считывания, хранится в течение 50 лет в электронной базе данных (в компьютере), на электронных носителях (компакт диски), а также в твердой копии. Результаты выдаются в виде протокола в бумажной и электронной форме. По истечению года в протоколе суммируются годовые дозы.

Все оборудование сертифицировано в соответствии с требованиями международных стандартов ISO 9001. Ежегодно поверяется в ОАО "НаЦЭКС РК". Погрешность измерений на нашем оборудовании составляет $\pm 5\%$. Это существенно снижает индивидуальную дозу в случае получения персоналом индивидуальных доз близких к предельно допустимым, установленных НРБ 99.

Деятельность радиационной лаборатории КАТЭП-АЭ по контролю индивидуальных доз распространяется по всему Казахстану. С прошлого года лаборатория предоставляет услуги по индивидуальному дозиметрическому контролю в Туркмении. В настоящее время у нас обслуживается более 130 частных и государственных компаний как казахстанских, так и иностранных. Категории, обслуживаемых нами клиентов – это нефтегазовая и урановая промышленность, медицинские организации, горно-добывающая промышленность, компании, занимающиеся экологией и ядерными научными

исследованиями. Основное количество клиентов приходится на нефтегазовые, горнодобывающие, геологоразведочные и медицинские организации.

Всем предприятиям обеспечивается ежеквартальный обмен дозиметров и контроль индивидуальных доз. В случаях превышения дозовых пределов, установленных НРБ-99, принимаются безотлагательные меры. Процент превышения норм индивидуальных доз по Казахстану - небольшой и имеет тенденцию ежегодно снижаться. В 2002г. показатели превышения эффективных доз контролируемого нами персонала снизились на 12.5% по сравнению с 2001г. Этому снижению способствует регулярный дозиметрический контроль и постоянный анализ полученных данных с обеих сторон – нашей и наших клиентов. В конечном итоге это приводит к повышенному вниманию по соблюдению правил радиационной безопасности и улучшению работы служб радиационной безопасности предприятий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Dosimetry Services for Individual Monitoring of Occupational Exposure from External Radiation Sources/ International Atomic Energy Agency. Safety Report Series. - 1998.
2. Intercomparison of radiation dosimeters for individual monitoring/ International Atomic Energy Agency. TECDOC-704. - 1993.
3. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99). Агентство по делам Здравоохранения Республики Казахстан. - 1999.
4. Л.А.Ильин. Руководство по организации медицинского обслуживания лиц, подвергшихся действию ионизирующего излучения. - 1986.
5. Вдовиченко Г.Д. Источники облучения населения Казахстана и их вклад в формирование коллективных доз. / Материалы семинара по радиационной безопасности. - Алматы, 11-13 сентября 2001 г.

ҚАЗАҚСТАНДАҒЫ ДЕРБЕС ДОЗИМЕТРИЯЛЫҚ БАҚЫЛАУЫ

Хвощанская И.Р., Вдовиченко В.Г., Лозбин А.Ю.

КАТЭП-АЭ ЖШС, Қазақстан, Алматы

КАТЭП-АЭ ЖШС радиациялық зертханасы дербес дозиметрия өткізуге ҚР атомдық энергия Комитетінің мемлекеттік лицензиясын алған Қазақстанда бірінші ұйым болып табылады. КАТЭП-АЭ радиациялық зертханасы халықаралық стандарттар бойынша ұйымдастырылған, Қазақстан Республикасында дербес дозиметриялық бақылау қызметін көрсететін ең ірі компания болып табылады.

PERSONAL DOSIMETRY IN KAZAKHSTAN

I.R. Khvoshnyanskaya, V.G. Vdovichenko, A.Yu. Lozbin

KATEP-AE Ltd., Almaty, Kazakhstan

KATEP-AE Radiation Laboratory is the first organization in Kazakhstan officially licensed by the Kazakhstan Atomic Energy Committee to provide individual dosimetry services. The Laboratory was established according to the international standards. Nowadays it is the largest company providing personal dosimetry services in the Republic of Kazakhstan.

УДК 574.4; 556.114

РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СИТУАЦИЯ В БАССЕЙНЕ р. СЫРДАРЬЯ НА ТЕРРИТОРИИ КАЗАХСТАНА

¹Кадыржанов К.К., ²Барбер Д., ¹Солодухин В.П., ¹Позняк В.Л., ¹Казащевский И.В.,
¹Князев Б.Б., ¹Лукашенко С.Н., ¹Хажекбер С., ²Бэтсил Д., ²Пассел Х.

¹Институт ядерной физики ИЯЦ РК, Алматы, Казахстан

²Сандийские Национальные Лаборатории, Albuquerque, США

Представлены результаты исследования радиоэкологической ситуации в бассейне реки Сырдарья на территории Республики Казахстан. Работа выполнена по Международному Проекту Навруз. Использовались методы нейтронноактивационного анализа (НАА), рентгенфлуоресцентного анализа (РФА) и инструментальной γ -спектрометрии. Представлены обобщенные результаты исследования элементного и радионуклидного (^{137}Cs , ^{40}K , ряды ^{238}U , ^{235}U , ^{232}Th) составов образцов почвы, воды, донных отложений и растительности, отобранных на 15 контрольных пунктах в Казахстане вдоль р. Сырдарья и ее притоков в процессе четырех экспедиций (осень 2000 и 2001 гг., весна 2001 и 2002 гг.).

ВВЕДЕНИЕ

Река Сырдарья является основной жизнеобеспечивающей пресноводной артерией Южного Казахстана. Большую озабоченность вызывает тревожная эпидемиологическая ситуация в этой местности. Здесь наблюдается высокий уровень заболеваемости среди местного населения: практически все медицинские показатели состояния здоровья местных жителей, включая детей, намного ниже среднестатистических для республики. Одной из основных причин высокого уровня заболеваемости в Южном Казахстане несомненно является критическое состояние экологической и радиоэкологической обстановки в бассейне р. Сырдарья. Существует несколько механизмов, сформировавших эту ситуацию. Одним из них является интенсивная сельскохозяйственная деятельность с использованием минеральных (фосфорных, калиевых, азотных) удобрений. Следующим механизмом является загрязнение водной среды бассейна р. Сырдарья бытовыми и промышленными стоками крупных городов (Туркестан, Кентау, Кызылорда, Байконур и, особенно, Шымкент). Кроме того, на составе воды отражаются геохимические особенности этого региона. И, наконец, особо важной и наименее изученной для этого региона особенностью является наличие значительных запасов природного урана (хребет Каратау и его отроги) и интенсивная промышленная деятельность по его добыче и переработке. Многим из этих месторождений сопутствуют месторождения углеродисто-кремнистых сланцев, характеризующихся очень высокими "ураганными" содержаниями редких и рассеянных элементов. Такие опасные для человеческого организма элементы, как V, Cr, Co, As, Se, Hg, Th и U, легко выщелачиваются из этих пород пластовыми водами и осадками и в больших количествах мигрируют к основной водной артерии, загрязняя ее радионуклидами, тяжелыми металлами и токсичными элементами. Промышленная деятельность, связанная с добычей урана (особенно методом подземного выщелачивания), в значительной степени способствует этому процессу.

Следует отметить, что все изложенные обстоятельства присущи не только для Южного Казахстана, но и для других стран Центральной Азии, причастных к бассейнам основных водных артерий - рекам Сырдарья и Амударья. Это послужило основанием для постановки исследований уровня и характера загрязненности бассейнов этих рек на территориях четырех стран Центральной Азии: Казахстана, Узбекистана, Таджикистана и Кыргызстана. В связи с этим, начиная с ноября 2000 года проводятся работы по Международному Проекту "Навруз", суть которого заключается в радиоэкологическом исследовании и мониторинге этих рек и их притоков.



Рисунок 1. Схема отбора проб объектов окружающей среды

Методические разработки и предварительные результаты этих исследований, полученные в процессе выполнения этого проекта, доложены и опубликованы в материалах Международной конференции NAMLS 7 [1] и в других научных изданиях [2,3]. В настоящей статье приводятся обобщенные результаты исследования элементного и радионуклидного составов объектов окружающей среды, отобранных в Казахстане на 15 контрольных пунктах (Рис. 1) вдоль р. Сырдарья и ее притоков в процессе четырех экспедиций.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ**Полевые исследования**

В процессе экспедиционных работ проводилось определение координат контрольных пунктов (КП); описание и фотографирование местности; отбор проб воды, донных отложений, почвы и растительности; выполнялась предварительная подготовка проб и общий химический анализ воды. Кроме того, на каждом КП проводились замеры мощности эквивалентной дозы.

Образцы почвы отбирались вблизи берега реки на площадке, не подверженной паводкам и хозяйственной деятельности. Отбор производился методом конверта со стороной 50 м. В каждой точке отбирался поверхностный слой почвы с участка 10x10 см и глубиной 5 см. Объединенная из 5 точек проба, после тщательного квартования, помещалась в полиэтиленовые пакеты и маркировалась. В центральной точке пробоотбора определялись географические координаты при помощи спутникового топопривязчика GARMIN E-MAP и уровень гамма фона стандартными радиометрами.

Отбор проб воды производился либо с мостов, либо со специальных плавсредств в нескольких (не менее 5) точках по сечению реки. Для этого выбирались места с подвижным потоком, свободным от водорослей и плавающего мусора. Контейнер для отбора воды загружался на глубину 50 см от поверхности. Полный объем воды одной пробы составлял 15 л. Вода фильтровалась через бумажные фильтры, консервировалась, из расчета 3 мл концентрированной HNO_3 на 1 л. и упаковывалась в полиэтиленовые бутылки. Фильтры, после просушивания, упаковывались в полиэтиленовые пакеты.

Пробы прибрежной и водной растительности (камыш, водоросли) отбирались в количестве не менее 1 кг. Собранный растительный материал слегка высушивался, измельчался до 3-5 см и упаковывался в полиэтиленовые пакеты.

Пробы донных отложений (не менее 2 кг) отбирались с помощью специального пробоотборника на расстоянии в несколько метров от береговой линии. Отобранные пробы, после просушивания, помещались в полиэтиленовые пакеты и, в таком виде, размещались в специальных герметических контейнерах.

В каждом пункте отбора проб воды, с помощью прибора Hydrolab, определялись ее основные физико-химические параметры: температура, удельная электропроводность, суммарное количество растворенных веществ (ионы, коллоидные частицы, органические вещества) минерализация, уровень pH, окислительно-восстановительный потенциал, содержание растворенного кислорода. Перед началом и в конце процедуры измерения физико-химических параметров воды осуществлялась калибровка прибора Hydrolab с помощью стандартных образцов.

Лабораторные исследования

Для изучения состава объектов окружающей среды, в основном, были использованы инструментальный γ -спектрометрический метод (для определения радионуклидного состава), а также инструментальные методы НАА и РФА-анализов (для определения элементного и микроэлементного состава).

Радионуклидный анализ

Образцы почвы и донных отложений ($m = 1$ кг) перед измерением высушивались и гомогенизировались путем измельчения в шаровой мельнице до 150-200 мкм. Из подготовленного материала квартованием отбирались навески 200 г и помещались в специальный стакан диаметром 70 мм с дном, выполненным из полиэтиленовой пленки, толщиной 100 мкм. Образцы воды упаривались до сухого остатка и упаковывались во фторопластовые кюветы объемом ~ 25 мл с толщиной дна 100 мкм. Образцы растительности и водные фильтры озолялись при температуре $\leq 500^\circ$ (с плавным повышением температуры) и размещались, в зависимости от объема, либо в стаканы, либо в кюветы.

Измерения проводились на трех гамма-спектрометрах с различными полупроводниковыми детекторами: коаксиальный GEM-2018 "ORTEC"; широкодиапазонный GX-1520 "CANBERRA"; планарный BE-2020 "CANBERRA". Все образцы для измерения размещались непосредственно на входном окне детектора. Время измерения, в зависимости от активности образца, варьировалось в пределах 3-30 час. Полученные спектры обрабатывались с помощью пакета программ, специально разработанных в ИЯФ НЯЦ РК для гамма-спектрометрического анализа и успешно используемых в течение нескольких последних лет.

Метод позволяет определять, либо оценивать, концентрации радионуклидов из трех естественных рядов (урана, тория и актиноурана) а также природного радионуклида ^{40}K и искусственного радионуклида ^{137}Cs , обусловленного глобальными выпадениями. Перечень определяемых радионуклидов определяется теми из них, гамма-излучения которых имеют квантовый выход не менее 1-5%. По надежности определения радионуклидов естественных рядов в почве и донных отложениях, их можно расположить по группам в следующей последовательности (от большей к меньшей): ^{214}Pb , ^{214}Bi , $^{212}\text{Pb} \rightarrow ^{234}\text{Th}$, ^{228}Ac , $^{208}\text{Tl} \rightarrow ^{226}\text{Ra}$, ^{224}Ra , $^{210}\text{Pb} \rightarrow ^{235}\text{U}$, $^{227}\text{Th} \rightarrow ^{223}\text{Ra}$, ^{219}Re , ^{211}Pb .

В воде, из-за малых содержаний радионуклидов, надежно определяется только ^{234}Th . В связи с этим, в настоящее время осваивается методика радиохимического концентрирования изотопов урана и радия.

Активационный анализ (НАА)

Методом НАА проводился анализ донных отложений, почв, озоленной растительности и сухих остатков воды. Предварительная подготовка включала в себя высушивание и истирание высушенных образ-

цов в фарфоровой ступке. Из подготовленной пробы квартованием отбирались аналитические навески 0.2-0.5 г. Отобранные навески упаковывались в двойные полиэтиленовые пакеты и алюминиевый контейнер и облучались в ядерном реакторе. В этом же контейнере помещались нихромовые компараторы для определения флюенса и спектра нейтронов при облучении. Облучение образцов в течение нескольких часов проводилось на реакторе ВВР-К. Поток нейтронов в месте облучения составлял $n \cdot 10^{12}$ нейтрон·см⁻²·сек⁻¹. Облученные образцы после 4 дней "охлаждения" и переупаковки поступали на измерения.

Измерения проводились на полупроводниковых гамма-спектрометрах "ORTEC"; "CANBERRA". Во время первого сеанса измерений определялись: Na, K, Ca, As, Br, Cd, Sb, La, Sm, Au, U. Второй сеанс измерений проводился через 30 - 32 дня. В этих измерениях определялись: Sc, Cr, Co, Fe, Zn, Se, Rb, Ag, Cs, Ba, Eu, Tb, Yb, Hf, Ta, Hg, Th. Одновременно с рабочими образцами измерялись нихромовые компараторы и стандартные образцы СГД-1а, SI-1. ТМ-2а, GXR-1, GXR-5, облученные в том же контейнере. Расчет концентрации элементов выполнялся по измеренным активностям аналитических изотопов, ядерно-физическим параметрам (сечение активации, период полураспада, квантовый выход гамма-излучения) и данным о потоке и спектре нейтронов, вычисленных из результатов измерений компараторов.

Погрешность определения подавляющего большинства из перечисленных выше элементов находится на уровне 15%. Исключение составляют Ag, Cd и Hg, погрешность определения которых во многих случаях превышает 50%.

Рентгенфлуоресцентный анализ (РФА)

Предварительная подготовка образцов для РФА включает в себя стандартную процедуру высушивания и гомогенизации путем измельчения в шаровой мельнице. Затем они помещаются в кювету 10 мл с дном из полиэтилена толщиной 100 мкм.

Для возбуждения характеристического излучения используется источник ¹⁰⁹Cd активностью 3 мКи. Измерения спектров характеристического излучения проводятся на X-спектрометре с Si(Li)-детектором (активная поверхность 80 мм², разрешение 180 эВ для 5.9 кэВ). Выходное окно детектора выполнено из бериллия толщиной 25 мкм.

Кюветы с образцами размещаются на специальном холдере, содержащем источник возбуждения. Конструкция холдера обеспечивает защиту от прямого попадания излучения от источника возбуждения. Полученные спектры обрабатываются специальной программой, разработанной в ИЯФ НЯЦ РК. Для учета матричного эффекта используется обратно рассеянное излучение источника возбуждения. Для учета селективного поглощения характеристического излучения элементами со значительными концентрациями (10 мг и выше) вводятся специальные поправки.

Методика, при времени измерения 30 мин., позволяет одновременно определить 15 элементов с пределом определения $n \cdot 100$ мкг/г. Большинство элементов определяются по линиям К-серии, за исключением Pb, который определяется по L-линии. Правильность анализа многократно тестировалась на образцах сравнения МАГАТЭ в течение нескольких последних лет.

Определение катионного и анионного состава воды проводилось потенциометрическим методом (стандартные методики) [4].

Результаты и обсуждение

Результаты изучения химического и элементного составов объектов окружающей среды, отобранных в процессе последних двух экспедиций подтвердили ранее полученные данные [1,2]. В связи с этим, в настоящей статье приводятся только основные результаты и общая характеристика этого вида загрязнения.

Данные, по изучению катионного и анионного состава воды р. Сырдарья свидетельствуют о ее высокой минерализации. В частности, концентрация SO_4^{2-} , зачастую превышает предельно допустимые нормы в 2-3 раза. О высокой степени минерализации воды свидетельствуют также высокие показатели ее электропроводности (200-3000) $\mu S/cm$. Остальные показатели физико-химических свойств воды варьируют в следующих пределах: рН - (6-9), окислительно-восстановительный потенциал - (300-400) mV, содержание растворенного кислорода - (0.8-12) мг/л. Концентрация растворенного кислорода служит своеобразным индикатором уровня загрязненности воды органическим удобрением. Выявленные значения свидетельствуют о высоком уровне концентрации органических загрязнителей в изученных образцах воды. Наибольшая минерализация воды соответствует контрольным пунктам (КП) 3 и 4 (курорт Сарыагаш).

Методом РФА определен макросостав образцов донных отложений и почв, отобранных в процессе всех 4 экспедиций. Определены концентрации Ca, Ti, Mn, Fe, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Mo, Ba. В отдельных образцах определены содержания Pb. Установлено, что донные отложения и почвы по своему составу отличаются мало. Содержание большинства из перечисленных выше элементов в изученных образцах находятся в пределах значений средних мировых концентраций для осадочных пород [5]. Вместе с тем, во всех образцах установлена высокая концентрация Ca (6-11%), в 3-4 раза превышающая среднее мировое значение (2,5%). Образцы почвы мало отличаются по составу друг от друга. Можно отметить некоторые особенности, характерные для донных отложений. Максимальные концентрации Fe (3,5%), Zn (100 мкг/г), Rb (100 мкг/г), Sr (350 мкг/г) и Nb (14 мкг/г) в донных отложениях соответствуют КП 1 (восточная часть Шардарьинского водохранилища). Для донных отложений КП 3 и 4 (окрестности г. Сарыагаш) характерна повышенная концен-

трация Rb (80 мкг/г), Sr (300 мкг/г), Nb (12 мкг/г), Ba (750 мкг/г) для КП 5 и 6 (окрестности промышленного г. Шымкент) - Ca (11 мкг/г), Ti (0,5%), Fe (2,5%). Существенных сезонных изменений в средних значениях концентраций элементов донных отложений не обнаружено.

Результаты исследования методом НАА микросостава почвы и донных отложений также свидетельствуют о том, что содержания большинства элементов находятся, в основном, в пределах значений средних мировых концентраций для осадочных пород. Значительное исключение составляет селен, поскольку его концентрация стабильно превышает это значение в 3 - 5 раз.

Почвы и донные отложения близки по своему составу, при этом средние значения содержаний примесей в почве на 10-20% превышает таковые для донных отложений. Выявлены отдельные участки с явно повышенными содержаниями примесей в этих объектах. Наибольшие концентрации микроэлементов в почве причастны к крупным городам (в скобках приведены концентрации, мкг/г): Сарыагаш (КП 3 и 4) - As (9), Se (3), Th (15), U (2.5); г. Шымкент (КП 5 и 6) - Cr (120), Zn (130), As (12), Se (2.5), Sb (3); г. Шыли (КП 8,9,10) - Se (2.5), Th (14), U (3); г. Кызылорда (КП 11 и 12) - Cr (160), Zn (140), Se (2.5), Br (11), Sb (10). Для донных отложений можно отметить явно выраженную особенность: наибольшая концентрация большинства примесей соответствует КП 1: Cr (300), Co (17), Zn (160), Br (5), Rb (150), Sr (450), Cs (10), Th (16), U (3.6). Можно предположить, что Шардарьинское водохранилище является своеобразным отстойником, концентрирующим в себе значительную часть загрязнений, поступающих с водой из Узбекистана и притока Келес. Максимальные содержания As (11) и Sb (2.5) соответствуют донным отложениям на КП 5 - близь г. Шымкента.

Данные по микроэлементному составу воды, полученные методом НАА в значительной степени коррелируют с уровнем загрязненности отдельных местностей. КП 1 и 2 (Шардарьинское водохранилище) характеризуются значениями концентраций примесей, выше средних, что является дополнительным свидетельством его роли как отстойника. На КП 3 и 4 (г. Сарыагаш) выявлены максимальные концентрации (в скобках приведены концентрации, мкг/л): Cr (100), Se (4), Br (35), Rb (6), Cd (3). На КП 5 и 6 (г. Шымкент) - максимальные концентрации As (2), Sb (0.8), Re (1.4) высокие содержания Zn (20), Se (3), Br (20). Наибольшие концентрации в воде Th (0.1), U (20) и Ag (0.5) обнаружены в низовьях р. Сырдарья (КП 13 и 14), вероятнее всего, это следствие постепенного их накопления.

Таким образом, можно сделать вывод, что основными механизмами загрязнения тяжелыми металлами водной среды р. Сырдарья на территории Казахстана является их поступление из Узбекистана и по притокам Келес и Арысь. Потенциальным источником такого загрязнения является и Шардарьинское водохранилище со значительными запасами тяжелых металлов в донных отложениях.

Изучен радионуклидный состав образцов почвы, донных отложений, воды и растительности, отобранных на 15 контрольных пунктах в процессе всех 4 экспедиций. В таблицах 1 и 2 приведены усредненные по всем результатам значения концентраций радионуклидов в почве и донных отложениях на каждом КП. Из приведенных данных следует, что уровень содержания в этих объектах искусственного радионуклида ^{137}Cs не представляет значительных особенностей. Средние значения его концентраций в почве и донных отложениях соответствуют фоновым значениям, обусловленным глобальными выпадениями.

Таблица 1. Радионуклидный состав почвы на различных контрольных пунктах побережья реки Сырдарья и ее притоков на территории Казахстана, Бк/кг

Контрольный пункт	* ^{238}U	^{234}Th	^{226}Ra	^{214}Pb	^{214}Bi	^{210}Pb	* ^{232}Th	^{228}Ac
KZ-01	35 ± 4	34 ± 3	52 ± 7	33 ± 2	30 ± 3	64 ± 7	49 ± 4	43 ± 4
KZ-02	34 ± 3	27 ± 3	52 ± 7	31 ± 2	29 ± 3	56 ± 7	43 ± 5	39 ± 4
KZ-03	42 ± 5	32 ± 3	58 ± 7	37 ± 3	35 ± 3	65 ± 7	50 ± 5	53 ± 5
KZ-04	33 ± 3	29 ± 3	56 ± 6	36 ± 2	33 ± 3	82 ± 8	43 ± 4	52 ± 5
KZ-05	29 ± 3	25 ± 3	55 ± 7	33 ± 2	31 ± 3	68 ± 7	33 ± 3	43 ± 4
KZ-06	30 ± 3	24 ± 3	54 ± 7	28 ± 2	27 ± 2	50 ± 6	32 ± 3	35 ± 4
KZ-07	30 ± 3	31 ± 3	56 ± 7	32 ± 2	31 ± 3	47 ± 6	42 ± 4	44 ± 4
KZ-08	37 ± 3	38 ± 4	70 ± 8	39 ± 34	36 ± 4	42 ± 6	46 ± 5	47 ± 4
KZ-09	42 ± 4	35 ± 4	65 ± 8	40 ± 3	37 ± 4	40 ± 6	48 ± 5	47 ± 5
KZ-10	40 ± 4	32 ± 3	54 ± 7	33 ± 2	30 ± 3	44 ± 6	43 ± 4	42 ± 4
KZ-11	32 ± 3	30 ± 3	55 ± 7	29 ± 2	27 ± 3	54 ± 6	38 ± 4	37 ± 4
KZ-12	34 ± 4	30 ± 3	56 ± 7	33 ± 2	32 ± 3	49 ± 6	41 ± 4	45 ± 4
KZ-13	32 ± 3	29 ± 3	53 ± 7	35 ± 2	32 ± 3	46 ± 6	33 ± 3	42 ± 4
KZ-14	36 ± 4	28 ± 3	46 ± 6	29 ± 2	26 ± 3	37 ± 5	42 ± 4	34 ± 4
KZ-15	30 ± 3	29 ± 3	43 ± 6	28 ± 2	26 ± 3	41 ± 6	32 ± 3	37 ± 4

РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СИТУАЦИЯ В БАССЕЙНЕ р. СЫРДАРЬЯ НА ТЕРРИТОРИИ КАЗАХСТАНА

Контрольный пункт	²²⁴ Ra	²¹² Pb	²¹² Bi	²⁰⁸ Tl	²³⁵ U	⁴⁰ K	¹³⁷ Cs
KZ-01	40 ± 5	42 ± 2	43 ± 3	41 ± 4	2.7 ± 0.8	640 ± 40	5.7 ± 0.4
KZ-02	39 ± 5	38 ± 2	38 ± 3	36 ± 3	2.3 ± 0.6	580 ± 30	3.9 ± 0.7
KZ-03	50 ± 6	55 ± 3	54 ± 4	46 ± 4	2.2 ± 0.6	720 ± 50	4.5 ± 0.8
KZ-04	51 ± 6	52 ± 3	56 ± 4	45 ± 4	2.2 ± 0.6	700 ± 50	5.2 ± 0.5
KZ-05	42 ± 5	45 ± 3	50 ± 4	39 ± 4	2.3 ± 0.6	570 ± 40	5.0 ± 0.6
KZ-06	35 ± 5	30 ± 2	31 ± 3	31 ± 3	1.7 ± 0.7	490 ± 50	2.3 ± 0.7
KZ-07	43 ± 5	40 ± 2	36 ± 3	37 ± 4	2.0 ± 0.6	540 ± 30	1.7 ± 0.7
KZ-08	46 ± 5	45 ± 3	51 ± 4	41 ± 4	1.8 ± 0.6	600 ± 50	2.3 ± 0.6
KZ-09	47 ± 6	49 ± 3	51 ± 4	43 ± 4	2.0 ± 0.6	570 ± 40	3.1 ± 0.7
KZ-10	36 ± 5	43 ± 3	44 ± 3	36 ± 4	2.1 ± 0.7	620 ± 50	3.8 ± 0.5
KZ-11	33 ± 5	38 ± 2	38 ± 3	34 ± 3	2.4 ± 0.7	520 ± 40	6.3 ± 0.6
KZ-12	43 ± 5	42 ± 3	39 ± 3	39 ± 4	2.0 ± 0.7	620 ± 50	3.5 ± 0.7
KZ-13	30 ± 5	40 ± 3	47 ± 4	38 ± 4	2.1 ± 0.6	570 ± 50	2.9 ± 0.7
KZ-14	29 ± 5	33 ± 3	35 ± 3	31 ± 3	2.1 ± 0.7	570 ± 50	4.0 ± 0.6
KZ-15	31 ± 5	35 ± 2	37 ± 3	32 ± 3	1.8 ± 0.6	540 ± 40	2.3 ± 0.6

* по данным НАА

Таблица 2. Радионуклидный состав донных отложений на различных контрольных пунктах реки Сырдарья и ее притоков на территории Казахстана, Бк/кг

Контрольный пункт	* ²³⁸ U	²³⁴ Th	²²⁶ Ra	²¹⁴ Pb	²¹⁴ Bi	²¹⁰ Pb	* ²³² Th	²²⁸ Ac
KZ-01	49±5	42±4	62±7	40±3	40±4	55±7	56±5	62±6
KZ-02	37±3	27±3	44±6	31±2	29±3	32±5	36±4	35±4
KZ-03	38±3	32±3	40±5	35±2	34±3	43±6	47±4	52±5
KZ-04	43±3	35±3	50±6	37±3	37±4	43±6	47±4	50±5
KZ-05	30±3	30±3	48±6	31±2	29±3	40±6	34±3	38±4
KZ-06	33±3	30±3	34±5	31±2	28±3	43±6	35±4	41±4
KZ-07	34±3	31±3	44±5	32±2	32±3	39±6	36±4	40±4
KZ-08	33±3	28±3	42±5	33±2	32±3	34±5	33±4	40±4
KZ-09	34±3	27±3	53±6	33±2	32±3	34±5	37±4	39±4
KZ-10	39±4	29±3	47±6	35±2	34±3	36±6	40±4	38±4
KZ-11	44±4	36±4	52±6	38±3	37±4	42±6	49±5	51±5
KZ-12	31±3	27±3	44±5	30±2	38±3	30±5	34±3	36±4
KZ-13	38±4	27±3	46±6	35±2	30±3	35±6	40±4	43±4
KZ-14	33±3	32±3	54±6	37±3	36±4	43±6	43±4	44±4
KZ-15	34±3	29±3	50±6	30±2	29±3	37±6	36±4	39±4

Контрольный пункт	²²⁴ Ra	²¹² Pb	²¹² Bi	²⁰⁸ Tl	²³⁵ U	⁴⁰ K	¹³⁷ Cs
KZ-01	61±6	60±3	63±4	52±5	2.6±0.7	660±50	2.9±0.7
KZ-02	32±4	33±2	38±3	35±4	2.0±0.7	600±40	<1.0
KZ-03	47±4	47±2	50±4	45±4	2.9±0.6	770±40	1.2±0.8
KZ-04	47±5	49±2	52±4	44±4	1.8±0.8	680±50	1.2±0.8
KZ-05	33±4	35±2	40±4	32±3	2.2±0.8	500±40	1.3±1.0
KZ-06	37±4	37±2	44±4	30±3	2.3±0.7	580±40	1.4±0.9
KZ-07	38±5	38±2	40±4	36±4	2.1±0.6	580±30	<1.0
KZ-08	43±5	37±2	36±3	34±4	1.7±0.7	590±40	<1.0
KZ-09	40±4	37±2	45±4	36±4	2.1±0.6	660±40	<1.0
KZ-10	40±4	39±2	42±3	39±4	1.8±0.6	630±50	<1.0
KZ-11	52±5	52±3	51±4	52±4	2.7±0.5	580±40	<1.0
KZ-12	36±4	34±2	36±3	31±4	1.7±0.6	650±50	<1.0
KZ-13	42±4	41±2	42±3	38±4	2.0±0.8	590±40	<1.0
KZ-14	44±4	44±2	48±4	43±4	2.1±0.7	630±50	<1.0
KZ-15	43±4	37±2	42±4	36±3	2.0±0.7	620±50	<1.0

* по данным НАА

Можно отметить только, что содержания ¹³⁷Cs в почве и донных отложениях горных районов (КП 2-5) несколько превышают таковые для равнинной местности. Кроме того, концентрация ¹³⁷Cs в донных отложениях на КП 1 явно выше всех этих значений для остальных КП. Эта особенность распространяется и на большинство всех остальных радионуклидов, что дополнительно свидетельствует в пользу Шардаринского водохранилища, как от-

стойника. Уровень концентраций естественных радионуклидов на всей изученной территории в целом заметно выше, по сравнению с другими регионами Казахстана, что несомненно связано с наличием месторождений урана. Наибольшая концентрация радионуклидов рядов ²³⁸U и ²³²Th в почве бассейна р. Сырдарья соответствует КП 3 и 4 (р. Келес). Для этих КП характерен также и высокий уровень кон-

центраций указанных радионуклидов и в донных отложениях этой реки.

На рисунке 2 представлено распределение концентраций радионуклидов ^{238}U , ^{214}Pb , ^{212}Pb , ^{208}Tl в почве и донных отложениях, вдоль русла р. Сырдарья. Видно, что максимум содержания этих радионуклидов в почве соответствует КП 8, 9, 10 (урановое месторождение Шыили). Максимальные концентрации этих радионуклидов в донных отложениях, как отмечалось выше, соответствуют КП 1. Наблюдается и второй максимум на КП 11 - снос от уранового месторождения Шыили.

Изучено распределение концентраций радионуклидов по глубине почвы на отдельных КП. Результаты, усредненные по всем данным, представлены в таблице 3. Видно, что для подавляющего большинства радионуклидов это распределение до глубины 40 см имеет однородный характер. Исключение составляют ^{137}Cs и ^{210}Pb , концентрации которых в верхнем слое существенно выше, чем в остальных нижних слоях. Такое распределение вполне объяснимо. Механизм загрязнения цезием связан с его выпадением из атмосферы, что, вполне естественно, приводит к его концентрированию в верхнем слое почвы. Наличие этого радионуклида в нижних слоях почвы является следствием частичной его миграции вглубь почвы. Повышенные содержания ^{210}Pb в верхнем слое почвы связаны с механизмом его до-

полнительного привнесения из воздушной среды в результате распада ^{222}Rn .

Методами гамма-спектрометрии и НАА определены концентрации радионуклидов ^{234}Th и ^{238}U , соответственно, в образцах воды, отобранных на всех КП в процессе всех 4 экспедиций. Обобщенные результаты представлены в таблице 4. Видно, что концентрация ^{238}U в воде осенью заметно (примерно в 2.5 раза) выше, нежели весной. Для ^{234}Th это различие менее контрастное. Вероятнее всего, такая сезонная вариативность связана с геохимическими особенностями этих радионуклидов.

На рисунке 3, в виде гистограмм, представлено распределение концентраций ^{238}U и ^{234}Th в воде вдоль русла р. Сырдарья. Видно, что концентрация этих радионуклидов заметно повышается на КП 8,9,10 (урановое месторождение Шыили) и сохраняется на этом уровне вплоть до Аральского моря.

Общая радиационная ситуация в регионе может быть проанализирована на основе данных по содержанию радионуклида ^{234}Th в различных объектах окружающей среды на отдельных участках бассейна р. Сырдарья (Табл. 5). Наибольшие концентрации этого радионуклида в почве соответствует верховью р. Сырдарья (КП 1) и месторождению Шыили (КП 8-10). Повышенные концентрации ^{234}Th на КП 8,9,10 не нуждаются в комментариях.

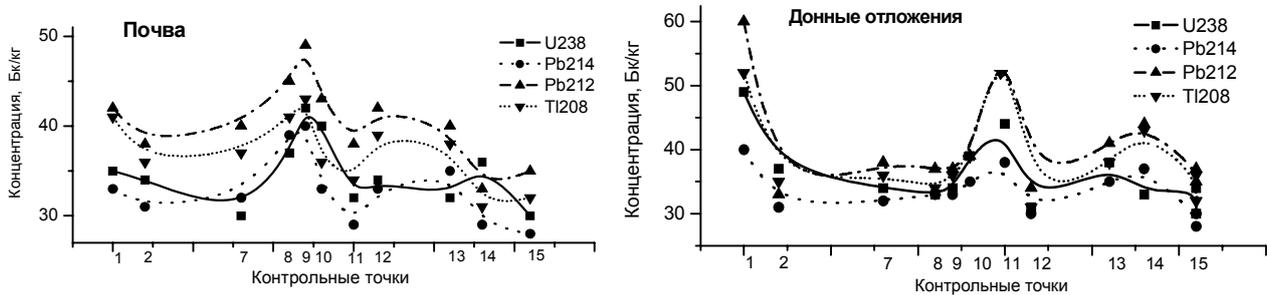


Рисунок 2. Распределение радионуклидов в почве и донных отложениях вдоль р. Сырдарья

Таблица 3. Содержание радионуклидов в различных слоях почвы бассейна р. Сырдарья, Бк/кг

Слой почвы, см	^{234}Th	^{228}Ra	^{214}Pb	^{214}Bi	^{210}Pb	^{228}Ac
0 – 5	30.7 ± 3.9	58.8 ± 7.2	29.3 ± 1.6	28.1 ± 2.1	57.6 ± 7.7	50.8 ± 3.8
5 – 10	26.9 ± 4.1	62.5 ± 7.0	30.4 ± 1.4	28.4 ± 2.4	36.8 ± 7.2	52.6 ± 4.0
10 – 15	29.1 ± 3.7	56.2 ± 6.8	31.2 ± 1.7	28.4 ± 2.3	37.6 ± 6.9	51.9 ± 4.1
15 – 20	26.6 ± 3.8	63.2 ± 7.7	31.1 ± 1.5	29.6 ± 2.4	34.9 ± 7.0	50.3 ± 3.9
20 – 30	25.4 ± 3.7	57.1 ± 7.3	30.2 ± 1.4	27.6 ± 2.5	34.0 ± 6.8	51.7 ± 4.2
30 – 40	23.7 ± 3.9	58.8 ± 7.1	30.0 ± 1.6	28.5 ± 2.2	31.0 ± 6.7	50.5 ± 4.1
Среднее	26.9 ± 3.8	59.4 ± 7.2	30.4 ± 1.5	28.4 ± 2.3	38.7 ± 7.0	51.3 ± 4.0
Слой почвы, см	^{224}Ra	^{212}Pb	^{212}Bi	^{208}Tl	^{40}K	^{137}Cs
0 – 5	40.2 ± 4.7	40.0 ± 1.8	53.7 ± 4.3	36.2 ± 3.2	620 ± 40	6.0 ± 1.0
5 – 10	44.8 ± 4.4	41.3 ± 1.6	50.2 ± 4.0	38.2 ± 3.4	620 ± 40	2.5 ± 0.8
10 – 15	48.3 ± 4.5	41.7 ± 1.9	53.5 ± 4.0	37.7 ± 3.0	640 ± 40	2.5 ± 0.8
15 – 20	49.8 ± 4.4	41.2 ± 1.9	50.5 ± 4.2	38.1 ± 3.1	615 ± 40	3.0 ± 0.8
20 – 30	48.4 ± 4.7	40.4 ± 2.0	51.3 ± 3.9	37.1 ± 2.8	620 ± 30	2.4 ± 0.6
30 – 40	45.6 ± 4.3	40.5 ± 1.7	48.8 ± 4.0	37.5 ± 3.3	615 ± 40	1.3 ± 0.4
среднее	46.2 ± 4.5	40.9 ± 1.8	51.3 ± 4.1	37.5 ± 3.1	620 ± 40	3.0 ± 0.7

Таблица 4. Содержание ^{238}U и ^{234}Th (мкБк/л) в воде реки Сырдарья и ее притоков

№ контрольного пункта	^{238}U			^{234}Th		
	Весна	Осень	Среднее	Весна	Осень	Среднее
KZ 01	200 ± 30	210 ± 30	205 ± 30	150 ± 30	100 ± 20	125 ± 30
KZ 02	170 ± 30	230 ± 30	200 ± 30	120 ± 20	150 ± 30	135 ± 30
KZ 03	150 ± 30	240 ± 30	195 ± 30	140 ± 20	120 ± 20	130 ± 20
KZ 04	90 ± 20	220 ± 30	155 ± 30	110 ± 20	160 ± 30	135 ± 30
KZ 05	90 ± 20	140 ± 20	115 ± 30	80 ± 10	110 ± 20	95 ± 20
KZ 06	100 ± 20	110 ± 20	105 ± 20	60 ± 10	80 ± 10	70 ± 10
KZ 07	130 ± 30	200 ± 30	165 ± 30	100 ± 20	110 ± 20	105 ± 20
KZ 08	160 ± 30	220 ± 30	190 ± 30	130 ± 20	160 ± 30	145 ± 30
KZ 09	190 ± 30	270 ± 30	230 ± 30	190 ± 30	200 ± 30	195 ± 30
KZ 10	170 ± 30	250 ± 30	210 ± 30	140 ± 20	190 ± 30	215 ± 30
KZ 11	150 ± 30	230 ± 30	190 ± 30	130 ± 20	170 ± 30	150 ± 30
KZ 12	170 ± 30	240 ± 30	205 ± 30	150 ± 30	190 ± 30	170 ± 30
KZ 13	180 ± 30	260 ± 30	220 ± 30	180 ± 30	190 ± 30	185 ± 30
KZ 14	160 ± 20	240 ± 30	200 ± 30	140 ± 20	180 ± 30	160 ± 30
KZ 15	150 ± 20	250 ± 30	200 ± 30	150 ± 30	190 ± 30	170 ± 30

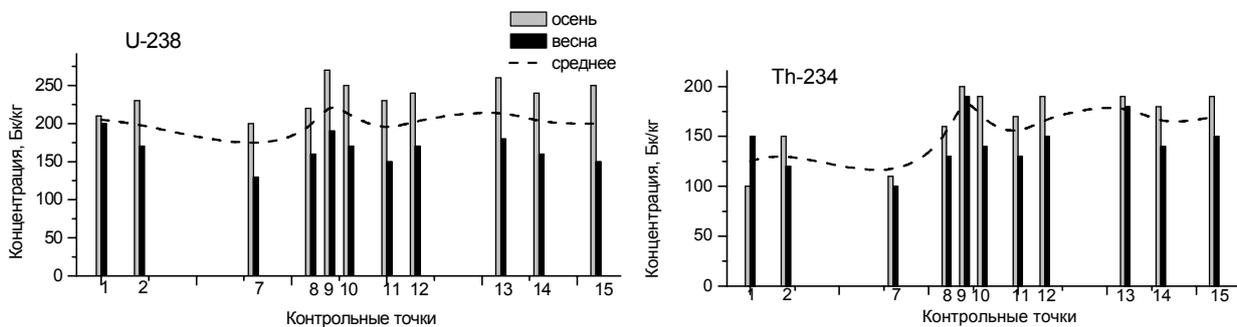


Рисунок 3. Распределение радионуклидов ^{238}U и ^{234}Th в воде р. Сырдарья

Таблица 5. Содержание Th-234 в различных объектах на отдельных участках р. Сырдарья

Участок	Почва, Бк/кг	Седимент, Бк/кг	Вода, мкБк/л	Растительность, мкБк/кг
Верхове р. Сырдарья; КП-1	34 ± 3	42 ± 4	125 ± 30	5.3 ± 2.2
р. Келес; КП 3, 4	32 ± 3	34 ± 3	135 ± 30	7.7 ± 2.0
р. Арысь; КП 5, 6	25 ± 3	30 ± 3	80 ± 20	5.1 ± 1.7
г. Шыили; КП 8, 10	35 ± 3	28 ± 3	185 ± 30	3.6 ± 1.5
г. Кызылорда; КП 11	30 ± 3	36 ± 4	150 ± 30	23 ± 2.0
Низовье р. Сырдарья; КП 11-15	29 ± 3	29 ± 3	170 ± 30	8.4 ± 1.7

Место отбора почвы на КП 1 представляет собой, по сути дела, пойму р. Сырдарья, которая в половодье заливается водой. Таким образом, повышенные концентрации ^{234}Th в этом месте можно объяснить привнесением этого радионуклида водой из Узбекистана. Такой механизм подтверждается максимальным содержанием ^{234}Th в донных отложениях на КП1 (42Бк/кг). Второй максимум для донных отложений на КП 11 дополнительно свидетельствует о влиянии уранового месторождения Шыили. Об этом же свидетельствуют максимальные концентрации этого радионуклида в воде на КП 8,9,10 и в растительности на КП 11.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По Международному Проекту Навруз выполнены широкомасштабные исследования уровня и характера загрязненности бассейна реки Сырдарья на территории Республики Казахстан. Полученные результаты позволили в целом охарактеризовать радиационную и экологическую ситуацию в этом регионе. Выявлены

отдельные наиболее загрязненные естественными радионуклидами территории: восточная часть Шардаринского водохранилища, русло реки Келес и территория уранового месторождения Шыили. Обнаружены повышенные содержания тяжелых металлов и токсичных элементов в днище Шардаринского водохранилища и в окрестностях крупных городов Шымкент и Сарыагаш. Установлено негативное влияние этих загрязнителей на радионуклидный и элементный состав воды р. Сырдарья. Установлено также, что для всей изученной территории характерно повышенное содержание селена во всех объектах окружающей среды. Уровень его содержания в воде р. Сырдарья и ее притоков превышает санитарный норматив предельно-допустимой концентрации для питьевой воды в 2-4 раза.

В процессе выполнения этих работ выявлен ряд обстоятельств, требующих дополнительных исследований. Разработана программа дальнейших работ - Международный Проект Навруз-2.

ЛИТЕРАТУРА

1. V.P. Solodukhin, V.L. Poznyak, I.V. Kazachevskiy, B.B. Knyazev, S.N. Lukashenko, S. Khazhekber. Some Peculiarities of Pollution by Radionuclides and Toxic Elements of Syrdarya River Basin (Kazakhstan). 7th International Conference on Nuclear Analytical Methods in the Life Sciences, Antalya, Turkey, 2002, p.128.
2. К.К. Кадыржанов, В.П. Солодухин, В.Л. Позняк, С.Н. Лукашенко, И.В. Казачевский, Б.Б. Князев. Международный Проект "Навруз" – первые результаты. Ядерная и радиационная физика, том III, Алматы-2001, с.164-172.
3. K.K. Kadyrzhanov., V.P. Solodukhin., I.V. Kazachevskiy, S. Khazhekber, S.N. Lukashenko, G.N. Chumikov, M.F. Verestchak, A. Eliseev, A.K. Zhetbaev, L.M. Nazarenko, S.P. Pivovarov, A. Platov., A.B. Rukhin, T.A. Seredavina, P.V. Chakrov, E.M. Yakushev, Nuclear Physical Methods in Radioecological Investigations of Nuclear Test Sites. NATO Science Series (2000) p.17-42.
4. J.S. Fritz, G.H. Schenk. Quantitative Analytical Chemistry, Moscow, 1978.
5. А.П. Виноградов. Избранные труды. Проблемы геохимии и космохимии. Москва, 1998.

**ҚАЗАҚСТАН ТЕРРИТОРИЯСЫНДАҒЫ СЫРДАРЬЯ
ӨЗЕН АЛАБЫНЫҢ РАДИОЭКОЛОГИЯЛЫҚ ЖАҒДАЙЫ**

¹Қадыржанов К.К., ²Барбер Д.С., ¹Солодухин В.П., ¹Позняк В.Л., ¹Казачевский И.В.,
¹Князев Б.Б., ¹Лукашенко С.Н., ¹Қажыәкпар С., ²Бэтсилл Ж.Д., ²Пассел К.Д.

¹ҚР Ұлттық Ядролық Орталығы, Ядролық Физика Институты, Алматы, Қазақстан
²Сандия Ұлттық Лабораторияларының Біріккен бақылау орталығы. Албукерке, Нью Мексика, 87185-1373, АҚШ

Қазақстан территориясындағы Сырдарья өзен алабаның радиоэкологиялық жағдайы зерттеліп, соның нәтижесі көрсетілді. Бұл жұмысты Халықаралық Наурыз жобасы бойынша орындаған. Нейтронмен белсендіру, ренген флуоресценциясы және гамма-спектрометриялық аспапты әдістері қолданылған. 2000 және 2001 жылдың күз, 2001 және 2002 жылдың көктем айларында жүргізген төрт экспедицияның Сырдарья өзеннің бойы және оған құятын өзендер бойындағы 15 бақылау пункттерінен алған топырақ, су, су тұнбасы және өсімдіктердің сынамаларындағы элементтермен радионуклидтердің (¹³⁷Cs, ⁴⁰K, ²³⁸U, ²³⁵U, ²³²Th үйір) жиынтық нәтижесі көрсетілген.

RADIOECOLOGICAL SITUATION IN THE SYRDARYA RIVER BASIN OF KAZAKHSTAN

¹K.K. Kadyrzhanov, ²D.S. Barber, ¹V.P. Solodukhin, ¹V.L. Poznyak, ¹I.V. Kazachevskiy,
¹B.B. Knyazev, ¹S.N. Lukashenko, ¹S. Khazhekber, ²J.D. Betsill, ²H.D. Passel

¹Institute of Nuclear Physics of National Nuclear Center RK (INP NNC RK), Almaty, Kazakhstan
²Cooperative monitoring Center, Sandia National Laboratories (SMC). Albuquerque, USA

The results of investigation of radioecological situation in the Syrdarya river basin at the territory of the Republic of Kazakhstan are presented. The work is carried out under the International project Navruz. NAA, XRF and instrumental γ -spectrometry were used. The generalized results of investigations of element and radionuclide (¹³⁷Cs, ⁴⁰K and ²³⁸U, ²³⁵U, ²³²Th families) compositions of soil, water, bottom sediments and vegetation samples selected at 15 control points in Kazakhstan along Syrdarya river and its inflows during four expeditions (autumn 2000 and 2001, spring 2001 and 2002) have been presented.

УДК 574.4; 556.114

MURMAN AND ARCTIC SETTING IN THE 21ST CENTURY

Vladimir Komlev

*Kola Science Centre, Russian Academy of Sciences***INTRODUCTION**

The work is aimed at considering the prerequisites of social-economic conditions for possible future development of mining complex (MC) in the Murmansk region. This complex is a reference point, a "mirror" used to evaluate not only the past but also future problems of joint development of various technologies in the region, as it is the basis branch of industrial sector in the region nowadays and has appeared a long time ago. Materials are classified according to the analyzed directions: MC and external factors – macro-economy as well as shelf oil and gas, transport, energy, nuclear sphere within regional context.

Not all prerequisites – fragments of the present situation have been evaluated, these are the most significant ones being potentially able to have a fundamental impact on the fate of MC.

Forecast of time frames for realization of considered prerequisites is absent as a rule. The paper does not practically contain specific recommendations on development ways of MC. These and other aspects of the problem concerning the future of the mining industry on the Kola peninsula will be studied separately in case of need. Here it is important to comprehend correctly and quite completely the fundamental principle – the basis of coming changes existing de-facto today, which has been formed for the last years of the last century and millennium being so non-simple for Russia.

ECONOMIC PRIORITY OF STATE

Export of hydrocarbon raw materials dominates in the country's economy. Budget of the Russian Federation depends on the level of prices in the foreign oil-gas market to a great extent. Guidelines providing for sustainable development of all branches in industry and agriculture, their profitability are presented rather weakly. In such situation MC is principally vulnerable as its production may be in full measure called for "in a line" only under conditions of complex economy practicing the absolute principle of self-sufficiency and independence. Unfortunately, the MC is not the "main support" for economy under conditions of market "monoculture" and production cost price exceeding the world level.

On the agenda is the entrance of Russia into the WTO and correspondingly the growth of prices for consumable resources, first of all energy ones, up to the world level in the domestic market.

MINING COMPLEX

History of MC in the Murmansk region numbers over 70 years. According to many positions, the present situation is still a long way from the start one as well as from the stage of "climb". Besides, this branch has been

created in the North by a fundamentally different society than today's one. By other priorities, organizational methods and economy.

Strategically geologists have determined the pressing necessity of great attention to the raw material being non-traditional for the Kola peninsula a long time ago. In wider interpretation this reality can be transformed as the necessity to involve into consideration the potential of underground space not only concerned with minerals. For example, with underground construction as well.

Evidently we should also take into account that the thesis on the extraordinary investment attraction of both regional and Russian MC for the West, which was widely used by the Russian side in changed social-political conditions, is not mostly confirmed by life. There are not any graphic positive examples. Among the opposite ones – unsuccessful or might-have-been projects on Rasvumchorr (apatite), Bolshaya Varaka (chromites), Pana (partly – highly-liquid platinum, nickel and gold), Severny (nickel), Lovno (nickel), Revda (rare metals). As a rule, greatly higher expenditures per production unit than abroad have played some role here.

Today we can conventionally divide enterprises of the MC in three groups according to their state, development prospects and impact on regional economy.

Relatively small enterprises working at mica and rare-metal deposits belong to the first group. These are the joint stock companies "Lovozero mining company" and "Kovdorslyuda", the first one is on the verge of bankruptcy. There are not seen any reliable prospects of sustainable functioning here.

The second group is presented by the joint stock company "Olkon" and "Kovdor GOK". The situation here has been stable as a whole. Complications are possible by jump of the rate quotation for transport of apatite and iron-ore concentrates, and in view of the forthcoming substitution of a part of open mine workings by underground ones. Hard situation in the steel industry of Russia may also have a negative impact. For example, the joint stock company "Severstal" – owner of the controlling interest of the joint stock company "Olkon" – systematically reduces production volumes at the latter enterprise. Besides, interpersonal relations among the owners of the joint stock company "Olkon" have sharply become worse in June – July 2002. There arose questions on the life-time of this enterprise. Future possible difficulties of the "Kovdor GOK" have taken shape as for the export baddeleyite part (www.murman.ru of 24.06.02).

The Kola mining and smelting company (GMK) and joint stock company "Apatit form the final group. These giants mainly determine the development level

of the MC and filling of regional budget. Let us consider them in detail.

According to the western standards, both companies are striving to expand the sphere of their activity, become multi-profile enterprises and thereby provide additional stability for themselves. These are the signs of a kind of “regional globalization”. New, non-traditional raw materials are actively developed. Under certain conditions there arises interest to the purchase or establishment of new enterprises, in production sphere and services. Representatives of these companies move strongly forward to the authorities of all levels. “Regional globalization” sometimes causes contradictions under conditions of limited area of the region.

The joint stock company “Apatit” has met the crisis and started the way of sustainable development. Its main tasks to provide the longevity and stability of the enterprise are the optimal preparation of ore basis and conservation of a balanced level on annual production of apatite concentrate. Preparation for using rather new raw materials of the deposit Gremyakha-Vyrmes is not “revolutionary” as for technologies and production volumes. The fact that apatite ores are not the world basis of phosphate industry may be strategically alarming. Abroad phosphorites are at the top side.

The Kola GMK (is a part of the “Norilsk Nickel”) has started a new century with a complex of branch problems in addition to the All-Russian ones. In 2002 the company planned to get the no-profit. Companies’ difficulties will become chronic because of the negative long-term trends in the sphere of production and sale of the main product – nickel. Among these trends are the following:

- orientation of foreign competitors toward using the large resources of silicate-copper-nickel ores being more effective by extraction and processing. A striking fact is that both Kola giants, the JSC “Kovdor GOK” and “Lovozero mining company”, the latter being absolutely noncompetitive under market conditions, develop raw materials being non-traditional and not the most manufacturable from the viewpoint of foreign practice;
- rather low level of world prices for nickel and copper now and in sight, also because of the market of silicate raw materials;
- forthcoming full substitution of open mine workings with underground ones at the JSC “Pechenganickel”;
- absence of hopes for the cardinal reproduction of own source of minerals and raw materials as well as coming difficulties by using the problematic Norilsk raw materials for MC because of the actual monopolization of the Northern Sea Way by “Lukoil”.

Constantly growing rates for electric energy and railway transportation will not also be favourable to that. Foreign investments, new technologies and organization of works are the main conditions of profitable functioning of underground mine being constructed. Now they are absent.

The Kola GMC has great expectations for alternative raw materials (chromites and titanite ores). However, Kola

deposits of these raw materials are low-grade, insufficiently explored, require new technologies and high production organization. Finally, they need large expenditures, including the risk and capital ones. Price dynamics for the main product of chromites’ processing – ferrochrome – is practically the same as for nickel, as consumers are the same here. It means that economic compensatory tools will not work. The JSC “Apatit” being more accustomed to this kind of raw materials also aspires to develop titanite ores of the Gremyakha-Vyrmes deposit. We should remember that chromites and titanite ores are the priorities of the programme on creation of a modern MC in Karelia, which has powerful sources of related raw materials, i.e. Aganozersk deposit of chromites (near the surface deposit of nickel) being the largest in Russia; it is also geographically closer to consumers, for example, to the ferrochromium plant in Tikhvin. Therefore, not everything is obvious for the projects on alternative raw materials for the Kola GMC.

Managers of the Kola GMC consider Pana’s platinum to be incapable of making the company wealthy (Murmansk press of 23 – 26.12.2002).

At the end of 2001 “Norilsk nickel” studied the possibility of temporary shutdown of enterprises within the Kola GMC (www.mineral.ru). And in November – December 2002 relations between trade unions and administration of the “Norilsk nickel” became aggravated.

Win of Alexander Khloponin at the elections of governor of the Krasnoyarsk Territory will lead to re-orientation of the main flows of “Interros” to the Krasnoyarsk Territory. In this connection, in 2003 the Murmansk region may lose financial incoming from the “Norilsk nickel” realized within the annual agreements between the company and Murmansk region. The company itself just might be completely re-oriented to the production on the Krasnoyarsk Territory. Especially as the Krasnoyarsk Research Institute of Geology and Mineral Raw Materials develops the problem of opening a new copper-nickel object, which potential might be compared to the Norilsk deposits, within the Kansk greenstone zone.

The Krasnoyarsk company “Polyus”, one of the largest gold producers in Russia, has become property of the Norilsk giant. Thus, there arises the question on future of the “Norilsk Nickel” enterprises in the Murmansk region (diviky.narod.ru).

Academician D.V. Rundkvist gives pessimistic assessment already to the near-term market perspectives of the “Norilsk Nickel”. The same refers to the JSC “Apatit” (www.scgis.ru). But if some day somebody wants and will be able to promote the deep economic and remedial problems from the history of regional MC, by analogy with V. Zubkov (www.voskres.ru), V. Kagansky (www.inme.ru) and Z. Mil’man (www.ropnet.ru/ogonyok) as applied to Norilsk, then the main mining enterprises of the region will hardly be rich all the more.

CARBOHYDRATES OF SHELF, TIMANO-PECHORA AND SIBERIA

Processes opening up new Russian deposits of hydrocarbon raw materials will determine the future of the region to a great extent. A leap forward is forthcoming. It is caused by the drastic growth of activity of oil-gas companies in the European North, in particular on the Barents Sea shelf, as well as the translocation of future priorities in the sphere of shelf hydrocarbons extraction from Norway to Russia. Leaders of these companies attach special strategic importance to Murmansk and the Northern Sea Way. And nothing should and is able to put significant obstacles in the way of radical changes in economy and financial filling of regional budget.

For example, Lukoil has become owner of the Murmansk and Northern (Arkhangelsk) Shipping Companies and co-owner of the Murmansk commercial port, administers atomic ice breakers and property of the repair-transport enterprise "Atomflot", develops the Arctic tankage to eliminate the pipeline problems, intends to construct an oil refinery plant and complex for oil transshipment into ocean oil tankers on the coast of the Kola peninsula (in the Kola Bay or Pechenga Bay) to export it to the Western Europe and the USA. Alternative versions of oil transshipment for the USA are connected with harbours of the Netherlands, Norway and Croatia. There are also other signs of large-scale "Lukoil" expansion into the region. The "Rosneft" and "Gazprom" were ready to make investments into the Shtokmanovskoye deposit already in 2002. "Gazprom" finances the reconstruction of shipbuilding facilities in Severodvinsk to solve the tasks of sea oil-gas extraction. The oil harbour Vitino in the Kandalaksha Bay is ready for the all-the-year-round transshipment of both oil products and crude oil. Several other harbours of Murmansk and Arkhangelsk regions are also ready to come forward to oil industry.

Russian oil companies "Lukoil", "YuKOS", "Sibneft" as well as multinational corporations consider Murmansk to be "a window to America" by realizing their plans on development of the transoceanic oil market using the raw materials of shelf, Timano-Pechora and Siberia. The profound feasibility study is forthcoming. The project has been presented in the USA.

"YuKOS" buys shares of the Norwegian company Kvaerner Maritime, which is not only one of the leaders in sea technologies, but also (an example of cooperation) a member of the Industrial Group (along with world nuclear corporations SKB (Sweden), BNFL (UK), SGN (France) formed on the initiative of the IAEA aimed at working in Russia on the projects dealing with management of radioactive waste and spent nuclear fuel. Shelf bestirs also Russian specialists taking part in the process of its development to integration. The journal "Energiya" (No. 1-9, 2001) shows the whole spectrum (and possibly dynamics) of Minatom's viewpoints concerning the versions of co-existence of nuclear and oil-gas branches – from the strict global con-

frontation in the struggle for energy market to cooperation by realization of joint science intensive and high-technology projects, but only in the sphere of sea production of Arctic oil and gas so far. Specialists of the Science Centre "Kurchatov Institute" and a number of defense sea development laboratories develop the projects on application of nuclear energy within the whole sea oil-gas technological cycle, also on the instructions of the "Rosshelf" ("Gazprom"). They emphasize the principle of absolute priority of Russian industry. At that the coast civil and military infrastructure supporting the sea nuclear technologies is due to be enabled. However, they will have yet to create some links of this structure, in particular, on the long-term isolation (burial) of radioactive waste. Further functioning of nuclear complex in any format as well as of the oil-gas one concerned with it is impossible without them.

We should emphasize one more aspect of possible cooperation. Having reached the highest living standard in the world, mainly due to shelf oil and gas, Norway sponsors the programmes on nuclear and radiation safety in the North-West Russia. It also motivates other countries to do that. The chances are that events related to Russian participants of oil-gas market in the region will develop in a similar way.

The forthcoming events are commensurable in scale and intensity with the transformation of West Siberia taken place in our sight. At that domestic oil-gas giants and foreign companies Total Fina Elf, Conoco, Norsk Hydro, Fortum, etc. cooperating with them will hardly need regional Russian partners. With the exception of the shipbuilding branch of Severodvinsk. Their equitable alliance with mining enterprises being analogous to the "Norilskgazprom" is hardly expected in our region.

Global consequences of developing a new powerful and independent industrial complex on shelf and coast have yet to be forecasted for the future of mining branch. But nevertheless the activity sphere of MC may gain additional development under these conditions. It concerns, for example, the extraction and supply of barites from the Sallanlatva deposit, building materials as well as provision of free mine workings for burial of oil-gas extraction waste.

NUCLEAR OBJECTS

The Kola peninsula has a variety of objects dealing with use of nuclear energy both in peaceful and military purposes. These are the Kola NPP, atomic icebreaker fleet, atomic submarines and ships of the Northern Fleet with corresponding surface and sea maintenance infrastructure, surface locations of nuclear weapon.

Civil energy in the Murmansk region will not disappear even with the advent of oil and gas. It is indicative that in the neighbouring Karelia authorities recur to the question concerning construction of the Karelia NPP again and again. Specialists forecast the rapid development of the Northern Sea Way, which cannot go without atomic icebreakers. Military nuclear objects are also a part of the foreseeable future of Russia.

MC of the region could not help being under the impact of such “neighbours”. Though, the impact was mutual. Basing on the knowledge on the Earth’s interior as well as on the mining experience, some research and project works aimed at giving grounds to the construction of underground NPPs of various capacity and purpose, regional depository for the long-term underground isolation of radioactive waste (RW) from military and civil nuclear objects have been carried out. Productive cooperation has undoubtedly good prospects.

In compliance with the Federal Programme “Remelting and utilization of radioactive metals”, the highly profitable and long-term production is to be replicated, including aimed at the processing of polluted metals from submarines and ships of the Navy and Civil Fleet. Murmansk region with its “resources” of utilized vessels, industrial experience of radioactively dangerous works and metallurgy is undoubtedly the best place in the North-West to create such kind of production. Besides, the Pechenga area having favourable social-economic conditions completely corresponds to the criteria formulated by the Norwegian organization “Bellona” (being a serious Minatom’s opponent) in the report “Atomic Arctic” (2001) concerning the sites of permanent disposal of radioactive waste exactly on the Kola peninsula.

The question (V. N. Komlev et. al., 1998 - 2002) on the availability of impact territories of the “Norilsky Nickel” (not only near Zapolyarny and Nickel, but near Norilsk as well) for underground isolation of radioactive waste and spent (irradiated) nuclear fuel (SNF), which cannot be processed by technological or political reasons, is again to the point. Scientific and technical progress as well as finance of Sweden, Norway and Finland will undoubtedly take part in it. Then it is possible to create and protect by common efforts a model object – the trump card for Minatom for many years. Russian oil-gas companies should also take part in it.

Besides, Norilsk makes possible the realization of Minatom’s experience on isolation of RW and SNF in “permafrost”. Evidently it will be able to take RW and SNF not only from the North-West, Krasnoyarsk and Tomsk, but from the Far East and Chelyabinsk as well. Protective characteristics of geological barriers on Novaya Zemlya and the “Mayak” site being well-studied by Minatom are summed up in Norilsk. Norilsk is a many-sided compromise, a unifying version concerning various regional projects competing with each other and scattering strength. According to Mikhail Prokhorov, Director General of “Norilsky Nickel”, managers of the company should as exactly as possible count the type of energy carriers, which will be used for further development of “Norilsky Nickel”, and how the problems of the Northern Sea Way are to be solved (14.12.02). A certain niche for nuclear energy might be provided at that. Minatom is already developing the idea of joint burial of waste and fuel from the Krasnoyarsk mining and chemical enterprise, Siberian chemical industrial complex, “Mayak” enterprise and others exactly in the

Krasnoyarsk region (project 1491 of the International Scientific and Technical Centre). All the more that Norilsk has not so much time left to live “without problems” concerning sources of raw materials and minerals, namely 30 years, according to the data of Department for Metallurgy of Minpromnauka of the Russian Federation. Territories around the JSC “Olkon” and “Kovdors-lyuda” may be considered as reserve ones.

The question on merchantable use of the property of “Norilsk Nickel” which is becoming a dead weight (geological information, excavations and related infrastructure) for storage of no-purpose products of nuclear technologies or secondary raw materials, as the ideologists of wasteless nuclear energy sometimes call radioactive waste, is also to the point. Besides, the VNIKhT and VNIPIET in cooperation with the Minatom’s institutes have planned to give grounds for underground disposal of waste coming from the loparite processing in free excavations of the JSC “Lovozero mining company”. Ukrainian academician E. V. Sobotovich maintains the analogous approach to RW burial, as applied to the infrastructure and isolated zone of the Chernobyl NPP. “Kazatomprom” has prepared the project on using the sites of the former Semipalatinsk proving ground for the same purpose. The plans on disposing RW on the territory of a former naval base on the Kuril island Simushir are known.

According to the data of Social and Ecological Union of Russia (December 2002), the negative impact on nature from enterprises of the “Norilsk Nickel” is 2-4 times higher compared, for example, to the largest Russian oil-gas corporations. Disposal of modern underground objects for RW and SNF in isolated zones of nickel productions cannot aggravate anything. Now and all the more in 20-30 years by the final shutdown.

Depository of nuclear materials in the Saida-Bay near Murmansk or on Novaya Zemlya is ecologically dangerous, as it will complicate the expansion of oil-gas complex in the region as well as the development of Pavlovsk deposit of lead-zinc ores, being one of the biggest in the world and extremely necessary for Russia; it will also complicate future tests of nuclear weapon. LENMORNIIPROYEKT has proposed to create a large multi-functional port on the Southern island of archipelago being the basis of a new stage in development of the Northern Sea Way. Ministers A. Rumyantsev and S. Ivanov oppose Novaya Zemlya as a waste depository (www.nuclearmo.ru of 27.06.02, www.nuclear.ru of 01.07.02 and www.bellona.no of 09.12.02). Presidium of the Russian Academy of Sciences supports the conception of the Kola peninsula.

Collective public conscience of the Pechenga area of Murmansk region is unique. It can be the most sensitive to the idea of underground disposal of nuclear materials just here. According to Norwegian sociologists, on the background of economic and common ecological disorder anxiety of population in the region concerning radioecological problems is minimum compared to the

opinion of people in other areas of the Kola peninsula and contiguous countries.

The Pechenga structure and its setting on the Kola peninsula are the most distant from deposits of shelf hydrocarbons and transportation ways of these raw materials. Rock massifs here do not contain oil and are incapable to contain it in principle, according to the contemporary scientific conceptions. For example, Novaya Zemlya is located in the centre of the largest oil-gas province, which development will mainly determine the future of Russia.

The future object for underground disposal of radioactive materials will undoubtedly be under the intent look of the West. Pechenga is the most suitable to demonstrate the object to foreign specialists in every respect.

Minatom seems to have started the consultations with "Norilsk Nickel" concerning Pechenga ("Versiya" of 02-08.10.2001). Organizations and specialists of Minatom assess different safety issues basing on the materials of the Kola superdeep borehole prepared within the projects 261, 262, 793 and 794 ISTC (www.istc.ru). On the other hand, project 1446 ISTC shows the increasing interest of Minatom to the eastern areas of the country concerning the conception of "permafrost" isolation. This is like gyrating, it retains the best of the worked and at the same time reflects the search caused by the vulnerability of a specific site on Novaya Zemlya.

Processes concerned with the forthcoming import of spent nuclear fuel to Russia most likely will not skirt the Murmansk region. In May 2002 leaders of atomic authorities of the Russian Federation and the USA seem to have reached the easing-off of the USA position concerning the delivery of such nuclear materials to Russia. The last obstacle to import the foreign fuel for the long-term storage is disappearing.

It raises no doubts that the problem dealing with isolation of radioactive materials, in particular waste, from biosphere is very important for Russia. "Price of this question" increases along with adoption of amendments to the legislation of the Russian Federation allowing the import of spent nuclear fuel for its storage and processing. Russia is at the threshold of basing and constructing a large international underground depository (depositories) for RW and SNF analogous to the Yucca Mountain in the USA at the expense of western countries. This is the opinion of many participants of the conference "Management of irradiated nuclear fuel 2002: new initiatives of Russia" taken place in September 2002 in Moscow. Let me recall that the planned budget of the project Yucca Mountain amounts 60 billion dollars. About 6 billion dollars had been spent by this time within this project, including 20 million dollars for "explanations" to the public only.

Among the key aspects of the problem are sites and technology for storage or burial of solid RW and SNF. Murmansk with its already developed atomic infrastructure is considered to be an important link of many ver-

sions to realize the Minatom's strategy. However, the opposition to the plans on creating here a large oil terminal will evenly increase by further raising of the number of such objects in Murmansk. It will be additional to the already existing one, for example, from the military, fishermen and ecologists.

It is reasonable that Russian and foreign experience should be consolidated in connection with atomic prospects. Its careful analysis helps us to find a worth substitute at least to new sites of Minatom and atomic fleets in Murmansk. By the way, location of the basis of the functioning "Atomflot" enterprise was seen outside Murmansk, according to one of the versions.

Thus, the Kola peninsula with its mining and geological potential may become an object for some proposals of Minatom as well as the Ministry of Defence, which meaning is much higher than only the regional. This concerns for example the underground disposal of radioactive waste and spent nuclear fuel, at that potential cost of such proposals is billions of dollars. According to the forecasts, most of land in the Murmansk region (like the country's bosom) will be the Federal property. To preserve, and not to reprocess – these are the arguments of an approach to foreign RW and SNF stated in "Nezavisimaja gazeta" of 20.06.2001.

And one more important aspect. Study of sites of the "Mayak" enterprise in Chelyabinsk region as well as Nizhnekansk massif on the Krasnoyarsk territory as potential places to isolate RW, SNF and other (conversion) nuclear materials should not be carried out without alternatives and analogues. Especially by the evident trend of coincidence of regional, federal and foreign interests. On the contrary, the situation analogous to the present situation with Novaya Zemlya may recur in 10-15 years. Pechenga and Norilsk are adequate sparring-partners in reliable geological provision of this part of nuclear programmes. They also have certain advantages and the right of parallel consideration within the context of geological depository of nuclear conversion materials by realizing the concept of non-proliferation.

First, Pechenga and Norilsk as well as Chukotka, for example, are remote from the centres on SNF processing. It will straight away remove the main anxiety of the West. Second, the problems on the protection of objects jointly with the West will be cardinally simplified. Third, it might happen that Chelyabinsk, Krasnoyarsk and Tomsk will not belong to Russia in 50-100-200 or 1000 years, taking into account the quite possible destruction of the country from the South and the South-East by analogy with the first dissolution stage of the USSR from the South and the South-West. The main reserves of Russian organic fuel are in the North. Why not to preserve here also the strategic reserves of nuclear fuel. Especially by the unambiguous trend of growing deficit of energy resources at all. And Minatom's enterprises in Tomsk, Krasnoyarsk and Chelyabinsk might be in a fever already under Russian nationality – see, for example, the resolutions of the Gosatomnadzor of 2001-2002.

TRANSPORT AND ENERGY

The general and main problem of the MC here is growth of rates for services and production of monopolists.

Besides, the Murmansk commercial port is being formed now as a large point for loading Kuzbass coal using the preferential western credits and by the long-term export liabilities. This is the most deep-water harbour in the European Russia now, which is able to serve ocean vessels of displacement up to 300 thousand tons. Interests of the regional MC will hardly be the topside ones by its possible strict obedience to “Lukoil” and by the change of priorities. Therefore, the JSC “Apatit” is developing a version of export delivery of apatite concentrate via the Kandalaksha port, which is to have been privatized by the end of 2002.

Murmansk region has still the excessive amount of energy generation capacities. However, at the end of 2001 the project “Kola energy-bridge” started. “Rosenergoatom”, energy company RWE (Germany), Kola NPP and Administration of the Murmansk region have signed the agreement on constructing a high-voltage power line from the Kola NPP to Finland to export electrical energy to Europe in future. This is the largest project with participation of foreign investor in the power industry history of the Russian Federation. Finland will also get 1400 Mwatt of electrical energy via Vyborg from the year 2003. Strategy of economic development of the Murmansk region up to the year 2015 envisages other versions of electrical energy export as well, including via Norway. Besides, the Programme on the use of free capacities of the Kola NPP for the heat supply of the region using electric boilers was joined into force in March 2002. And in April 2002 the documents on participation of the Murmansk region in creation of an additional and specialized structure for selling the electrical energy produced by the Kola NPP, namely the JSC “Murmanskatomenergobyt”, were prepared. The region is actively preparing for privatization of electricity supply networks. Construction of a new

aluminium plant (one of the versions concerning raw materials is nepheline of the JSC “Apatit”) is planned near the Kola NPP. Reformation of power industry at the state level is forthcoming. Therefore, there should be no hopes for excessive and cheap electrical energy for regional consumers of mining branch in future.

“The experience” of neighbouring Karelia is also alarming in sight. It is already the third winter when the centralized system of water- and heat supply is increasingly fundamentally put out of operation in cities and settlements of several areas, what in fact leads to its total collapse.

CONCLUSIONS

Sustainable oil-gas priorities of the state on macroeconomic level, venerable age of the MC, changed social-political and economic conditions in the country, accumulated negative problems of own regional sources of minerals and raw materials for the MC, boiling up fundamental transformations in industrial structure of the region as well as ambitions of arising related complex in neighbouring Karelia (in sight – Novaya Zemlya as well) do not give substantially favourable grounds for sustainable development of the mining branch on the Kola peninsula in the 21st century in invariable previous directions, proportions and volumes.

Processes of shelf development are also able to undermine seriously the provision of MC with highly qualified specialists.

In such situation we need non-standard decisions, multiple-discipline, “resourcefulness”, obligatory account of development trends of real future leaders (in oil-gas and nuclear spheres) and compromises with them.

This is furthered by unique conglomeration of actually formed infrastructure, federal and world’s interests concerning the Kola peninsula.

Author is grateful to O.E. Churkin for support and E.V. Komleva for translation of his work.

21 ҒАСЫРДАҒЫ МУРМАНСК МЕН АРКТИКАДАҒЫ ҚОРШАҒАН ОРТА

Владимир Комлев

Кольск ғылыми орталығы, Ресей Ғылым Академиясы

МУРМАНСКАЯ И АРКТИЧЕСКАЯ ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА В 21 ВЕКЕ

Владимир Комлев

Кольский научный центр, Российская Академия Наук

УДК575.224:599

**ПРИРОДНЫЕ ПОПУЛЯЦИИ РАСТЕНИЙ И ЖИВОТНЫХ КАК ТЕСТ-ОБЪЕКТЫ
ЭКОЛОГО-ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ БИОТЫ И НАСЕЛЕНИЯ СИЯП**¹Бигалиев А.Б., ¹Дарибаев Ж., ¹Бигалиев А.А., ¹Кундакбаева Г.Б.,
¹Бигалиева Р.К., ¹Исенов Х., ²Бекишбеков Э.З., ²Атаханова К.Л.¹Казахский национальный университет имени Аль-Фараби, Алматы
²Карагандинский Университет им. Е.А. Букетова, Караганда

В условиях антропогенного воздействия происходит деградация природных ландшафтов, оскудение биоты, нарушаются исторически сложившиеся биоценотические связи и экосистема оказывается выведенной из состояния экологического равновесия. Упрощение структуры сообществ выражается выпадением из их состава редких и малочисленных видов растений и животных. Популяции живых организмов в условиях нестабильных ландшафтов под возрастающим влиянием стрессирующих факторов антропогенного генезиса распадаются на ряд мелких изолированных субпопуляций, что приводит к оскудению генофонда.

До настоящего времени, исследования эколого-генетической направленности, конечной целью которых является комплексная оценка состояния природных популяций растений и животных, в том числе человека, и экосистем в целом, проводились недостаточно. Нами в течение последних 15 лет осуществляется мониторинг различных регионов Республики Казахстан на экологическом и генетическом уровнях.

Основные задачи:

- выявляются репрезентативные эталонные и нарушенные участки;
- накопление и пути миграции экотоксикантов;
- выбор объектов наиболее пригодных для оценки состояния окружающей среды из числа растений и животных;
- изучение характера изменений в структуре популяций и морфологии слагающих их особей;
- определение частоты спонтанных мутаций (хромосомные и генные);
- создание прогностической модели, описывающей возможные пути развития экосистем с учетом давления антропогенного пресса.

Выявление путей приспособления животных к условиям существования и их адаптивных возможностей является одной из важнейших проблем современной биологии. На этой проблеме замыкаются интересы эволюционистов, зооэкологов, специалистов в области генетики популяций и охраны окружающей среды.

С одной стороны, каждый вид животных генетически, морфо-физиологически уникален, но с другой стороны – между ними есть и много общего. Поэтому на давление факторов среды, они зачастую реагируют однотипно. Адаптивный потенциал вида полнее реализуется в условиях близкого к экспериментальным. Такие условия наблюдаются или на периферии ареала, или в антропогенно-нарушенных местообитаниях. Виды-индикаторы, в том числе и мышевидные грызуны способны указывать на те или иные изменения, происходящие в среде. Эта особенность индикаторных видов и положена в основу эколого-генетического мониторинга.

В 1984-1988 гг. мы изучали видовой состав и экологию мышевидных грызунов районов Центрального Казахстана, прилегающих к СИЯП [1-7]. В этом регионе проходят границы ареалов многих узко- и широко-распространенных видов грызунов. Краевые популяции грызунов чутко реагируют на ухудшение качества среды обитания, в них идут интенсивные микроэволюционные процессы, что в первую очередь, выражается в изменении генотипической структуры популяций.

В 1986 засушливом году в Каркаралинском горно-лесном массиве нами часто отмечались аберрантные по окраске морфы водяных полевок. Эти аберрантные особи были двойными мутантами по генам окраски. Они имели черный окрас и белые пятнышки на кончиках лап, морды и хвоста. Формы-меланисты являются гомозиготными по рецессивному аллеломорфу. Они оказываются более устойчивыми к деградации, более плодовитыми, у них значительно ниже, чем у форм дикого типа уровень доимплантационной и эмбриональной смертности. Особи, обладающие фенами пятнистости, наоборот, менее жизнеспособны, и плодовиты, чем зверьки с "нормальным" генотипом. Явление цветового полиморфизма обычно для грызунов, обитающих в условиях пессимума, что подтверждается нашими данными [1,4]. Так, в 1988 г. среди красных полевок добытых в пойме реки Токрау отмечались цветные морфы, обладающие тусклой серой окраской и слабо выраженной мантией. Доля аберрантных по окраске особей в выборках составила 8%. Таким образом, частота встречаемости цветных морф в популяции может служить хорошим показателем ухудшения условий существования. По этому же показателю можно судить о том, в каком направлении идет отбор и как интенсивно воздействует на популяцию стрессирующий фактор. Мы убеждены, что все факторы природной среды и естественные и антропогенные в определенных "дозах" обладают стрессирующим действием, т.е. прямо или косвенно способны индуцировать проявление гено-эмбриотоксических эффектов.

В целях тестирования факторов среды антропогенного происхождения, радиации, оказывающих негативное воздействие на популяции растений и животных, также среды их обитания нами были разработаны методы определения круга видов, способных выступать в качестве индикаторов этих изменений, апробированы тест-объекты из числа растений: житняк гребенчатый, тысячелистник обыкновенный, овсяница валлисская и др.; животных: стадная полевка, лесная мышь, полевка Стрельцова, красная полевка, тушканчики, а также из рептилий – ящерица прыткая. Для определения загрязнения водного бассейна – остромордая и озерная лягушка, жаба зеленая. Основными критериями в выборе тест-объектов послужили: широкое распространение в регионе, высокое обилие, общедоступность и простота сбора материала. Наблюдения за модельными объектами и исследования проведены в зонах подверженных высокой антропогенной нагрузке, эталонных и промежуточных участках [1,6-8,17-19].

В результате проведенных исследований были выявлены неблагоприятные в экологическом отношении районы. К ним могут быть отнесены: города Караганда и Темиртау, прилегающие к полигону Егиндыбулакский и Каркаралинский районы. В частности, в указанных районах исследований наблюдались различные отклонения в структуре популяций исследуемых видов, в том числе также на организменном (морфологическом) и генетическом (хромосомном) уровнях. Неуклонно продолжает сокращаться численность многих видов рыб, амфибий, рептилий и насекомых. На р.Тундык обнаружено всего два вида рыб – елец и золотистый карась. Они существенно различаются по черепным признакам от таковых из других рек. Морфозы отмечены и у земноводных, и у грызунов. Среди лягушек, часто отмечаются особи с патологическими изменениями, генетически обусловленными – типа редукция конечностей или их элементов; у них часто выявляются опухолевые образования и т.д. [5,7]. Хромосомные нарушения с большой частотой отмечались на остромордой лягушке, обитающей в районе сбора сточных вод п/о "Карбид" г.Темиртау и на озерной лягушке на р. Букпа, р.Сокур, превышающие таковые по сравнению с контролем в 2-3 раза [3,9,11,15].

С целью исследования влияния факторов окружающей среды различных регионов на наследственный аппарат человека проводили цитогенетический мониторинг населения Казахстана (Карагандинской, Семипалатинской, Атырауской, Актюбинской областей). Цель мониторинга – оценка степени воздействия радиации и других повреждающих факторов на наследственный аппарат. Прогнозирование отдаленных последствий (наследственные и онкологические заболевания), учитывая следующие факторы: возраст, пол, национальность, семейное положение, место жительства, место работы, профессиональные вредности, курение, алкоголь, перенесенные болезни,

принимаемые медикаменты, характер питания и другие факторы, способные влиять на наследственный аппарат. Оценка воздействия проводится по количеству и качеству хромосомных aberrаций в лимфоцитах периферической крови [12-14,16,]. Первоначально были исследованы жители г.Караганды. Уровень хромосомных aberrаций колеблется от 0 до 5 и составляет в среднем 2%, преобладают повреждения хроматидного типа, что свидетельствует о вероятном преобладании действия химических загрязнителей. Число изученных доноров не позволяет пока сделать достоверных выводов [6,10].

В 1977 – 1989 гг. было проведено цитогенетическое обследование населения близлежащих к полигону районов. Так, взята кровь и получены препараты хромосом от группы доноров поселка Айрык Егиндыбулакского района (29 человек, проживающих вблизи Семипалатинского полигона. Возраст обследуемых варьирует в пределах 16-71 года). Цитогенетическое обследование двух районов (Егиндыбулакского и Каркаралинского) Карагандинской области, трех районов Семипалатинской области с целью оценки отдаленных (генетических) последствий влияния радиации проведены в период с 1987 по 1999 гг. [5,6,8].

В период 1993-2000 гг. проведено изучение количественной зависимости и спектра структурных и числовых aberrаций хромосом у 35 человек из этих же районов Карагандинской области, прилегающих к Семипалатинскому ядерному полигону. Также были обследованы 201 детей, из них 81 – с перинатальным поражением нервной системы, 70 детей – с врожденными пороками развития, 50 здоровых детей, которые составили контрольную группу. Из 35 обследованных взрослых людей были 18 мужчин, 17 женщин. Из них 4 – больные с гепато-церебральной дистрофией, 6 – больные с миопатией, 14 – имели различные врожденные аномалии развития, 11 человек по данным анкетирования были практически здоровыми. Средний возраст – 26,2 лет. Контакта с профессиональными вредностями не имели, 2 человека переболели гепатитом, курящих – 7, эпизодически употребляющих алкогольные напитки – 3 человека. Никто из обследованных не получал лучевую терапию и химиотерапию.

Для изучения aberrации хромосом проанализировано 3828 метафаз (Табл. 1). Частота клеток с aberrациями хромосом составляет в среднем 2,4 %, а частота aberrаций на клетку составляет 0,0246. Выявлены как структурные (93,6%), так и числовые aberrации (6,4%) хромосом. Среди клеток с нарушениями структуры хромосом преобладали aberrации хромосомного типа (67,04 %) над хроматидными (32,95%). Aberrации в основном были представлены парными и одиночными фрагментами, транслокациями, дицентриками, кольцевыми хромосомами, межхромосомными обменами, анеуплоидными клетками.

**ПРИРОДНЫЕ ПОПУЛЯЦИИ РАСТЕНИЙ И ЖИВОТНЫХ КАК ТЕСТ-ОБЪЕКТЫ
ЭКОЛОГО-ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ БИОТЫ И НАСЕЛЕНИЯ СИАЯП**

Таблица 1. Распределение aberrаций хромосом по типу отдельных нарушений

Число просмотренных метафаз	Всего клеток с цитогенетическими нарушениями		Структурные aberrации						Числовые aberrаций	
			Всего		Хромосомные		Хроматидные			
	Абс	%	абс	%	абс	%	абс	%	абс	%
3828	94	2,4	88	93,6	59	67,04	29	32,9	6	6,4

В результате кариологического исследования 201 детей были получены следующие результаты. У детей с перинатальной энцефалопатией было выявлено наличие большого числа ассоциаций акроцентрических хромосом – у 43 детей (53,1 %), у 2 детей обнаружены хромосомные нарушения по типу мозаицизма синдрома Шерешевского-Тернера (2,48 %), у 1 ребенка – по типу делеции плеча 21 хромосомы (1,24 %), у 1 – с мозаичным набором половых хромосом (1,24 %). У детей с врожденными пороками развития (гипоплазия структур головного мозга, микроцефалия, гидроцефалия, пахигирия, микрогирия, порэнцефалия, энцефалоцеле, spina bifida, агенезия мозолистого тела, гипоплазия головного мозга) кариотип, характерный для болезни Дауна были обнаружены у 27 новорожденных (38,57 %), из них полную трисомию по 21 хромосоме имели 16 детей, у 10 оказался мозаичный набор, а у 1 ребенка – транслокационный вариант этой болезни (46,XX,t(15-21)), у 36 новорожденных определялся высокий уровень ассоциированных хромосом (51,4 %), у 1 – транслокация 16 хромосомы на 21 (1,43 %), у 3 (4,28 %) – мозаичный вариант синдрома Шерешевского-Тернера (46,XX/45,X), у 3 (4,28 %) – делеция длинного плеча 18 хромосомы, у 2 (2,86 %) - делеции Y хромосомы, у 3 (4,28 %) – трисомия по 13 хромосоме, у 1 (1,43 %) – дупликация по 15 хромосоме. Почти у всех обследованных были обнаружены множественные ассоциации акроцентрических хромосом.

Из факторов, ведущих к аномалиям хромосом, особое значение придается ионизирующей радиации, так как все виды облучений вызывают хромосомные aberrации в зародышевых и соматических клетках человека [22,25]. Японскими учеными были исследованы хромосомы в лейкоцитах крови людей, подвергшихся облучению при атомных бомбардировках Хиросимы и Нагасаки. Исследователи Awa и др., [23] показали, что хромосомные перестройки свойственны лейкоцитам крови людей даже спустя, по меньшей мере, три десятилетия после взрыва. Цитогенетический анализ лейкоцитов людей, получивших облучение был проведен Sofuni [1997]. Оказалось, что все облученные люди имели лейкоциты, среди которых более 10 % имели хромосомные перестройки. Результаты эпидемиологических и экспериментальных исследований указывают на индукцию нестабильности генома у потомства родителей, подвергшихся воздействию ионизирующей радиации. Эта нестабильность генома, прежде всего, проявляется повышением темпов мутирования и увеличением риска возникновения опухолевых и других патологий у потомства [Худолей В.В., 1994].

Исследованиями многих ученых показано, что явления геномной нестабильности, обнаруживаются в популяциях отдаленных потомков облученных. При этом отмечается появление разных видов хромосомных aberrаций в клетках и повышение общего уровня нарушений хромосом. Антушевич А.Е. и др. [1993] выявили в эксперименте, что пролонгированное низкоинтенсивное облучение способно вызывать достоверное увеличение количества клеток с хромосомными aberrациями и реципрокными транслокациями хромосом не только у облученных, но и у их потомков первого, а особенно – второго поколения.

К настоящему времени изучены закономерности действия самых разнообразных генотоксических агентов и накоплен достаточно большой фактический материал по динамике выхода и разнообразия типов хромосомных aberrаций, ведущей причиной образования которых считаются труднорепазируемые двойные разрывы ДНК. К изучению новых молекулярных механизмов образования цитогенетических повреждений посвящены работы многих ученых [27]. Малиновский Ю.Ю. пишет [1991], что для возникновения хромосомной aberrации наличия двойного разрыва ДНК недостаточно, а необходим также, по видимому, одновременный разрыв и материнской белковой осевой структуры или нарушение ее ресинтеза после частичной деполимеризации в ходе подготовки к митозу. Птицина С.Н. и др. [1998] обнаружили снижение внепланового синтеза ДНК в группе людей, подвергавшихся хроническому облучению, по сравнению с контрольной выборкой. Ахматуллина Н.Б. и др. [1997] пишут, что малые дозы ионизирующего излучения продуцируют сигнал для запуска индивидуальной системы репарации, называемой адаптивным ответом. При этом предварительное облучение клеток или организмов малой, фактически немутагенной, дозой радиации защищает их от последующего воздействия повреждающих, мутагенных доз.

Полученные нами данные совпадают с данными исследования, проведенными у 26 жителей из районов, расположенных приблизительно в 70-100 км от Семипалатинского ядерного полигона [5]. В результате наших исследований выявлено значительное превышение частоты клеток с различными видами aberrаций, общепринятый уровень общих aberrаций. Частота дицентриков на клетку, которые являются испытанным индикатором мутационного воздействия радиации превышают результаты исследования интактных групп людей и спонтанный уровень дицентриков ($0,61 \pm 0,3 \times 10^{-3}$) на клетку, $3,13$

$14,63 \times 10^{-4}$ на метафазу, что подтверждает мутагенное воздействие хронического облучения малыми дозами радиации на население районов, прилегающих к Семипалатинскому ядерному полигону. Однако, по частоте хромосомных аномалий нельзя судить о частоте генных мутаций. Для наследственных отклонений у новорожденных хромосомные мутаций составляют всего лишь 1/25 от общего числа таких новорожденных [Дыбан А.П., 1982].

Но в целом, как структурные, так и числовые мутации хромосом могут послужить мониторингом за темпом мутационного процесса в популяциях человека. Полученные данные свидетельствуют о положительной корреляции между частотой хромосомных аберраций и сложившейся экологической радиационной обстановкой в обследуемых районах и подтвердили возможность проведения популяционной цитогенетической индикации пролонгированного радиационного воздействия малой интенсивности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бигалиев А.Б., Исенов Х.А., Андреюк А.В., Бекишбеков Э.З. Антропогенные факторы среды и изменчивость генетической структуры природных популяций // Теоретические и прикладные исследования по генетике. - Алма-Ата. - 1990. - С.75-80.
2. Бигалиев А.Б., Ли К.Г., Тарабаева Ж.Б. Изучение генетического механизма деструкции ксенобиотиков бациллами // Всесоюзное сов. "Эколого-генетический мониторинг состояния окружающей среды".-Караганда. - 1990.-С.78.
3. Бигалиев А.Б., Атаханова К.Л. Оценка мутагенного эффекта по уровню хромосомных аберраций в природных популяциях амфибий промышленных зон Центрального Казахстана // Всесоюз. совещ. "Эколого-генетический мониторинг состояния окружающей среды". - Караганда. - 1990.-С.26.
4. Бигалиев А.Б. Эколого-генетическая оценка состояния окружающей среды в Центральном Казахстане // Всесоюз. совещ. "Эколого-генетический мониторинг состояния окружающей среды". - Караганда. - 1990.-С.22-23.
5. Бигалиев А.Б., Краусс Э., Атаханова К.Л., Бекишбеков Э.З., Руди Е. Биомониторинг окружающей среды районов, прилегающих к Семипалатинскому ядерному полигону // Медико-социальные и экологические проблемы регионов, прилегающих к Семипалатинскому ядерному полигону: Материалы регион. науч.-прак. конф. - Караганда. - 1991. - С.83-86.
6. Бигалиев А.Б., Краусс Э. Цитогенетический мониторинг населения из экологически неблагоприятных районов // Цитология и генетика. - Киев. - 1991.-Т.26. -С.64-66.
7. Бигалиев А.Б., Охмат Н.А., Вишневская Г.В. Эколого-генетический мониторинг состояния окружающей среды региона Центрального Казахстана // Достижения биотехнологии -агропромышленному комплексу: тез. докладов Всесоюз. конф., 14-18 окт. 1991 г. Черновцы. - 1991. - Т.2.-С.112-113.
8. Бигалиев А.Б. Эколого-генетический мониторинг населения районов Карагандинской области, прилегающей к полмгону //Материалы междуна. конф. "Экология, радиация, здоровье". -Семипалатинск, 15-18 сент. 1993 г.- Семипалатинск. - 1993.-С 18-21.
9. Bigaliev A.B., Atahanova K.L. Bioindication and ecological assessment of anthropogenic influences on water ecosystems species // Materials for the NGO-international Scientific – practical Conference. Tomsk, – 1993. - P.63-68.
10. Бигалиев А.Б., Дарибаев М.Р., Надилова К.Г. Мониторинг здоровья населения из экологически неблагоприятных районов Карагандинской области // Здравоохранение Казахстана. – 1994.-№12.-С.19-22.
11. Бигалиев А.Б., Атаханова К.Л. Современное состояние популяции земноводных Центрального Казахстана // Вест. КазГУ. Сер. Экол.-Алматы. - 1995. - Вып.1.-С. 5-14.
12. Бигалиев А.Б. Достижения современной генетики на службе здоровья человека // Генетические последствия влияния многолетних ядерных испытаний на Семипалатинском испытательном полигоне на организм человека и окружающую среду: Материалы первой Алматинской науч.- прак. конф. г.Алматы, 28 июня 1996 г. – Алмат. - 1997. - С.12-16.
13. Бигалиев А.Б., Кундакбаева Г.Б., Абыльдинова Г.Ж. Метод цитогенетического скрининга для эколого-генетической оценки влияния радиации на человека / Вест. КазГУ. Сер. экол. –Алматы. -1997. -№2. С.37-39.
14. Кундакбаева Г.Б. и др. Цитогенетический эффект в соматических клетках лиц подвергшихся хроническому воздействию радиации, в период проведения ядерных испытаний на Семипалатинском полигоне // Изв. МН-АН РК. Сер. биол. и мед.- 1997. - №4. – С.6-12.
15. Bigaliev A.B., Tazhibaeva T.L. Effect of urbanization: ecology and environmental biomonitoring in Kazakhstan // Bulletin KSNU. Natural science series. Almaty. - 1998. - №2. -P. 86-89.
16. Genetic effects of radiation and prognosis of the inherited pathology of the population of the regions adjoining to the former Semipalatinsk nuclear testing site // Proceedings of the 1998 Int. Radiological Post-Emergency response ISSUES Conference. Washington. - 1998. - P.3-9.
17. Bigaliev A.B., Minseitova S.R. The use of the micronucleus test and bacterial test on salmonella for the estimation of genetic damage in humans // Bulletin KSNU. Natural science series.- Almaty. - 1998.- №2.-P.89-92.
18. Дубинин Н.П., Пашин Ю.В. Мутагенез и окружающая среда. М.: Наука. - 1978. - 122 с.
19. Дубинин Н.П. Новое в современной генетике. М.: Наука - 1986. - 221с.
20. Лазюк Г.И., Бедельбаева К.А. Увеличение частоты хромосомных аберраций в детских возрастных группах населения, проживающих в регионах с повышенным фоном радиации. Здравоохранение Белоруссии. – 1990. - Т.6. - С.38-40.
21. Lloyd D.C., Edwards A.A. Chromosomal aberrations: basic and applied aspects. / Eds. G.Obe, A.T. Natarajan, B. Springer-Verlag, 1990. - P.212-223.
22. Шевченко В.А., Померанцева М.Д. Генетические последствия действия ионизирующего излучения. М.: Наука - 1985. - 278 с.
23. Awa A.A. et. A. / J. Radiation Res.,1992, V.33, Suppl. - P.206-214.

24. Pohl-Rulling J., Fisher P. The dose - effect relationship of chromosome aberration to a- and y -irradiation in a population subjected to an increased burden of natural radioactivity // Radiat. Res. 1979.v.80. P. 61-81.
25. Померанцева М.Д., Шапиро Н.И. Радиация и наследственность человека // Проблемы медицинской генетики. М.: Медицина. – 1970. - С. 233-278.
26. Померанцева М.Д. Изучение генетических повреждений у мышей первого поколения от самцов, сперматогонии которых подвергались облучению. // Генетика. – 1969. -Т.5, - №10. - С. 36-47.
27. Тарасов В.А. Молекулярные механизмы репарации и мутагенеза. М.: Наука. – 1982. - 312 с.
28. Lloyd D.C. et. al. Frequencies of chromosomal aberrations induced in human blood lymphocytes by low doses of X - rays. Int.J. of Rad. Biol. 1988,v.53, P.49-55.

ССЯП ТҮРҒЫНДАРЫ ЖӘНЕ БИОТАНЫҢ ЭКОЛОГО-ГЕНЕТИКАЛЫҚ ТЕСТ-ОБЪЕКТЕРІ РЕТІНДЕ ӨСІМДІКТЕР МЕН ЖАНУАРЛАРДЫҢ ТАБИҒИ ПОПУЛЯЦИЯСЫ

¹⁾Бигалиев А.Б., ¹⁾Дәрібаев Ж., ¹⁾Бигалиев А.А., ¹⁾Құндақбаева Г.Б.,
¹⁾Бигалиев Р.К., ¹⁾Исенов Х., ²⁾Бекішбеков Э.З., ²⁾Атақанова К.Л.

¹⁾*Әл-Фараби атындағы қазақ ұлттық университеті, Алматы*
²⁾*Е.А.Букетов атындағы Қарағанды университеті, Қарағанды*

Антропогендік ықпалдың жағдайында табиғи ландшафтардың нашарлау процесі болады, биотаның нашарлауы, тарихи қалыптасқан биоценодикалық байланысы бұзылады және эко жүйе экологиялық тепе-тендік жағдайдан шығып қалады. Қоғамдастықтардың құрылымының тұрпайылығынан сирек және аз санды өсімдіктер мен жануарлардың олардың құрамынан түседі. Тірі ағзалардың популяциясы тұрақсыз ландшафтардың жағдайында ширығу факторлардың антропогендік генезистің өсу әсерінен ұсақ оңашаланған субпопуляция тізіміне ыдырап, тектік қордың нашарлануына әкеліп соқтырады.

NATURAL POPULATIONS OF PLANTS AND ANIMALS AS TEST OBJECTS IN ECOLOGICAL AND GENETIC ASSESSMENT OF STS BIOTA AND POPULATION

¹⁾A.B. Bigaliev, ¹⁾Zh. Daribaev, ¹⁾A.A. Bigalieva., ¹⁾G.B. Kundakbaeva,
¹⁾R.K. Bigalieva, ¹⁾Kh.Isenov, ²⁾E.Z. Bekishbekov, ²⁾K.L.Atakhanova

¹⁾*Al-Farabi Kazakh National University, Almaty,*
²⁾*E.A. Buketov Karaganda University, Karaganda*

Anthropogenic activities result in degradation of natural landscapes and biota impoverishment, disturb historical biocenotic relationships and thus unbalance the ecological system. Rare and few in number plant and animal species vanish and simplify the structure of plant and animal communities. Under unstable landscape conditions and growing impact of stress-inducing anthropogenic factors, populations of living organisms fall into several small isolated sub-populations that impoverishes the gene pool.

УДК 539.2+599

RADIONUCLIDE MIGRATION IMPACT ON DEVELOPMENT
OF HALOPHYTE SYSTEMS OF SEMIPALATINSK TEST SITES¹J.G.D. Werner, ²R.P. Plisak, ³R.J. Magasheva, ⁴V.V. Polevik,
⁵T.M. Ponomareva, ⁶N.K. Aralbaev, ⁷P.P. Dubinchin, ³G.N. Jakunin, ²S.V. Plisak¹Department of Biology at the Marburg University, Marburg, Germany²Kazakh National Agricultural University, Almaty City, Kazakhstan³Institute of soil sciences, Almaty, Kazakhstan⁴State University "Semey", Semipalatinsk, Kazakhstan⁵Pavlodar State University, Pavlodar, Kazakhstan⁶Institute of botany and phytointroduction, Almaty, Kazakhstan⁷JSC "Volkhovgeologia", Almaty, Kazakhstan

The article considers peculiarities of development of halophyte ecosystems of Semipalatinsk Test Sites in conditions of long-term influence of low doses of chronic irradiation.

INTRODUCTION

Investigations of many researches [1-6] revealed effect of indirect mechanisms of influence of radiation of low intensity on ecosystems under low doses of chronic irradiation. Probability of cell damage increases if intensity of irradiation decreases. Long-term influence of radiation of low intensity is more dangerous for cell membrane than single irradiation of higher intensity. The biggest danger of biosphere pollution by low doses of chronic irradiation consists in the lower danger of direct influence of low doses of irradiation on organism than distant consequences of intoxication. Scales of its damage are not predictable. Concentration of PH (PH) in food chains increases in geometric progression. The higher variability and лабильность cytomorphological and physiological properties of plants were revealed under long-term influence of low doses of radiation.

The objects of our investigations are halophyte ecosystems developing during last 45-50 years under power of exposition dose of γ -irradiation (further in the text as PED) of 40-50 μ R/Hr. Traditional methods of soil research [7-10] and geobotanical methods of investigations [11-15] were applied when studying the ecosystems. The investigations were accompanied by measuring of pollution level of investigated ecosystems. Measurement of power of exposition dose of γ irradiation (PED) was conducted by radiometer CRP 68-01 at 5 cm level from soil surface.

Gamma-spectrometric analysis of samples of soil and ash of roots and ground part of plants in accordance with "Methodology of carrying out measurements on gamma-spectrometer MI-2143-91" (elaboration SPU "VNIIFTRI") was conducted out for determination of content of technogene PH ¹³⁷Cs, ²⁴¹Am, ^{152,154}Eu, ⁶⁰Co and natural PH ²³⁸U, ²²⁶K, ²²⁸Th. Radiometric analysis in accordance with "Methodological recommendations on assessment of level of integral activity of alpha and beta irradiating PH in ecological samples" (elaboration of VIMS, Moscow, 1994) was conducted out for determination of integral alpha and beta activity.

Considered territory is situated within the limits of dry steppes on chestnut soils and deserted sagebrush-feather-grass steppes on light chestnut soils. The peculiarity of vegetation cover of subzone of dry bunchgrass steppes is predominance of xerophyte grasses (*Stipa*, *Festuca valesiaca*, *Koeleria cristata*). Petrophyte (community of *Stipa sareptana* + *Artemisia frigida* + *Caragana pumila*) steppes are typical for low melkosopochnik. Communities of *Stipa rubens*, of *S. capillata* and of *Helictotrichon desertorum* are widespread in high melkosopochnik. Communities constituted by cespitose grasses (*Helictotrichon desertorum* and *Stipa kirghisorum*), brushes (*Caragana pumila*, *Spiraea hypericifolia*) develop in low mountains. Communities constituted by numerous species of brushes (*Spiraea trilobata*, *Juniperus sabina*, *Berberis sibirica*, *Lonicera microphylla*, *Cotoneaster oliganthus*), wormwood (*Artemisia frigida*, *A. marschalliana*, *A. obtusiloba*), grasses (*Dianthus rigidus*, *Orostachys spinosa*, *Sedum hybridum*, *Veronica pinnata*, *V. incana*) and cespitose grasses (*Helictotrichon desertorum*, *Festuca valesiaca*, *Stipa capillata*) are typical for rocky mountains.

Phytocoenosis constituted by cespitose grass *Stipa sareptana* and dwarf semishrub *Artemisia frigida* with participation of shrub *Caragana pumila* predominate in subzone of deserted sagebrush-feather-grass steppes. The phytocoenosis develop in complex with communities of *Camphorosma monspeliaca*, of *Atriplex cana*, of *Artemisia pauciflora* and of *Anabasis salsa* on solonetz. Communities of solonetz-solonchak type - *Psathyrostachys juncea*, *Halimodendron halodendron*, *Achnatherum splendens*, *Nitraria sibirica*, *Halocnemum strobilaceum*, *Kalidium foliatum* develop by depressions between hills and outskirts of lakes.

Mesophyte grass-forb communities constituted by *Elytrigia repens*, *Calamagrostis epigeios*, *Poa angustifolia*, *Inula britannica*, *Sanguisorba officinalis*, *Glycyrrhiza uralensis* develop in flood lands of small rivers. Sometimes trees and shrubs - *Populus nigra*, *Salix viminalis*, *S. pentandra*, *S. cinerea*, *S. rosmarinifolia*, *Rosa laxa*, *R. majalis* participate in constituting of the communities.

Communities of *Puccinellia dolicholepis*, of *Aeluropus littoralis*, of *Leymus angustus*, of *Achnatherum splendens* are typical for over flood land terraces.

Halophyte ecosystems occupy insignificant area of Semipalatinsk Test Sites. They develop in depressions on alluvial-proluvial, deluvial-proluvial and depressions between hills. Soils – ordinary solonchaks. They develop in conditions of additional moisture because of rain and snow melted waters (slope flow). Additional moisture in negative elements of relief promotes insignificant activation of process of radionuclide migration. Significant redistribution of radionuclide content in soil profile does not occur. Maximal accumulation of PH is marked in surface soil layer 0-5 cm. The main physic and chemical properties of soils also do not influence intensity of radionuclide migration. Humus content in solonchaks reaches 2.0-2.4 %, ph solution – 7.9-8.6. Loam and heavy loam diversities predominate in mechanical structure of these soils.

Vegetation is represented by xerohalophyte communities of *Halimione verrucifera* + *Halocnemum strobilaceum*. Dominating species are low xerohalophyte dwarf semishrubs. No significant difference in eco-biomorphological and floristic composition of plants constituting communities of polluted and control plots was revealed. Species diversity of polluted plot (13-15 species) is higher than control plot (6-8 species). It is conditioned by radiation pollution as well as various and more dynamic ecological conditions on polluted plot: soils develop under influence of capillary border of ground waters. Level of ground waters decreases from Spring to Autumn and provokes changes in water-salt regime of soils. Plants are differentiated by rhythm of development, ecological types and vital forms according to water-salt regime of soils.

No difference in phenological spectrum of plants on polluted and control plots in 1999 was revealed. Fruiting phenophase of dominating species *Halimione verrucifera* and *Halocnemum strobilaceum* came earlier on control plot than on polluted plot.

Several differences in plant development on polluted and control plots were revealed. Vitality of *Halocnemum strobilaceum* on polluted plot was satisfactory in 1998. Big part of individuals of the plant developed perfectly on control plot, some individuals were in good conditions. Big part of individuals of *Achnatherum splendens* on polluted plot developed good in 1999. The plant was oppressed (vitality - 2) on control plot. Vitality of *Limonium suffruticosum* was good on polluted plot and satisfactory on control plot.

Radiation pollution does not influence development of horizontal and vertical structure of investigated communities significantly.

Total coverage of these communities on polluted plot reached 55-65% (on control plot – 50-65%) in 1998 and 65-80% (55-80%) correspondingly in 1999. Coverage of soil by plants was 45-50% on polluted plot and 40-50% on control plot in 1998, in 1999 – 50-70% and

50-75% correspondingly. Soil cover was 10-15% on polluted plot and 10-15% on control plot in 1998, in 1999 5-10% and 1-2% correspondingly.

Quantity of individuals of dominating plants by 1 sq. meter was: *Halimione verrucifera* – 5-13 on polluted plot and 2-9 on control plot in 1998, in 1999 – 6-12 and 1-9 correspondingly; *Halocnemum strobilaceum* – 3-4 on polluted plot and 3-7 on control plot in 1998, in 1999 – 2-5 and 1-7 correspondingly.

Height of one dominating plant was: *Halimione verrucifera* – 5-17 cm on polluted plot and 5-15 cm on control plot in 1998, in 1999 – 5-15 and 5-20 cm correspondingly; *Halocnemum strobilaceum* – 3-5 cm on polluted plot and 4-14 on control plot in 1998, in 1999 – 3-10 cm and 4-15 cm correspondingly.

Average weight of one individual of dominating plant was: *Halimione verrucifera* – 21.6 g on polluted plot and 24.6 g on control plot in 1998, in 1999 – 10.1 g and 11.9 g correspondingly; *Halocnemum strobilaceum* – 19.0 g on polluted plot and 32.4 g on control plot in 1998, in 1999 – 21.0 g and 36.1 g correspondingly.

Over-ground biomass in given communities reached 479.3 g/m² on polluted plot and 871.5 g/m² in 1998, in 1999 – 398.1 g/m² and 816 g/m².

Depth of root penetration in investigated communities was 95 cm on polluted plot and 68 cm on control plot in 1998, in 1999 – 90 cm and 60 cm on control plot. The biggest quantity of roots of plants was in soil layer of 0-25 cm on polluted plot and 0-30 cm on control plot in 1998, in 1999 – in soil layer 0-30 cm and 1-0-20 cm correspondingly.

Weight of underground organs of *Halimione verrucifera* in soil layer of 0-30 cm reached 232 g/m² on polluted plot and 420 g/m² in 1998, in 1999 – 236.8 g/m² and 400 g/m². Weight of underground organs of *Halocnemum strobilaceum* in soil layer of 0-30 cm reached 112 g/m² on polluted plot and 336 g/m² in 1998, in 1999 – 105.6 g/m² and 345.2 g/m².

Average weight of root of one individual of *Halimione verrucifera* was 32.6 g on polluted plot and 31.6 g on control plot in 1998, in 1999 – 36.2 g and 30.1 g correspondingly. Average weight of root of one individual of *Halocnemum strobilaceum* was 16.1 g on polluted plot and 32.4 g on control plot in 1998, in 1999 – 15.1 g and 30.0 g correspondingly.

No terratological transformations of plants in investigated community were revealed on polluted plot.

Soils of considering ecosystem are polluted by technogene PH in the upper horizons. The main polluters of ordinary solonchaks are ¹³⁷Cs and integral α and β irradiators. Content of accumulated ¹³⁷Cs on polluted plot is 2 256 Bk/kg in soil layer of 0-4 cm, 572 Bk/kg in soil layer of 4-10 cm, 0.9 Bk/kg in soil layer of 20-30 cm (on control plot – 24.9 Bk/kg in soil layer of 0-2 cm, 5.3 Bk/kg in soil layer of 2-25 cm). Content of integral β activity in soil layer of 0-10 cm is 7 090 Bk/kg, 3000 Bk/kg in soil layer of 4-10 Bk/kg, 900 Bk/kg in soil layer of 20-30 cm (on control plot – 700 Bk/kg in

soil layer of 0-2 cm, 850 Bk/kg in soil layer of 2-25 cm). Content of integral α activity in soil layer of 0-4 cm is 2 370 Bk/kg, 1490 Bk/kg in soil layer of 4-10 Bk/kg, 1 790 Bk/kg in soil layer of 20-30 cm (on control plot – 620 Bk/kg in soil layer of 0-2 cm, 1 010 Bk/kg in soil layer of 2-25 cm).

Content of ^{137}Cs in ash of roots of dominating plant *Halimione verrucifera* fluctuates from 143 up to 753 Bk/kg (on control plot – from 13 up to 78 Bk/kg). Content of ^{137}Cs in ash of ground part of the plant fluctuates from 83 up to 556 Bk/kg (on control plot – from 5 up to 15 Bk/kg). Content of integral β activity in ash of roots of *Halimione verrucifera* fluctuates from 4 300 up to 11 100 Bk/kg (on control plot – from 1 520 Bk/kg up to 1 530 Bk/kg), in ash of ground part – 2 550 up to 5 100 Bk/kg (on control plot – 1 950 up to 2 370 Bk/kg). Content of integral α activity in ash of roots of *Halimione verrucifera* fluctuates from 1 200 up to 3 100 Bk/kg (on control plot – from <800 Bk/kg up to 810 Bk/kg), in ash of ground part – <900 up to 910 Bk/kg (on control plot – <350 up to 800 Bk/kg). Content of ^{137}Cs in ash of roots of dominating plant *Halcnum strobilaceum* fluctuates from 135 up to 2398 Bk/kg (on control plot – from 92 up to 230 Bk/kg). Content of ^{137}Cs in ash of ground part of the plant is 112-113 Bk/kg (on control plot – 5 - 34 Bk/kg). Content of integral β activity in ash of roots of *Halcnum strobilaceum* fluctuates from 5 430 up to 25 300 Bk/kg (on control plot – from 3 790 Bk/kg up to 6 400 Bk/kg), in ash of ground part – 2 380 up to 3 300 Bk/kg (on control plot – 1 330 up to 1 360 Bk/kg). Content of integral α activity in ash of roots of *Halcnum strobilaceum* fluctuates from 3 370 up to 3 900 Bk/kg (on control plot – from 2 900 Bk/kg up to 3 040 Bk/kg), in ash of ground part – < 350 up to <1 100 Bk/kg (on control plot – <800 Bk/kg).

Primary radiation effects in biogeocoenosis depending on doze of irradiation can vary from insignificant changes up to complete destroying of the least radioreistant species [16-18.]. Lethal outcome of species is extreme case of ionising irradiation impact on organism [19, 20]. Organism does not die under smaller dozes of irradiation. Oppression of life activity proceeds. In this case we can not consider the reaction of community to irradiation without connection of influence of other factors of environment on organisms [20, 21]. Ionising irradiation can act only as starter but entire consequent chain of disturbances is connected to secondary processes [22]. Spectrum of secondary radiation changes in

biogeocoenosis is wide enough. More intensive development of radioresistant species is typical secondary radiation reaction in irradiated phytocoenosis [23, 24]. Secondary effects appearing as a result of influence of irradiation (decrease of life duration, weakening of resistance to parasites and unfavourable conditions of environment, disturbance of viability of descendants) significantly reduce probability of survival of irradiated species under appearance of especially unfavourable conditions [25-27]. Oppressing impact of irradiation on organisms in combination with influence of other factors of environment lead to disturbances of community structure, change of specie composition and specie quantity, disappearance of some species, change of degree of coverage, stratification, direction and rate of successions [28-30].

SUMMARY

Following secondary transformations in investigated halophyte ecosystem (community of *Halimione verrucifera* + *Halcnum strobilaceum*) on ordinary solonchaks in present radioecological conditions (PED of γ irradiation – 40-50 $\mu\text{R}/\text{Hr}$, maximal accumulation of the main pollutants - ^{137}Cs , β and α irradiators in the upper 0-5 cm soil layer, dynamic water-солевой regime of soils during vegetation period, high temperature of air, insignificant sorption of PH by roots of plants) in comparison with control plot (PED of γ irradiation – 10-12 $\mu\text{R}/\text{Hr}$) are revealed:

1. Increase of specie diversity by 1.8-2.1 times.
2. Phenological shift in coming of fruiting phase of dominating species.
3. Oppression of dominating species and stimulation of growth of *Achnatherum splendens* and *Limonium suffruticosum*.
4. Increase of mortal mass and decrease of rate of decomposition of organic mater.
5. Decrease of ground biomass by 2 times.
6. Increase of depth of root penetration by 27-30 cm.
7. Decrease of mass of underground organs by 1.6-2 times.
8. Increase of average weight of one single of *Halimione verrucifera* by 1.2 times and decrease of average weight of one single of *Halcnum strobilaceum* by 2 times.
9. Terratological transformations of plants were not revealed.

LITERATURE

1. Mc Cormic, I.F., Mc Junkin, R.E.: Interactions of gamma radiation and other environmental stresses upon pine seeds and seedlings. Health Phys. -1985. -V 11.
2. Carr, E. Fetal. In: Prog. In Nucl. Energy, Ser VI. Biol. Scr., V.3. Ed bu J.E. Loutit. R.S. Russel. Pergamon Press., 1961, - 35 p.
3. Shevchenko, V.A.: Genetic consequence for plant populations of radiation pollution. Radioecology, 36, - 4. - 1966. - P. 531-545.
4. Pinchuk, L.B.: Biological influence of small doze ionizing irradiation of low intensity. Radiobiol. Congress: Abstract of paper, Kiev, 1933. - 84 p.
5. Bolukh V.A., Vertical distribution of Cs^{137} in forest ecosystems of Kiev Polesie// Int. scientific and technical conference "Chernobyl – 96". Abstracts. – Zeleny Myss. 1996. - 262 p.

6. Podolsky, V.I.: Adaptation processes under conditions of radiation influence. Ecology, 1996.- №2. - P. 111-116.
7. Arinushkina, E.V.: Guidance for soil chemical analysis. Moscow University, 1962. - 490 p.
8. Arinushkina, E.V.: Guidance for soil chemical analysis. Moscow University, 1970. - 161 p.
9. Agrochemical methods of soils investigation. Under edition of Sokolov, A.V., Moscow, 1975. - 10 p.
10. Kachinsky, N.A.: Physics of soil. P.1. Moscow, 1965. - 323 p.
11. Clements, F.E.: Plant succession and indicators. New York, 1928. - 453 p.
12. Ludi, Die Methoden der Sukzessionsforschung in der Pflanzensoziologie. Handb. Biol. Arbeitsmethoden. Abt. XI. -V 5, 1. - Pflanzengeographische Okologie, Berlin-Wien, 1932.
13. Sukachev, V.N.: About some basic problems of phytocenology. Problems of botany, 1950. - V 1. - P. 449-464.
14. Lavrenko, E.M.: Main appropriateness of vegetation communities and ways of their study. Field geobotany. Moscow, Leningrad, 1954. - V 1. - P. 13-75.
15. Alexandrova, V.D.: Study of vegetation cover changes. Field geobotany, V III, Moscow, Leningrad, 1964. - P. 300-447.
16. Diereschka, H.: Pflanzensoziologie. UTB für Wissenschaft. 683 S. Verlag E. Ulmer, Stuttgart, 1994.
17. Woodwell, G.M.: Effect of ionizing radiation on terrestrial ecosystems. Science, 1962. - V 138, - № 3540.
18. Romanov, G.N.: Radiation stability of living nature. I All-Union Confer. Radiobiological aspects of Chernobyl AES accident consequence: Abstract of paper, Zeleny myss, 1990. - 55 p.
19. Scheglov, A.I. Biogeochemical migration of radionuclides in forest ecosystems// Int. scient.-tech. Conf. "Chernobyl-96", Abstracts - Zeleny myss, 1994. - 156 p.
20. Grodsinsky, D.M. and others: Formation of plant radiobiological reaction. Kiev, 1984. - 216 p.
21. Mavrishev, V.V.: Successional direction of demutational processes in Chernobyl AES zone. Radiobiol. Congress. Abstracts, Kiev, 1993. - 27 p.
22. Grodsinsky D.M. and oth.: Anthropogene radionuclide anomaly and plants. Kiev, 1991. - 158 p.
23. Tikhomirov, F.A.: Influence of ionizing measurements upon ecological systems. Moscow, 1972. - 176 p.
24. Dubinin, N.P.: Population evolution and radiation. Moscow, 1966. - 743 p.
25. Karagodin, V.I.: Problems of post-radiation rehabilitation. Moscow, 1966. - 391 p.
26. Grodsinsky D.M. and others: Forms of radiation destruction of vegetation organism. Radiobiol. Congress: abstracts, Kiev, 1993. - 80 p.
27. Israel J.A. and others: Ecological consequence of natural media pollution in the area of Chernobyl AES accident. Atomic energy, 1988. - 64. - 1. - P 28-40.
28. Francevich L.I. and others: Secondary changes in damaged biocoenosis. Chernobyl catastrophe, Kiev, 1995. - P. 315-320.
29. Timofeev-Resovsky, N.V.: Brief report on evolution theory. Moscow, Science, 1969. - 407 p.
30. Demchuk V. and others: Migration and transformation of radionuclides in soil water system in near zone NPP. Proceedings of the International Symposium on Radioecology. Inaima, 1992. - 14 p.

СЕМЕЙ СЫНАК АЛАНЫНЫН ГАЛОФИТТІК ЭКОСИСТЕМАСЫНЫН КАЛЫПТАСУЫНА РАДИОНУКЛИДТЕРДІН МИГРАЦИЯСЫНЫН ЭСЕРІ

¹Вернер Дж.Г.Д., ²Плисак Р.П., ³Магашева Р.Ю., ⁴Полевик В.В.,
⁵Пономарева Т.М., ⁶Аралбаев Н.К., ⁷Дубинчин П.П., ³Якунин Г.Н., ²Плисак С.В.

¹Биологический факультет университета г.Марбург, Германия

²Казахский Национальный Университет, Алматы, Казахстан

³Институт почвоведения МОН РК, Алматы, Казахстан

⁴Государственный Университет "Семей", Семипалатинск, Казахстан

⁵Павлодарский Государственный Университет, Павлодар, Казахстан

⁶Институт ботаники и фитоинтродукции МОН РК, Алматы, Казахстан

⁷ЗАО "Волховгеология", Алматы, Казахстан

Созылмалы сәулеленудің ұзақ мерзімде аз мөлшерден әсер ету жағдайында Семей полигонның галофиттік экологиялық жүйесінің қалыптастыру ерекшеліктері қарастырылған.

**ВЛИЯНИЕ МИГРАЦИИ РАДИОНУКЛИДОВ НА ФОРМИРОВАНИЕ
ГАЛОФИТНЫХ ЭКОСИСТЕМ СЕМИПАЛАТИНСКОГО ПОЛИГОНА**

¹⁾Вернер Дж.Г.Д., ²⁾Плисак Р.П., ³⁾Магашева Р.Ю., ⁴⁾Полевик В.В.,
⁵⁾Пономарева Т.М., ⁶⁾Аралбаев Н.К., ⁷⁾Дубинчин П.П., ³⁾Якунин Г.Н., ²⁾Плисак С.В.

¹⁾*Биологический факультет университета г.Марбург, Германия*

²⁾*Казахский Национальный Университет, Алматы, Казахстан*

³⁾*Институт почвоведения МОН РК, Алматы, Казахстан*

⁴⁾*Государственный Университет "Семей", Семипалатинск, Казахстан*

⁵⁾*Павлодарский Государственный Университет, Павлодар, Казахстан*

⁶⁾*Институт ботаники и фитоинтродукции МОН РК, Алматы, Казахстан*

⁷⁾*ЗАО "Волховгеология", Алматы, Казахстан*

Рассмотрены особенности формирования галофитных экосистем Семипалатинского полигона в условиях длительного воздействия малых доз хронического излучения.

УДК 597-19+15(574-925.21)

**ИЗМЕНЧИВОСТЬ И СОСТОЯНИЕ ПОПУЛЯЦИЙ ОБЫКНОВЕННОГО ГОЛЬЯНА
(*PHOXINUS PHOXINUS*, CYPRINIDAE, CYPRINIFORMES) В УСЛОВИЯХ
СЕМИПАЛАТИНСКОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПОЛИГОНА И ВНЕ ЗОНЫ ЕГО ВЛИЯНИЯ****Митрофанов И.В., Матмуратов С.А.***Институт зоологии МОН РК, Алматы*

Исследованы популяции обыкновенного гольяна (*Phoxinus phoxinus*) из пяти рек Иртышского и Балхашского бассейнов. Популяция из реки Шаган, находящаяся в зоне влияния СИП, обладает нормальной половой структурой и высокой скоростью роста. Упитанность всех рыб высокая. В популяции в зоне влияния СИП отмечается увеличение изменчивости признаков за счет случайной стохастической составляющей. Аномалии в развитии особей не отмечены, асимметрия билатеральных признаков невысокая.

ВВЕДЕНИЕ

Исследования по оценке состояния ихтиофауны в зоне влияния Семипалатинского Полигона (СИП) продолжают работы по изучению приспособления видов к новым условиям среды. На территории СИП рыбы испытывают неблагоприятное воздействие целого комплекса факторов. Часть из них связана с жесткими природными условиями полигона и недостатком пресной воды в этом районе. Другая часть непосредственно связана с деятельностью человека, в том числе и радиационного фактора. Данные в этом направлении были получены нами в предшествовавшие годы при исследовании популяций ельца и гольцов в водоемах на территории СИП, а также других речных систем востока Казахстана. В развитие этих исследований было необходимо дальнейшее расширение числа индикаторных видов.

Обыкновенный гольян (*Phoxinus phoxinus* (Linnaeus, 1758)) – небольшая по размерам рыба, часто доминирует по численности, уступая по биомассе другим видам. Это один из самых распространенных видов, ареал которого охватывает всю Европу и Сибирь. В Иртышском бассейне обыкновенный гольян распространен повсюду, предпочитая мелкие чистые ручьи и реки. По результатам наших исследований он был обнаружен во всех исследованных реках.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В результате проведения ихтиологических работ в зоне СИП и на прилегающих к нему территориях материал по гольянам отловлен нами в р. Шаган на выходе из гор (верхнее течение), и на ряде контрольных участков, выбранных с учетом гидрологических характеристик рек и состава ихтиофауны.

Верхнее течение р. Шаган: Река имеет характер быстрого горного потока. Мелкие быстрые перекаты (глубина до 0.3 м) и небольшие водопады чередуются с широкими и длинными плесами (длина до 100 м, ширина до 10 м, глубина 1.5-2 м) с замедленным течением. Дно, как правило, каменистое, в затишных местах с тонким слоем ила и небольшим количеством водной растительности.

В качестве контрольных площадок использованы р. Аягуз, Нарын, Баканас и Бугаз. Состав ихтиофауны

всех этих рек слегка различается, однако имеются общие или близкородственные виды. По своим гидрологическим характеристикам р. Аягуз, Баканас и Бугаз довольно близки между собой и аналогичны р. Шаган.

Р. Бугаз берет начало в Тарбагатайских горах. Питание ледовое. Имеет характер быстрого горного потока. Глубокие плесы до 2 м чередуются с очень быстрыми более мелкими перекатами. Относится к Иртышскому бассейну. Однако, до р. Иртыш в настоящее время не доходит.

Р. Аягуз берет начало в горах Тарбагатай и имеет смешанное снеговое и ледовое питание. Исследована в среднем течении, где имеет характер быстрого потока. Ярко выраженных плесов и перекатов нет. Однако есть более глубокие места (до 2 м) с замедленным течением. Встречаются заводи почти без течения или с обратным течением.

Р. Баканас – правый приток р. Аягуз берет начало в горах Кан-Чингиз, и его истоки в верховьях смыкаются с истоками Шагана. Тип питания и расходов воды в р. Баканас и Шаган полностью идентичны. Широкие и очень мелкие перекаты (до 30 см глубины) чередуются с относительно спокойными и длинными плесами. Глубина плесов не превышает 1 м, длина до 50 м, ширина 5-10 м. За перекатами и небольшими водопадами встречаются глубокие ямки с глубиной до 1.5-2.0 м, но не более 2-3 м в поперечнике.

Р. Нарын – левый приток р. Аягуз берет начало в невысоких отрогах Джунгарского Алатау. Имеет в основном родниковое питание. Расход воды сильно зависит от выпадающих осадков. Течение не постоянное, ширина не более 1.0-1.5 м., глубина до 50 см. Встречаются отдельные ямы с глубиной до 1 м.

Рыба отлавливалась с помощью мелкоячеистых жаберных сетей, мальковой волокуши и рыболовного сака. Отловленные рыбы фиксировались на месте раствором 4% нейтрального формалина с предварительной префиксацией в 1% растворе нейтрального формалина в течение 2-4 часов. Всего исследовано 96 особей рыб. Основные промеры проведены по И. Ф. Правдину [9] с учетом особенностей внешней морфологии гольянов [1,6]. Билатеральные меристические признаки учитывались отдельно для ле-

вой и правой сторон. Возраст рыб определяли по Н. И. Чугуновой [10] с использованием в качестве регистрирующих структур плоских костей дермато-краниума. Определение скорости роста и упитанности по общепринятым методикам [9]. Методики изучения изменчивости и нестабильности индивидуального развития приведены в нашей предыдущей работе [4]. При исследовании популяционного разнообразия морфологические характеристики популяций оценивались на основе традиционного популяционного математического анализа [3]. Оценка достоверности различий проводилась на основе процедуры ANOVA. Все расчеты проведены с применением прикладного пакета "Statistica" 6.0.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Обыкновенный гольян из р. Шаган отличается от всех остальных исследованных популяций чуть более коротким хвостовым стеблем. Других значимых различий нами не отмечено. Между выборками 1993 и 2000 гг. значительных различий также нет (Табл. 1). Можно отметить только небольшие различия в размере глаза. Однако это может быть связано с размером исследованных особей, так как известно, что размерные различия по этому признаку могут быть очень значительны.

Максимальные размеры обыкновенного гольяна в исследованных водоемах обычно не превышают 6 см и вес до 3 грамм. Очень редко встречаются особи до 6-7 грамм весом и размером до 8 см. Такие особи отмечены нами только в р. Аягуз (Табл.2). Соотношение количества самцов и самок в популяциях обычно со значительным преобладанием самок. Только в р. Шаган в 1993 г. было отмечено ано-

мально высокое количество самцов, что свидетельствует о нарушении нормальной половой структуры популяции. Однако уже в 2000 г в этой реке наблюдается нормальная половая структура популяции с количественным преобладанием самок над самцами. Возраст исследованных рыб от 3 до 5 полных лет. Изредка встречаются 6-летние особи (отмечены в р. Бугаз и Шаган).

Упитанность гольянов из разных рек изменяется незначительно. Максимальная упитанность отмечена у гольянов из р. Бугаз. В 2000 г в р. Шаган упитанность гольянов была несколько больше, чем в 1993 г., однако эти различия невелики. Упитанность самцов по Кларку как правило заметно больше, чем самок (Табл. 3).

Растут гольяны медленно. Обычно годовые приросты составляют около 10 миллиметров. Максимальная скорость роста отмечена у гольянов из р. Аягуз. Минимальная скорость роста отмечена у гольянов из р. Шаган 1993 г сбора. К 2000 г скорость роста гольянов несколько увеличивается в этой реке и становится обычной для этого вида в бассейне Иртыша (Рис. 1). В р. Нарын и Баканас скорость роста гольяна одинакова и находится на хорошем для вида уровне. В р. Бугаз скорость роста заметно ниже, чем в остальных исследованных реках. За семь лет в р. Шаган полностью сменилось одно поколение гольянов, и скорость их роста заметно увеличилась. Это однозначно свидетельствует о зависимости показателей роста в первую очередь от условий существования и невысоком уровне наследуемости этого признака.

Таблица 1. Таксономические признаки обыкновенного гольяна из исследованных водоемов

Признаки	Аягуз, 1999 n=17	Баканас, 2001 n=10	Бугаз, 1994 n=8	Нарын, 2001 n=14	Шаган, 1993 n=37	Шаган, 2000 n=10
pl	26,96±0,331	26,75±0,63	27,61±0,45	26,92±0,30	25,55±0,26	25,68±0,43
lc	25,31±0,164	27,12±0,47	26,07±0,26	25,68±0,17	26,65±0,16	26,24±0,24
o	6,35±0,126	7,50±0,17	6,85±0,26	7,27±0,12	6,61±0,08	7,34±0,19
ht/h	91,56±1,919	95,90±2,02	89,88±2,13	97,15±1,60	91,21±1,54	94,84±1,96
D	7,00±0,000	6,90±0,10	7,13±0,13	7,07±0,07	6,97±0,03	6,80±0,13
A	6,94±0,059	6,80±0,13	7,00±0,00	7,00±0,00	6,95±0,04	6,80±0,13
P	14,35±0,147	14,60±0,31		14,86±0,14		13,90±0,48
V	7,00±0,000	7,00±0,00		7,21±0,11		7,10±0,10
sp. br.	8,24±0,136	6,90±0,10	9,75±0,37	8,29±0,19	8,68±0,19	10,10±0,48
vertebra	38,00±0,210	38,10±0,41		38,21±0,24	39,03±0,15	38,90±0,46

Примечание: pl – длина хвостового стебля; lc – длина головы; o – диаметр глаза; ht/h – толщина хвостового стебля в процентах от его высоты; D – количество мягких разветвленных лучей в спинном плавнике; A – количество мягких разветвленных лучей в анальном плавнике; P – количество мягких разветвленных лучей в левом грудном плавнике; V – количество мягких разветвленных лучей в левом брюшном плавнике; sp. br. – количество жаберных тычинок на внутренней стороне первой левой жаберной дуги; vertebra – общее количество позвонков.

Таблица 2. Максимальные размеры и половая структура популяций обыкновенного гольяна

	I (mm) maximum	Q (g) maximum	q (g) maximum	Соотношение самцы:самки	As
Шаган, 1993	55,00	2,55	2,05	2:1	
Шаган, 2000	55,42	2,60	2,00	1:4	0.30
Аягуз, 1999	74,42	6,50	4,60	1:5	0.14
Нарын, 2001	57,15	2,80	2,20	1:1	0.31
Баканас, 2001	58,37	2,50	1,90	1:2	0.20
Бугаз, 1994	55,50	3,07	2,37	1:2	

Примечание: I (mm) – стандартная длина тела от конца рыла до окончания чешуйного покрова в миллиметрах; Q (g) – полный вес тела в граммах; q (g) – вес тела без внутренностей в граммах; As – показатель асимметрии.

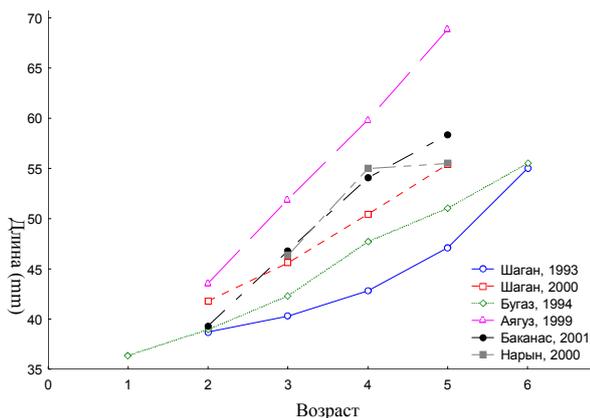


Рисунок 1. Скорость роста обыкновенного гольяна

Никаких отклонений во внешней морфологии гольянов из р. Шаган нами не обнаружено. У двух гольянов из р. Аягуз отмечается горбоносый профиль головы (Рис. 2) с несколько укороченной верхней челюстью. Для гольянов подобные aberrации регистрируются впервые для Казахстана. Аналогичные нарушения строения головы были отме-

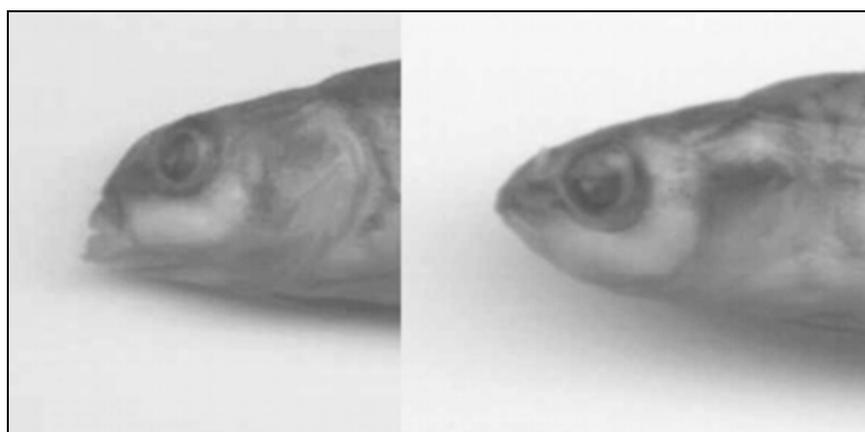
чены также у гольцов из этой реки. В р. Баканас отмечено две особи с ненормальным развитием плавников. Лучи плавников искривлены и укорочены, их количество сокращено. Перепонка между лучами несколько утолщена. Нарушения в строении плавников, вплоть до полной редукции брюшных плавников отмечались в р. Баканас и в 1960-х годах [5]. Других отклонений во внешней морфологии гольянов не обнаружено.

Показатели асимметрии относительно невысокие у всех исследованных популяций. Максимальные значения отмечены в р. Шаган и Нарын. Показатель асимметрии на уровне 0.30 характерен для популяций, обитающих в условиях хронического невысокого загрязнения. В р. Аягуз и Баканас показатели асимметрии равны 0.14 и 0.20 соответственно (Табл. 2). Такие значения характерны для популяций с нормальной генетической структурой, обитающих в оптимальных условиях, без негативного влияния загрязнения водоемов.

Таблица 3. Биологические признаки обыкновенного гольяна

		n	l (mm)	Q (g)	q (g)	Fulton	Clark
Шаган 1993	♂	25	44,11±0,80	1,33±0,09	1,05±0,07	1,51±0,03	1,19±0,02
	♀	11	44,02±1,09	1,25±0,13	0,91±0,09	1,42±0,09	1,03±0,05
Шаган 2000	♂	2	41,95±0,17	1,10±0,10	0,90±0,10	1,49±0,12	1,22±0,12
	♀	8	48,46±1,32	1,74±0,17	1,33±0,13	1,49±0,03	1,14±0,03
Бугаз, 1999	♂	3	47,60±2,69	2,05±0,37	1,63±0,26	1,85±0,05	1,48±0,01
	♀	5	42,66±3,66	1,50±0,43	1,18±0,33	1,76±0,04	1,39±0,04
Аягуз, 1999	♂	3	44,11±1,82	1,07±0,12	0,93±0,09	1,24±0,06	1,09±0,05
	♀	14	57,61±1,89	3,13±0,35	2,31±0,24	1,55±0,03	1,15±0,02
Баканас, 2001	♂	3	43,37±2,06	1,13±0,18	0,90±0,10	1,36±0,04	1,10±0,04
	♀	7	49,87±1,85	1,67±0,16	1,27±0,13	1,34±0,07	1,02±0,05
Нарын, 2001	♂	6	44,94±0,84	1,40±0,11	1,15±0,08	1,53±0,05	1,26±0,03
	♀	8	50,74±1,47	2,04±0,19	1,60±0,15	1,54±0,07	1,21±0,04

Примечание: l (mm) – стандартная длина тела от конца рыла до окончания чешуйного покрова в миллиметрах; Q (g) – полный вес тела в граммах; q (g) – вес тела без внутренностей в граммах; Fulton – упитанность по Фултон; Clark – упитанность по Кларк.



а – горбоносый профиль головы

б - нормальный

Рисунок 2. Форма головы гольянов

ИЗМЕНЧИВОСТЬ И СОСТОЯНИЕ ПОПУЛЯЦИЙ ОБЫКНОВЕННОГО ГОЛЬЯНА (PHOXINUS PHOXINUS, CYPRINIDAE, CYPRINIFORMES) В УСЛОВИЯХ СЕМИПАЛАТИНСКОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПОЛИГОНА И ВНЕ ЗОНЫ ЕГО ВЛИЯНИЯ

Таблица 4. Показатели изменчивости обыкновенного гольяна из исследованных водоемов

		M_d	σ^2	σ_d^2	σ_s^2	$cov_{l,r}$	$P(\sigma_s^2)$	As
Шаган, 2000	P	0.60	2.01	2.93	1.32	0.69	65.67	0.30
	V	0.10	0.76	1.44	0.65	0.11	85.52	0.10
	Sp.br.	0.50	2.74	0.94	0.42	2.32	15.33	0.50
Аягуз, 1999	P	0.12	0.40	0.17	0.08	0.32	20.00	0.12
	V	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00
	Sp.br.	0.31	0.43	0.38	0.18	0.25	41.86	0.31
Баканас, 2001	P	0.30	0.93	0.50	0.22	0.71	23.66	0.30
	V	0.10	0.04	0.10	0.04	0.00	100.00	0.10
	Sp.br.	0.20	0.89	0.42	0.19	0.70	21.35	0.20
Нарын, 2001	P	0.36	0.39	0.36	0.17	0.22	43.59	0.36
	V	0.14	0.14	0.13	0.06	0.08	42.86	0.14
	Sp.br.	0.50	0.99	1.19	0.55	0.44	55.55	0.43

Примечания: P – количество мягких разветвленных лучей в грудных плавниках; V – количество мягких разветвленных лучей в брюшных плавниках; sp. br. – количество жаберных тычинок на внешней стороне первых жаберных дуг; M_d – различие в значениях признака на левой и правой сторонах тела; σ^2 – общая дисперсия признака; σ_d^2 – дисперсия флуктуирующей асимметрии признака; σ_s^2 – случайная дисперсия признака; $cov_{l,r}$ – ковариация значений признака; $P(\sigma_s^2)$ – доля случайной составляющей в общей дисперсии признака; As – показатель асимметрии признака.

Исследование изменчивости билатеральных признаков гольянов показало значительное увеличение изменчивости у рыб из р. Шаган. По признаку "количество ветвистых лучей в грудных плавниках" для гольянов из р. Шаган отмечается очень высокий показатель общей изменчивости – 2.01. Это много больше, чем во всех остальных исследованных популяциях. При этом показатель генетической изменчивости находится на обычном уровне. Увеличение изменчивости произошло полностью за счет увеличения стохастической составляющей (Табл. 4). По признаку "количество ветвистых лучей в брюшных плавниках" также у гольянов из р. Шаган отмечается увеличение общей изменчивости за счет значительного увеличения стохастической составляющей (Табл. 4).

По признаку "количество жаберных тычинок" наблюдается обратная картина. Так же отмечается значительное увеличение общей изменчивости – 2.74. Однако в этом случае заметно увеличиваются обе ее составляющие, причем генетическая составляющая изменчивости увеличивается значительно (Табл. 4).

Признаки "количества лучей в плавниках" обычно считаются довольно жестко детерминированными геномом и относятся к признакам с высокой степенью наследуемости, и влияние внешней среды на фенотипическое проявление признака незначительным [2]. Признак "количества жаберных тычинок", наоборот, достаточно сильно может зависеть от конкретных условий окружающей среды. То есть у него генетически заложена гораздо более широкая норма реакции. Таким образом, наблюдаемое разно-

образие по количеству жаберных тычинок, скорее всего, является нормальным проявлением внутреннего разнообразия популяции, а изменчивость количества лучей в плавниках является проявлением негативного влияния среды.

Аналогичные результаты по анализу изменчивости признаков были получены нами ранее для ельцов [7, 8] и голецов [4] на территории СИП. У этих видов также отмечалась увеличение стохастической составляющей изменчивости билатеральных признаков при увеличении их асимметрии и зачастую при сокращении генетической изменчивости. Это свидетельствует о влиянии на все виды единого фактора.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В целом популяция гольянов в р. Шаган в зоне влияния СИП отличается несколько повышенной асимметрией билатеральных признаков, при общем невысоком уровне асимметрии. Также отмечается значительное увеличение случайной "стохастической" составляющей общей изменчивости. В то же время генетическое разнообразие популяции из р. Шаган остается на уровне контрольных популяций из р. Баканас и Нарын. Показатели асимметрии для популяции из р. Шаган, а также скорости роста и упитанности находятся на среднем для вида уровне. Отклонений во внешней и внутренней морфологии у гольянов из р. Шаган также не отмечено. Все это свидетельствует о нормальном состоянии популяции. Единственным свидетельством негативного влияния полигона может служить только увеличение случайной составляющей общей изменчивости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Берг Л. С. Рыбы пресных вод СССР и сопредельных стран. М.-Л. - 1949. - Часть 2. С- 469-926.
2. Кирпичников В. С. Изменчивость и наследуемость морфологических признаков рыб. Генетические основы селекции рыб. – Л: Наука. - 1979. С 136-146.
3. Лакин Г.Ф. Биометрия. - М. - 1990. - 352 с.
4. Матмуратов С. А., Митрофанов И. В. Морфо-экологическая изменчивость голецов (Balitoridae, Nemaheilus) в условиях зоны влияния Семипалатинского Испытательного полигона // Радиоэкология, охрана окружающей среды. Вестник НЯЦ РК. - 2002. - Вып. 3. - С 85-89.
5. Митрофанов В. П., Распространение и систематика видов рода Phoxinus в Казахстане. Биологические науки - Алма-Ата. - 1973. - Вып. 5. - 144- 151.

6. Митрофанов В. П., Митрофанов И. В., Род Phoxinus Agassiz, 1835 – Гольян. Рыбы Казахстана. - 1987. - Т. 2. – С. 123- 144.
7. Митрофанов И. В., Матмуратов С. А. Состояние популяций рыб в водоемах, прилегающих к Семипалатинскому полигону // Сб. "Радиоэкологическая обстановка на территории Республики Казахстан". – Алматы - 1997. - С. 111-120.
8. Митрофанов И. В., Матмуратов С. А. Характеристика ихтиофауны в водоемах зоны влияния Семипалатинского полигона // Материалы конференции "Современные проблемы экологии Центрального Казахстана". – Караганда. - 1996. - С. 53-58.
9. Правдин И.Ф., 1966. Руководство по изучению рыб. - М. - 1966. – 376 с.
10. Чугунова Н.И., 1952. Методики изучения возраста и роста рыб. - М. - 1952. - 115 с.

КӘДІМГІ ГОЛЬЯН (PHOXINUS PHOXINUS) ПОПУЛЯЦИЯСЫНЫҢ СЕМЕЙ СЫНАҚ ПОЛИГОННЫҢ ЖАҒДАЙЫНДАҒЫ ӨЗГЕРІШТІГІ ЖӘНЕ КҮЙІ

Митрофанов И.В., Матмуратов С.А.

ҚР БҒМ Зоология институты, Алматы

Иртыш және Балхаш бассейніндегі бес өзеннен (*Phoxinus phoxinus*) балығының популяциялары зерттелінген. Семей сынақ полигоны (ССП) аймағындағы Шаған өзеннің мекендейтін популяциясының жыныс құрамы әдеттегі нормалық жағдайда және өсу шапшандылығы жоғары күйінде табылды. Барлық балықтардың толықтығы жоғары деңгейде. ССП әсеріндегі популяцияларында әртүрлік нышандарының кездейсоқ стохастик құрамы себебінен ұлғаюы білінеді. Жеке организмдердің аномальдық дамуы анықталмайды, билатеральдық асимметриясы биік емес.

VARIABILITY AND CONDITION OF COMMON MINNOW (PHOXINUS PHOXINUS, CYPRINIDAE, CYPRINIFORMES) ON THE SEMIPALATINSK RANGE AND OUT OF ITS INFLUENCE

I.V. Mitrofanov, S.A. Matmuratov

Institute of Zoology, Almaty

Populations of common minnow (*Phoxinus phoxinus*) from five rivers of Irtysh and Balkhash basins were investigated. Population from the Shagan river situated inside area of Semipalatinsk Range influence. This population has normal sexual structure and high growth rate. Condition factor of all fishes is high. Population from Semipalatinsk Range has increased variability of characteristics due to increasing of stochastic part of general variability. Abnormalities of external fish morphology are not observed in this area. Asymmetry of bilateral characteristics is low.

УДК 591.524 (574.41)

**ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ СООБЩЕСТВА
ПЛАНКТОННЫХ РАКООБРАЗНЫХ ВОДОЕМОВ ЗОНЫ СИП В 2002 г.**

Стуге Т.С., Матмуратов С.А., Крупа Е.Г., Акбердина Г.Ж.

Институт зоологии МОН РК, Алматы

Исследован зоопланктон водоемов зоны Семипалатинского испытательного полигона в летний и осенний периоды 2002 г. Приводятся данные детального обследования водоемов системы р. Шаган от её верхнего течения до низовьев. Даются сведения по видовому разнообразию, распределению, численности и биомассе планктонных ракообразных, половой и возрастной структуре доминантов, плодовитости массовых видов и сезонным изменениям этих параметров. Состояние сообщества охарактеризовано по ряду рассчитанных информационных показателей, описываются фаунистические комплексы на исследованных участках.

В продолжение работ по изучению фауны планктонных ракообразных водоемов зоны Семипалатинского испытательного полигона (СИП) в июне-июле 2002 г по расширенной сетке гидробиологических станций (всего 26) детально обследованы водоемы системы р. Шаган от её верхнего течения до низовья, а также два водотока горного массива Дегелен – р. Узунбулак и водоток Д-2. В сентябре отбор проб проводили по сокращенной сетке из 7 станций. Общее количество собранных и обработанных проб – 44, из них количественных проб 33, качественных – 11, в том числе 2 сбора среди зарослей мягкой водной растительности. Для количественных ловов зоопланктона, как и в прежние годы, использовали планктонную сеть Джеди (малая модель, мельничный газ № 72). Пробы фиксировали 40%-ным формалином. Камеральную обработку проб проводили общепринятыми методами [1,2]. Определяли ряд информационных показателей: индекс плотности (значимости), индексы видового разнообразия Маргалефа и Шеннона, показатель трофической структуры, коэффициент видового сходства, индекс сапробности Пантле-Букка [3-6].

В 2002 г. отмечен дальнейший рост минерализации исследованных водоемов. Соленость воды в верховье р. Шаган летом составляла в среднем 802 мг/л, осенью – 937 мг/л, в низовье она была очень высокой и колебалась от 10,7 до 20,3 г/л. В водохранилище Шаган показатели изменялись от лета к осени с 35,9 до 41,0 г/л, в Атомном озере минерализация составляла 12,9, в р. Ащису – 22,2 г/л. В водотоках массива Дегелен показатели вариировали по станциям и сезонам от 262 до 501 мг/л.

По результатам съемки 2002 г. в состав сообщества ракообразных входят 60 видовых таксонов, относящихся к 35 родам и 8 семействам двух система-

тических групп – н/отряда Cladocera (ветвистоусые) и отряда Copepoda (веслоногие). Ветвистоусые представлены 37 видами, веслоногие 23 видами, в т. ч. Calanoida – 4, Cyclopoida – 17, Harpacticoida – 2. Кроме того, в планктонных пробах присутствовали обитатели придонного слоя воды – ракушковые рачки Ostracoda (Табл. 1). Впервые для зоны полигона указываются два вида кладоцер *C. setosa* и *S. gammneri* и четыре вида циклопов – *C. scutifer*, *D. languidoides*, *C. bicolor* и *Thermocyclops* sp. По видовому разнообразию преобладали ветвистоусые ракообразные из семейства Chydoridae (36% от общего числа видов).

В условиях нарастающей солености наибольшей частотой встречаемости характеризовались обитатели соленых континентальных вод и эвригалинные виды пресноводного происхождения. У ветвистоусых в летнее время это *C. sphaericus* (48,6%), *A. pana* (32,4%), *A. harpae* (29,7%), *M. mongolica* (29,7%), осенью к ним добавляется *D. galeata* (42,8%); у веслоногих летом харпактициды (51,3%), *A. salinus* (32,4%), *E. affinis* (29,7%), осенью возрастает роль *A. dengizicus* (57,1%). Широкое распространение имели также циклопы *E. serrulatus* (27,0%) и *M. viridis* (24,3%), обнаруженные на 5 – 6 участках. Ракушковые рачки встречались во всех водоемах, кроме Атомного озера. Больше половины выявленных видов (52%) обнаружены лишь на одной-двух станциях.

Различие экологических условий в водоемах (уровень минерализации, степень проточности, радиационная ситуация, температура воды и др.) обусловили большую разницу в видовом составе, количественном развитии и состоянии сообщества ракообразных на исследованных участках.

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ СООБЩЕСТВА ПЛАНКТОННЫХ РАКООБРАЗНЫХ ВОДОЕМОВ ЗОНЫ СИП В 2002 г.

Таблица 1. Состав и распределение планктонных ракообразных в водоемах зоны СИП, лето-осень 2002г.

Название таксона	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cladocera										
<i>Daphnia longispina</i> O.F. Muller, 1785	+	+								+
<i>D. galeata</i> Sars, 1864	+	+						+		
<i>D. pulex</i> Leydig, 1860										+
<i>Daphnia</i> sp.		+								
<i>Simocephalus vetulus</i> (O.F. Muller, 1776)	+	+						+		+
<i>Ceriodaphnia reticulata</i> (Jurine, 1820)		+								
<i>C. quadrangula</i> (O.F. Muller, 1785)	+	+								
<i>C. setosa</i> Matile, 1890									+	
<i>Scapholeberis mucronata</i> (O.F. Muller, 1776)								+		
<i>S. rummneri</i> Dumont, Pensaert, 1983										+
<i>Moina mongolica</i> Daday, 1901			+	+	+	+	+			
<i>M. macrocopa</i> (Straus, 1820)					+					
<i>Moina</i> sp.	+									+
<i>Eurycerus lamellatus</i> (O.F. Muller, 1785)	+	+								
<i>Acroperus harpae</i> (Baird, 1834)	+	+								
<i>Campocercus rectirostris</i> Schoedler, 1862	+									
<i>Pleuroxus aduncus</i> (Jurine, 1820)	+	+								
<i>P. trigonellus</i> (O.F. Muller, 1785)	+	+								
<i>P. uncinatus</i> Baird, 1850	+									
<i>P. truncatus</i> (O.F. Muller, 1785)		+								
<i>Pleuroxus</i> sp.		+								
<i>Alona guttata</i> Sars, 1862	+	+						+		+
<i>A. costata</i> Sars, 1862	+	+						+		
<i>A. rectangula</i> Sars, 1862	+	+								
<i>A. quadrangularis</i> (O.F. Muller, 1785)	+	+								
<i>Alona</i> sp.	+									
<i>Alonella nana</i> (Baird, 1850)	+	+						+		
<i>A. exiqua</i> (Lilljeborg, 1853)	+	+								
<i>A. excisa</i> (Fischer, 1854)	+									
<i>Biapertura affinis</i> (Leydig, 1860)	+									
<i>Disparalona rostrata</i> (Koch, 1841)	+							+		
<i>Chydorus sphaericus</i> (O.F. Muller, 1785)	+	+	+					+	+	+
<i>Pseudochydorus globosus</i> (Baird, 1893)		+								
<i>Oxyurella tenuicaudis</i> (Sars, 1862)								+		
<i>Monospilus dispar</i> Sars, 1862	+									
<i>Ilyocryptus sordidus</i> (Lievin, 1848)	+									
<i>Bosmina longirostris</i> (O.F. Muller, 1785)								+		+
Copepoda										
<i>Acanthodiptomus denticornis</i> (Wierzeisky, 1887)	+	+								
<i>Arctodiptomus salinus</i> (Daday, 1885)		+		+	+	+	+			
<i>Eurytemora affinis</i> (Poppe, 1880)			+	+		+	+			
<i>Diaptomus</i> sp.	+									
<i>Macrocyclus albidus</i> (Jurine, 1820)	+									+
<i>Paracyclops fimbriatus</i> (Fischer, 1853)	+							+		
<i>Eucyclops serrulatus</i> (Fischer, 1851)	+	+						+	+	+
<i>E. speratus</i> (Lilljeborg, 1901)								+		
<i>E. denticulatus</i> (Graeter, 1903)	+									
<i>E. macruroides</i> (Lilljeborg, 1901)	+									
<i>Cyclops scutifer</i> Sars, 1863		+								
<i>Megacyclops viridis</i> (Jurine, 1820)	+	+				+		+	+	+
<i>Acanthocyclops</i> sp.	+									+
<i>Apocyclops dengizicus</i> (Lepeschkin, 1900)	+	+	+	+	+	+	+			+
<i>Diacyclops bisetosus</i> (Rahberg, 1880)	+									
<i>D. languidoides</i> (Lilljeborg, 1901)						+	+			
<i>Diacyclops</i> sp.								+		
<i>Cryptocyclops bicolor</i> (Sars, 1863)	+									
<i>Microcyclops</i> sp.	+									
<i>Mesocyclops leuckarti</i> (Claus, 1857)	+									
<i>Thermocyclops</i> sp.	+									
<i>Cletocamptus retrogressus</i> (Shmankewitch, 1875)			+	+		+	+	+		
<i>Harpacticoida</i> gen. sp.	+								+	
Ostracoda										
Всего	41	27	5	5	4	8	6	16	6	14

Примечание. Участки системы: 1 – верховье р. Шаган, 2 – карьер, 3 – р. Ацису, 4 – в-ще Шаган, 5 – Атомное озеро, 6 – р. Шаган, 1,5 км ниже в-ща, 7 – р. Шаган, 5,0 км ниже в-ща, 8 – низовья р. Шаган, 9 – р. Узунбулак (г. Дегелен), 10 – водоток Д-2 (г. Дегелен).

Верховье р. Шаган. Этот участок реки имеет слабую минерализацию воды и характеризуется наибольшим видовым разнообразием. Летом здесь найдено 35 видов ракообразных (по 6-13 видов на отдельных станциях). Выявлены изменения в видовом составе по сравнению с 2001 г. Так, прошлогодний доминант *B. longirostris* в 2002 г. вообще не зарегистрирован в верхнем течении реки. Из ветвистоусых на этом участке доминирует *Alona* sp. с численностью от 417 до 1167 экз./м³, биомассой от 17,9 до 50,2 мг/м³, составляя соответственно до 28,7% численности и до 58,9% общей биомассы ракообразных. Заметную роль играет также *A. harpae* (60-667 экз./м³, 2,1-23,3 мг/м³). Осенью доминировали по численности мелкие рачки *A. nana* – 1000 экз./м³, высокие показатели сохраняла *Alona* – 660 экз./м³. Несколько ниже была численность дафний и цериодафний – по 330 экз./м³, однако дафнии в силу своих крупных размеров доминировали по биомассе – 118,1 мг/м³.

У веслоногих явного доминирования какого-либо вида по всему верховью не выражено, отмечено лишь обильное развитие криптоциклопа *C. bicolor* – 344 экз./м³ (30,1% от общей численности) на одном участке. По всему верховью в планктонных пробах присутствовали Ostracoda, достигая на некоторых станциях высокой численности – до 333-2917 экз./м³. На всех станциях верховья ветвистоусые ракообразные по численности и биомассе преобладают над веслоногими, на нескольких - руководящей группой были остракоды. При выявлении фаунистических комплексов для этого участка реки наиболее высокая величина индекса значимости получена для Ostracoda – 51,4, и состав летнего сообщества планктонных ракообразных в верховье р. Шаган классифицируется как фаунистический комплекс "Ostracoda" с субдоминантными видами *Alona* sp. (индекс значимости 37,6) и *A. harpae* (индекс значимости 24,9). Осенью на участке наблюдалась более высокая плотность копепоидных и науплиальных стадий веслоногих ракообразных – до 10,0 тыс. экз./м³, взрослые особи циклопов и диаптомов встречались единичными экземплярами. Таким образом, в отличие от лета, преобладающей группой по численности становятся копеподы (71,4%), клadoцеры сохраняют ведущую роль только по биомассе (63,6%). Ракушковые рачки осенью по численности и биомассе уступают другим группам ракообразных, в то время как летом они составляли основу фаунистического комплекса. Осенью в верховье развит фаунистический комплекс "D. Longispina" с индексом значимости доминирующего вида 108,6.

Карьер, верховье р. Шаган. Показатели развития сообщества в этом непроточном водоеме существенно отличаются от речных. Общее число видов ракообразных в карьере летом – 18, из них 14 – ветвистоусые рачки. По сравнению с прошлым годом состав доминантов изменился. Вместо крупных видов *D. longispina* и *E. lamellatus* доминируют мелкие

хидориды *A. harpae*, составляя до 23,2% общей биомассы ракообразных. Из крупных ракообразных заметную роль в создании биомассы играют *S. vetulus* (16,4%) и *D. galeata* (12,1%). Веслоногие представлены 4 видами, основную часть популяций в это время года составляют личиночные стадии циклопов и арктодиаптомуса. Общая численность копепоид здесь выше, чем у клadoцеров (79,5% против 20,5%), хотя по биомассе они уступают последним. В водоеме сформировался фаунистический комплекс "A. harpae-E. serrulatus" со сходными величинами индекса значимости руководящих видов – 36,6 и 35,1. Субдоминировали в этом комплексе *S. vetulus* (21,5) и *M. viridis* (16,6). Общая численность организмов в карьере возрастает в 4,5 раза по сравнению с рекой при величинах биомассы одного порядка – 60,86 и 36,78 мг/м³.

К осени в развитии сообщества ракообразных в карьере произошли, по сравнению с летним периодом, разительные перемены. На уровне сохранения довольно высокого видового разнообразия (15 видов) количественные показатели развития организмов возрастают на несколько порядков, чему способствовали, вероятно, существенное сокращение к концу лета объема воды в этом непроточном изолированном водоеме и, как следствие, хорошая прогреваемость водной толщи. В группе ветвистоусых в сентябре доминируют дафнии (66,0% численности и 87,2% биомассы), абсолютные показатели их самые высокие за время наблюдений на территории СИП – 62,67 тыс. экз./м³ и 7,83 г/м³. Из других ветвистоусых обильно развиваются также симоцефалы, цериодафнии и хидорусы с примерно равной численностью в пределах 600-700 экз./м³. В группе веслоногих высокую численность имеют циклопы (свыше 25%), но доля их в биомассе невелика (всего 2,32%), так как они представлены в основном личиночными стадиями. Вместо *A. salinus*, в осенний период в карьере развивается крупный рачок *A. densicornis*, численность его достигает 4,33 тыс. экз./м³ (4,5%), а биомасса 576,89 мг/м³. Общая биомасса организмов в карьере осенью самая высокая из всех водоемов – 8,81 г/м³. Как и в самой реке, основным фаунистическим комплексом здесь является комплекс "D. Longispina" с чрезвычайно высоким показателем индекса значимости доминантного вида – 877,03. Среднее течение реки представлено водоемами с различной минерализацией воды и степенью радиационной нагрузки.

Р. Ащису. Вследствие высокой солености воды (22,27 г/л) видовое разнообразие в этом притоке р. Шаган снизилось по сравнению с прежними годами и составляло всего 5 видов. Основу клadoцерного комплекса создает галофил *M. mongolica*, численность вида высокая – 7,37-64,67 тыс. экз./м³, биомасса 0,38-3,81 г/м³. Благоприятные условия для развития в р. Ащису находит солелюбивый вид циклопов *A. dengicus*, численность его на этом участ-

ке возрастает до 7400 экз./м³. Доминирующим видом веслоногих в р. Ащису является каланоида *E. affinis* с численностью 94,0 тыс.экз./м³ и биомассой 1,8 г/м³ (85,3 и 79,9% от общей численности и биомассы ракообразных). По показателям индекса значимости здесь выделяется фаунистический комплекс "*M. mongolica*-*E. affinis*" с очень высокими величинами индексов – 457,9 и 397,3 соответственно. Субдоминирует *A. dengizicus* с индексом значимости 78,2.

Водохранилище Шаган. Количество видов ракообразных в водоеме сократилось по сравнению с прошлым годом еще на 2. В сравнении с многоводным периодом в середине 90-х годов прошлого века видовое разнообразие уменьшилось более, чем в три раза (с 17 до 5 видов). В условиях солености свыше 35 г/л ветвистоусые рачки представлены всего одним видом *M. mongolica*. Плотность особей на кубометр в популяции моин варьировала от 162,7 до 204,9 тыс.экз./м³. Средние показатели по акватории выше прошлогодних по численности в 8,7 и по биомассе в 7,5 раза. В июле популяция моин была представлена партеногенетическими самками, самцами и молодью. Основную часть популяции составляла молодь (66,0%), на самок приходилось 29,3%, самцы составляли в среднем 4,7%. Эфиопиальные самки отсутствовали. Плодовитость партеногенетических

самок изменялась от 3 до 10 эмбрионов на особь, в среднем 5,5. По литературным данным в яйцевых камерах у этого вида образуется не более четырех яиц. По показателям численности и биомассы моина в 2002 г. становится абсолютным доминантом, вытесняя арктодиаптомуса.

Веслоногие в водохранилище представлены 3 видами, высоким обилием характеризуется популяция арктодиаптомуса. Общая численность особей вида изменяется от 15,85 до 62,52 тыс.экз./м³, средняя численность понизилась по сравнению с прошлогодней в 4,7 раза, биомасса варьировала от 1,88 до 5,37 г/м³, что существенно ниже показателей 2001 г. (7,27 – 10,11 г/м³). Плодовитость самок арктодиаптомуса в водохранилище высокая, в среднем 21 яйцо при диапазоне колебаний от 12 до 31 яйца. По сравнению с прошлым годом плодовитость арктодиаптомуса в водохранилище возросла более, чем вдвое. В таблице 2 представлен состав популяции *A. salinus*. Видно, что преобладающей группой в июле были копеподитные стадии. В среднем молодые особи преобладали над взрослой частью популяции в 1,35 раза. Как и во все годы наблюдений, популяция в июле 2002 г. характеризовалась очень малым количеством самцов по отношению к самкам, в среднем 1 : 0,29.

Таблица 2. Состав популяции *A. salinus* в водохранилище Шаган в 2002г., тыс.экз./м³

Станции	Самки	Самцы	Копеподиты	Науплии	++ : >>	ad. : juv.	Общая численность
в-ще Шаган, лето							
1	7,23	2,90	11,50	6,50	1 : 0,40	1 : 1,77	28,13
2	23,37	6,05	26,83	6,27	1 : 0,26	1 : 1,12	62,52
3	4,33	1,43	8,66	1,43	1 : 0,33	1 : 1,75	15,85
среднее	11,64	3,46	15,66	4,73	1 : 0,29	1 : 1,35	35,50
в-ще Шаган, осень							
1	0,67	0,67	отс.	1,00	1 : 1	1 : 0,74	2,34
2	1,10	8,80	отс.	0,60	1 : 8	1 : 0,06	10,50
3	0,73	6,97	отс.	0,73	1 : 9,5	1 : 0,09	8,43
среднее	0,83	5,48		0,78	1 : 6,16	1 : 0,29	7,09

Кроме *A. salinus*, в водоеме развивалась популяция другого представителя каланоид – *E. affinis*, численность особей которого изменялась от 1,27 до 14,94 тыс.экз./м³, биомасса от 53,4 до 625,0 мг/м³, по сравнению с 2001 г. показатели этого вида в водохранилище возросли. *E. affinis* обладала в этом водоеме высокой плодовитостью – от 16 до 60 яиц на самку (в среднем 37,7). Циклопы в водохранилище были представлены личиночными стадиями вида *A. dengizicus*, их численность колебалась по станциям от 0,84 до 5,78 тыс.экз./м³. Повсеместно присутствовали также обитатели придонного слоя воды харпактициды *S. retrogressus*, численность их была на 1-2 порядка выше прошлогодней – 2,85 – 5,78 тыс.экз./м³.

В целом при малом наборе видов, способных выносить высокую соленость, показатели количественного развития сообщества были очень высоки, характеризуя высокоэвтрофный уровень этого водоема по зоопланктону. По всей акватории преобладающей группой по количественным показателям

были ветвистоусые. Летом 2002 г. в водоеме развивался фаунистический комплекс "*M. mongolica* – *A. Salinus*", индекс значимости первого доминанта был чрезвычайно высок – 984,2, второго – несколько ниже – 579,5. У субдоминанта *E. affinis* этот показатель понижался до 194,4.

Осенью видовое разнообразие в водохранилище сохраняется на уровне летнего – 5 видов. Преобладает по всем показателям моина – 69,0% численности и 75,3% биомассы. Её популяция в это время года представлена в основном самцами (26 – 66%), на долю самок приходится 20 – 25%. Наряду с эфиопиальными самками, многие ещё несут партеногенетические яйца числом от 2 до 7 (среднее 4,6). Молодь составляет от 13,9 до 49,3% общей численности популяции. Абсолютные показатели развития моины – 16,66 – 55,73 тыс.экз./м³ и 0,68 – 3,02 г/м³ – были на порядок ниже, чем в летнее время.

В группе веслоногих ракообразных в сентябре обнаружено три вида, из состава фауны выпала каланоида *E. affinis*. Численность субдоминантного вида *A. salinus* существенно понизилась по сравнению с летом, она колебалась по станциям от 2,3 до 10,5 тыс.экз./м³ со значениями биомассы от 0,15 до 0,64 г/м³. Кардинальные изменения произошли в составе популяции арктодиаптомуса (Табл. 2). Основную часть популяции составляли половозрелые особи. Среди них преобладали, в отличие от осенних данных за 1993 и 1995 гг., самцы со средним соотношением самок и самцов 1 : 6,16. Плодовитость самок к осени снизилась до 5 – 12 яиц (среднее 9,7). Циклопы были представлены взрослыми особями и личиночными стадиями *A. dengizicus*, численность которых по станциям варьировала в пределах 2,6 – 4,3 тыс.экз./м³. Повсеместно присутствовали обитатели придонного слоя воды *C. retrogressus* (0,66 – 1,10 тыс.экз./м³) и ракушковые рачки (0,13 – 0,73 тыс.экз./м³). В постоянном для водохранилища фаунистическом комплексе "*M. mongolica* – *A. Salinus*" значения индексов значимости доминантных видов снижаются по сравнению с летом и составляют, соответственно, 406,04 и 218,13.

Атомное озеро. Водоем отличается высоким уровнем радиационного воздействия с мощностью экспозиционной дозы (МЭД) на гребне воронки до 0,2 мЗв/ч [7]. Видовой состав планктонных ракообразных этого водоема обеднен по сравнению с водохранилищем и является самым бедным в системе водоемов р. Шаган. Здесь не обнаружена *E. affinis*. Численность мойны в озере резко падает по сравнению с водохранилищем и составляет 4,01 тыс.экз./м³, биомасса равна 200,8 мг/м³ (3,9% численности и 4,2% биомассы всех ракообразных). Доминирующей группой являются копеподы с абсолютным доминантом *A. salinus*, который создает до 96% численности и биомассы ракообразных. В абсолютных единицах численность вида равна 97,0 тыс.экз./м³, биомасса 4,53 г/м³. В отличие от водохранилища, арктодиаптомус в этом водоеме имеет очень низкую плодовитость – 2-4 яйца. Незначительную долю от общей численности и биомассы ракообразных составляла молодь циклопов, только 1,05% численности и 0,1% биомассы. Судя по количественным характеристикам, в озере обитает фаунистический комплекс "*A. Salinus*" с высоким показателем индекса значимости руководящего вида – 673,4. Субдоминирующим видом является *M. mongolica* с индексом значимости 141,7.

Р. Шаган ниже водохранилища. Исследован участок реки на расстоянии 1,5 – 5,0 км ниже водохранилища. Виды, обитающие в водохранилище, сохраняют свое значение и на этом участке системы, видовое разнообразие здесь возрастает лишь до 8 видов. На станциях, расположенных в 1,5 км ниже водохранилища, ветвистоусые представлены одним видом *M. mongolica*, численность которого вниз по

течению падает от 2260 до 200 экз./м³. На станциях в 5,0 км ниже водохранилища мойны выпадают из состава фауны и ракообразные на этом участке реки представлены лишь веслоногими рачками. Доминирует на всех четырех станциях *A. salinus*, доля этого вида составляет 41,9 – 62,6% от общей численности и 34,7-65,14% от общей биомассы сообщества. Намного уступает ему по значимости *E. affinis* – 5,2-47,1% от общей численности и 1,7-51,4% от биомассы. Роль нескольких видов циклопов, обитающих на этом участке (*A. dengizicus*, *M. viridis*, *D. languoides*, *Microcyclops* sp.) незначительна по сравнению с диаптомусами. Их общая численность не превышает 1,5 тыс.экз./м³ на самой верхней станции, ниже по течению она снижается до десятков-сотен экземпляров на кубометр. Численность харпактицид на этом участке колеблется от 750 до 6000 экз./м³. Преобладающей группой на всем отрезке реки с 1,5 до 5,0 км является группа веслоногих, представленная фаунистическим комплексом "*A. salinus* – *E. Affinis*" (индексы значимости 103,3 и 67,5), субдоминантами являются харпактициды (43,7) и мойна (36,2).

Низовье р. Шаган. Видовое разнообразие сообщества на этом участке реки возрастает до 16 видов. По числу видов преобладают ветвистоусые – 9 видов. В их составе имеются общие виды с верхним течением реки, коэффициент видового сходства равен 36%. Численность доминирующего вида ветвистоусых *C. sphaericus* достигает 24,3 – 71,0 тыс.экз./м³. Из других видов ветвистоусых лишь *O. tenuicaudis* имеет довольно высокие показатели развития – 667-1000 экз./м³, численность остальных не превышает десятков особей на кубометр.

Группа каланоид на этом участке не выявлена. Циклопы представлены 5 видами, из них лишь *E. speratus* создает существенную долю по численности (до 23,5%) и биомассе (до 18,4%), остальные второстепенны и вкуче на них приходится не более 10% от всей численности и 3,5% от общей биомассы. Доминирующей группой по численности и биомассе являются ветвистоусые ракообразные, составляя по первому показателю 73,6-94,7%, по второму 79,6-96,0%. По расчисленным значениям индекса значимости здесь развивается фаунистический комплекс "*C. sphaericus* – *P. Globosus*" (231,4 и 101,8) с субдоминантами *E. speratus* (64,9) и *O. tenuicaudis* (40,0).

Р. Узунбулак. Водоток исследовался только в летний период. Фауна ракообразных здесь была очень бедной – всего 6 видов. В предыдущие годы видовое разнообразие было немного выше, в 1993 и 2000 гг. – по 8 видов [8, 9]. На станции вблизи стока скважины 104 в планктонных пробах были найдены только ракушковые рачки. В качественной пробе, взятой ниже по водотоку, обнаружены ветвистоусые рачки *C. setosa* и *C. sphaericus* и циклопы *M. viridis* и *E. serrulatus*. В количественных пробах с двух станций выявлены *E. serrulatus* (40-70 экз./м³), *Harpacticoida* – 20 экз./м³ и *Ostracoda* (20-267 экз./м³). Слабое

развитие обуславливало очень низкие величины биомассы сообщества – 0,8 – 13,7 мг/м³, сходные с таковыми для лета 2000 г. Летом 2002 г. в водоеме развивался фаунистический комплекс "Ostracoda – E. serrulatus" с очень низкими показателями индексов значимости – 20,2 и 19,6.

Водоток Д-2. На этом водотоке горного массива Дегелен видовое разнообразие было выше – 9 таксонов, из них ветвистоусых – 5, веслоногих – 3, ракушковых – 1. Высокую численность имел лишь один вид ветвистоусых *C. sphaericus* – 0,67-24,58 тыс.экз./м³. Ниже были показатели развития у *S. vetulus* (1667 экз./м³) и у *S. gammneri* (1250 экз./м³). Вкупе на станции 1 ветвистоусые преобладали в планктоне, составляя 89,1% численности и 81,8% биомассы всего сообщества. Из циклопов высокий уровень развития был отмечен у *E. serrulatus* – 2105 экз./м³. На ст.2 руководящую роль играли Ostracoda – 69,6% численности и 81,9% биомассы сообщества ракообразных, на втором месте были клadoцеры – 29,9 и 17,7%, роль копепоид в водотоке была очень низкой – 0,4-6,8% численности. Преобладал комплекс "*C. sphaericus* – *S. Vetulus*" (индексы значимости 132,9 и 99,3) с субдоминантами Ostracoda (76,4) и *E. serrulatus* (42,2).

Осенью при обследовании водотока Д-2 в районе выхода подземных вод на поверхность обнаружено 10 видов ракообразных. Преобладали по количественным показателям ветвистоусые рачки симоцефалы с численностью 270 экз./м³ и биомассой 56,16 мг/м³, что составляло до 33 – 65% от общей численности и биомассы сообщества. Заметного развития достигали также *C. sphaericus* (23,2%), численность других видов клadoцер не превышала 10-30 экз./м³. Веслоногие развивались слабее, их общая численность была вдвое ниже, чем у ветвистоусых и складывалась тремя видами - *M. viridis*, *A. dengizicus*, *E. serrulatus*. В популяциях всех видов преобладали взрослые особи, однако яйценозные самки наблюдались только у *E. serrulatus* с количеством яиц на самку от 36 до 50. На станции, расположенной ниже по течению, фауна была чрезвычайно бедна. Обнаружены только ветвистоусые рачки *A. guttata* в количестве 10 экз./м³ и остракоды с численностью 40 экз./м³. Веслоногие ракообразные на этом участке не выявлены. Таким образом, преобладающим комплексом на водотоке остается комплекс "*S. vetulus* – *C. Sphaericus*", но индекс значимости руководящего вида (37,4) значительно понижается по сравнению с летом.

Полная картина количественного развития сообщества низших ракообразных на исследованных в 2002 г. водоемах по всем станциям представлена в

таблице 3. Максимальные показатели численности и биомассы свойственны планктоценозу водохранилища Шаган, на порядок ниже показатели в р. Ащису и Атомном озере, в водотоках с течением воды они понижаются еще на порядок. Самые низкие показатели развития наблюдаются в р. Узунбулак. Соответственно уровню количественного развития зоопланктона исследованные водоёмы имеют различный трофический статус – от олиготрофных до эвтрофных водоемов. Высокоэвтрофным водоемом является водохранилище Шаган, эвтрофными – р. Ащису и Атомное озеро, мезотрофным – низовье р. Шаган. Верхнее течение р.Шаган и водотоки массива Дегелен относятся к олиготрофным водоемам. Карьер Шаган летом 2002 г. по количественным показателям также может быть отнесен к олиготрофным водоемам, но в осенний период он переходит в категорию эвтрофных, в августе 2001 г. он имел статус мезотрофного водоема.

Расчисленные нами величины информационных индексов показаны в таблице 4. Изменение этих показателей по сравнению с таковыми за прошлые годы отражает изменения, происходящие в сообществе при продолжающемся ухудшении гидрологических условий. Наиболее высокие показатели индексов Маргалефа и Шеннона указывают на благополучное состояние сообщества в верховье р.Шаган и в карьере. Здесь отмечается наибольшее видовое разнообразие и, соответственно, большая устойчивость сообщества. На остальных участках системы низкие значения этих индексов отражают более неблагоприятные условия в этих водоемах. Значения индекса Шеннона меньше единицы свойственны для водоемов с экстремальной ситуацией, к ним относятся водохранилище Шаган, Атомное озеро, р. Ащису, р. Узунбулак. В 2000 г. показатели индексов разнообразия были гораздо выше, ухудшение устойчивости сообщества наступило в 2001 г. и продолжает усугубляться.

Трофическая структура сообщества благоприятна почти во всех исследованных водоемах, большое количество организмов-фильтраторов способствует очищению воды от загрязнения органикой. Для большинства участков с текущими водами выявлена слабая олиго-бетамезосапробная степень загрязнения ($S=1,38-1,60$). Более высокая бетамезосапробная степень загрязнения отмечена в водотоках массива Дегелен ($S = 1,78-1,85$), особенно неблагоприятное состояние сообщества фиксируется в р. Узунбулак, где нарушена трофическая структура сообщества и на некоторых станциях практически отсутствуют рачки-фильтраторы.

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ СООБЩЕСТВА ПЛАНКТОННЫХ РАКООБРАЗНЫХ ВОДОЕМОВ ЗОНЫ СИП В 2002 г.

Таблица 3. Численность (тыс.экз./м³) и биомасса (мг/м³) планктонных ракообразных в водоемах зоны влияния СИП, лето-осень 2002г.

Участки системы	Cladocera	Copepoda	Ostracoda	Всего
численность, июнь-июль				
р.Шаган, верховье	<u>0,08 – 2,86</u> 1,25	<u>0,01 – 1,00</u> 0,48	<u>0,01 – 2,92</u> 0,66	<u>0,12 – 5,04</u> 2,38
карьер	<u>0,100 – 3,56</u> 1,83	<u>4,080 – 13,74</u> 8,91	<u>0,030 – 0,06</u> 0,04	<u>4,24 – 17,33</u> 10,79
р.Ащису	<u>7,37 – 64,67</u> 36,02	<u>102,74 – 556,05</u> 329,39	<u>0,0 – 0,04</u> 0,02	<u>110,11 – 620,76</u> 365,44
в-ще Шаган	<u>162,78 – 204,93</u> 178,85	<u>49,16 – 85,71</u> 51,89	<u>0,0 – 0,086</u> 0,029	<u>189,73 – 254,09</u> 230,77
Атомное озеро	4,01	98,08	-	102,09
р.Шаган, 1,5 км ниже в-ща	<u>0,20 – 2,26</u> 1,23	<u>7,55 – 15,91</u> 11,73	<u>0,05 – 0,5</u> 0,27	<u>10,31 – 16,16</u> 13,23
р.Шаган, 5,0 км ниже в-ща	-	<u>21,58 – 28,75</u> 25,16	<u>0,03 – 0,04</u> 0,035	<u>21,61 – 28,79</u> 25,20
р.Шаган, низовье	<u>25,19 – 86,44</u> 45,59	<u>3,47 – 10,08</u> 6,11	<u>0,01 – 0,07</u> 0,027	<u>28,66 – 91,29</u> 52,72
Дегелен, р.Узунбулак	-	<u>0,06 – 0,07</u> 0,043	<u>0,02 – 0,27</u> 0,102	<u>0,02 – 0,33</u> 0,145
Дегелен, водоток - 2	<u>0,72 – 27,52</u> 14,12	<u>0,010 – 2,12</u> 1,07	<u>1,25 – 1,67</u> 1,46	<u>2,39 – 30,89</u> 16,64
численность, сентябрь				
р.Шаган, верховье	3,01	10,03	1,00	14,04
карьер	65,86	28,70	0,33	94,89
в-ще Шаган	<u>16,66 – 55,33</u> 33,17	<u>7,34 – 14,29</u> 11,61	<u>0,13 – 0,73</u> 0,41	<u>24,13 – 69,30</u> 45,19
Дегелен, водоток - 2	<u>0,01 – 0,54</u> 0,275	<u>0,0 – 0,22</u> 0,11	<u>0,04 – 0,06</u> 0,05	<u>0,05 – 0,82</u> 0,435
биомасса, июль - июль				
р.Шаган, верховье	<u>7,7 – 66,1</u> 31,2	<u>0,6 – 9,5</u> 5,6	<u>0,4 – 116,7</u> 26,5	<u>14,3 – 155,8</u> 63,3
карьер	<u>3,1 – 78,6</u> 40,8	<u>5,7 – 34,4</u> 20	<u>0,79 – 1,3</u> 1,0	<u>10,1 – 113,7</u> 61,9
р.Ащису	<u>384,2 – 3810,5</u> 2097,3	<u>1419,8 – 1869,3</u> 1644,6	<u>0,0 – 0,8</u> 0,4	<u>2253,5 – 5231,1</u> 3742,3
в-ще Шаган	<u>7438,9 – 11531,9</u> 9686,8	<u>2382,8 – 6061,1</u> 3785,1	<u>0,0 – 1,8</u> 0,6	<u>13003,1 – 13500,0</u> 13472,6
Атомное озеро	200,8	4539,9	-	4740,7
р.Шаган, 1,5 км ниже в-ща	<u>15,9 – 88,9</u> 52,4	<u>83,9 – 288,5</u> 186,2	<u>1,1 – 10,5</u> 5,8	<u>183,3 – 305,5</u> 244,4
р.Шаган, 5,0 км ниже в-ща	-	<u>156,5 – 201,5</u> 179,0	<u>0,6 – 0,8</u> 0,7	<u>157,2 – 202,3</u> 179,7
р.Шаган, низовье	<u>335,0 – 1264,7</u> 658,3	<u>17,5 – 96,2</u> 55,3	<u>0,0 – 1,5</u> 0,6	<u>352,4 – 1318,4</u> 714,1
Дегелен, р.Узунбулак	-	<u>0,0 – 3,0</u> 1,9	<u>0,8 – 10,7</u> 4,1	<u>0,8 – 13,7</u> 6,0
Дегелен, водоток - 2	<u>14,2 – 570,7</u> 292,5	<u>0,5 – 76,6</u> 37,6	<u>50,0 – 66,7</u> 58,4	<u>81,4 – 696,3</u> 388,8
биомасса, сентябрь				
р.Шаган, верховье	144,8	40,2	0,5	185,6
карьер	8018,6	782,2	16,6	8817,4
в-ще Шаган	<u>687,7 – 3023,2</u> 1666,0	<u>218,4 – 877,3</u> 594,4	<u>6,5 – 37,0</u> 20,7	<u>912,0 – 3728,5</u> 2281,4
Дегелен, водоток - 2	<u>0,08 – 60,9</u> 30,5	<u>0,0 – 22,3</u> 11,2	<u>2,02 – 3,0</u> 2,5	<u>2,1 – 86,3</u> 44,2

Определение уровня сапробности исследованных водоемов по видам-индикаторам показывает, что 31% видов, обитающих на исследованной территории, относятся к олигосапробам, 17% к олигобетамезосапробам, 14% - к бетамезосапробам, 3% к

альфасапробам, что в целом указывает на слабую и умеренную степень загрязнения. Для участков с высоким уровнем минерализации степень загрязнения органикой не выявлена, вследствие неустановленной сапробной валентности обитающих видов.

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ СООБЩЕСТВА ПЛАНКТОННЫХ РАКООБРАЗНЫХ ВОДОЕМОВ ЗОНЫ СИП В 2002 г.

Таблица 4. Информационные индексы сообщества ракообразных водоемов зоны влияния СИП, 2002г.

Участки системы	Индексы				
	d	Hч	Hб	Vх/Vф	S
июнь - июль					
р. Шаган, верховье	<u>0,64 – 1,55</u> 1,16	<u>1,59 – 2,93</u> 2,23	<u>1,10 – 1,91</u> 1,41	<u>0,011 – 0,683</u> 0,189	<u>1,31 – 1,49</u> 1,43
карьер	<u>0,48 – 1,74</u> 1,11	<u>0,21 – 2,63</u> 1,42	<u>1,65 – 3,32</u> 2,48	<u>0,092 – 0,195</u> 0,143	<u>1,51 – 1,70</u> 1,60
р. Ащису	<u>0,15 – 0,26</u> 0,20	<u>0,71 – 0,85</u> 0,78	<u>0,86 – 0,91</u> 0,88	<u>0,0004 – 0,024</u> 0,012	-
в-ще Шаган	<u>0,32 – 0,41</u> 0,34	<u>0,72 – 1,33</u> 1,02	<u>0,82 – 1,25</u> 0,96	<u>0,0002 – 0,032</u> 0,0112	-
Атомное озеро	0,17	0,32	0,26	0,0002	-
р. Шаган, 1,5 км ниже в-ща	<u>0,54 – 0,62</u> 0,58	<u>1,50 – 1,97</u> 1,74	<u>1,60 – 1,64</u> 1,62	<u>0,064 – 0,084</u> 0,074	-
р. Шаган, 5,0 км ниже в-ща	<u>0,29 – 0,40</u> 0,35	<u>1,25 – 1,47</u> 1,36	<u>1,34 – 1,58</u> 1,46	<u>0,025 – 0,036</u> 0,030	-
р. Шаган, низовье	<u>0,66 – 1,17</u> 0,93	<u>0,99 – 1,10</u> 1,04	<u>0,67 – 1,20</u> 0,98	<u>0,021 – 0,240</u> 0,099	<u>1,46 – 1,51</u> 1,48
Дегелен, р. Узунбулак	<u>0,22 – 0,35</u> 0,28	<u>0,76 – 0,85</u> 0,81	<u>0,78 – 0,96</u> 0,87	<u>0,171 – 3,30</u> 1,73	<u>1,85 – 1,85</u> 1,85
Дегелен, водоток - 2	<u>0,58 – 0,64</u> 0,61	<u>1,05 – 1,09</u> 1,07	<u>0,95 – 1,91</u> 1,43	<u>0,006 – 0,123</u> 0,064	<u>1,76 – 1,80</u> 1,78
сентябрь					
р. Шаган, верховье	1,15	1,57	1,64	0,157	1,38
карьер	1,22	1,45	0,79	0,019	1,66
в-ще Шаган	<u>0,36 – 0,46</u> 0,40	<u>0,94 – 1,38</u> 1,21	<u>0,75-1,37</u> 1,07	<u>0,011-0,055</u> 0,028	-
Дегелен, водоток - 2	<u>0,0 – 1,34</u> 0,67	<u>0,72 – 2,67</u> 1,69	<u>0,23 – 1,71</u> 0,97	<u>0,0 – 0,348</u> 0,174	<u>1,50 – 1,67</u> 1,58

Примечание: d – индекс видового разнообразия Маргалефа, Hч – индекс Шеннона, рассчитанный по численности (бит/особь), Hб – индекс Шеннона, рассчитанный по биомассе (бит/мг), Vх/Vф – соотношение биомасс хищников и фильтраторов, S – индекс сапробности Пантле-Букка.

ЛИТЕРАТУРА

1. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зоопланктон и его продукция. – Л. – 1984. – 34 с.
2. Балушкина Е.В., Винберг Г.Г. Зависимость между длиной и массой тела у планктонных ракообразных // Экспериментальные и полевые исследования биологических основ продуктивности озер. – Л. – 1979. – С. 58-79.
3. Хеллауэлл Д.М. Сравнительный обзор методов анализа данных в биологическом надзоре // Научные основы контроля качества вод по гидробиологическим показателям. – Л. - 1977. – С. 109-123.
4. Пидгайко М.Л. Зоопланктон водоемов Европейской части СССР. – М.: Наука. – 1984. – 208 с.
5. Андроникова И.Н. Использование структурно-функциональных показателей зоопланктона в системе мониторинга // Гидробиологические исследования внутренних вод. – Л. – 1989. – С. 47-53.
6. Унифицированные методы исследования качества вод. Часть III. Методы биологического анализа вод. – М. – 1975. – 176 с.
7. Артемьев О.Н., Ахметов М.А., Птицкая Л.Д. Радионуклидное загрязнение территории бывшего Семипалатинского испытательного ядерного полигона. // Вестник НЯЦ РК "Радиоэкология. Охрана окружающей среды".-2001. - Вып.3.-С.12-19.
8. Стуге Т.С. Об осеннем зоопланктоне водоемов зоны влияния Семипалатинского полигона // Вестник НЯЦ РК. – 2000 - Вып. 3. – С. 73-77.
9. Стуге Т.С., Крупа Е.Г., Матмуратов С.А. Состояние сообщества планктонных ракообразных в водоемах зоны Семипалатинского испытательного полигона (лето 2000 г.) // Вестник НЯЦ РК. – 2001. - Вып. 3. – С. 98-102.

СЕМЕЙ СЫНАҚ ПОЛИГОННЫҢ ӘСЕРІНДЕГІ СУ ҚОЙМАЛАРЫНЫҢ ШАЯНТӘРІЗДІЛЕР ПЛАНКТОНДЫҚ ТОПТАРЫНЫҢ 2002 ЖЫЛҒЫ ДАМУ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

Стуге Т.С., Матмуратов С.А., Крупа Е.Г., Акбердина Г.Ж.

ҚР БҒМ Зоология институты, Алматы

2003 жылы Семей сынақ полигон әсеріндегі су қоймаларының жазғы және күзгі зоопланктоны зерттелінген. Шаған өзенінің жоғарғы ағысынан сағасына дейін жете зерттеу мәліметтері келтіріледі. Планктонды шаянтәрізділердің әртүрлілігінің саны мен биомассасы мөлшері басымды түрлерінің жынысы, жастық құрамы және маусымдық өзгерулері анықталған. Фауналық комплекстері және бір қатар информациялық көрсеткіштерімен зерттелген планктон топтарының жағдайы сипатталады.

**ECULIARITIES OF THE PLANKTON SHRIMPS DEVELOPMENT
IN WATERBODIES OF SEMIPALATINSK TEST RANGE ZONE**

T.S. Stuge, C.A. Matmuratov, E.G. Krupa, G.Zh. Akberdina

Institute of zoology, Ministry of Education and Science, Almaty

Zooplankton of waterbodies on zone of Semipalatinsk test range was investigated in summer and autumn 2002. The detail study of Shagan river basin from upper reaches to the lower reaches was put into practice for the first time in June-July 2002. The information about species diversity, distribution, abundance and biomass of planktonic shrimps, sexual and age structure of dominants are given. The state of community was characterized on the base of some information indexes. The seasonal changes of species composition and quantitative development were revealed. The faunistic complexes at different river sections are described.

УДК583. 17. 577. 475 (574)

**КОЛОВРАТКИ ВОДОЕМОВ ЗОНЫ ВЛИЯНИЯ
СЕМИПАЛАТИНСКОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПОЛИГОНА (ЛЕТО, 2002 г.)**

Трошина Т.Т., Матмуратов С.А.

Институт зоологии МОН АН РК, Алматы

Гидробиологическими исследованиями (лето, 2002 г.) выявлено существенное снижение видового разнообразия коловраток водохранилища Шаган и других участков среднего течения р. Шаган (4 – 2 вида) по сравнению с верховьем (30 видов) и низовьем (16 видов) р. Шаган. Определены степень сходства фауны, доминирующие комплексы, показатели количественного развития коловраток (численность, биомасса), структурные характеристики их сообщества и индексы сапробности воды, свидетельствующие о нестабильных условиях обитания.

Первые гидробиологические исследования, проведенные в 1993-1995 гг. в зоне влияния Семипалатинского испытательного полигона (СИП) позволили получить начальные сведения по фауне коловраток в водохранилище Шаган, оз. Балыктыколь системы р. Шаган и в ряде водоемов, прилегающих территорий [1]. В данной работе приводим результаты дальнейшего изучения фауны коловраток СИП по материалам гидробиологических сборов в бассейне р. Шаган и горного массива Дегелен в июне-июле 2002 г.

В бассейне р. Шаган материал собирался в верховье реки, в среднем течении (водохранилище Шаган, Атомное озеро, на участках реки 1,5 – 5 км ниже водохранилища) и в низовье реки, выше впадения в

пойму р Иртыш. На горном массиве Дегелен исследовались р. Узунбулак и водоток площадки Д-2 в северной части горной системы. Сбор и обработка фаунистического материала проводили по методикам, приведенным в предыдущей работе [1].

Всего в составе планктофауны исследованных водоемов выявлено 47 видов и подвидов коловраток, относящихся к 3 отрядам, 14 семействам и 20 родам. Сводные данные по ним приведены в таблицах 1 и 2. За исключением водохранилища Шаган, все остальные участки исследованы фактически впервые и на их основе получена возможность более детального описания фауны коловраток всего бассейна р. Шаган.

Таблица 1. Таксономический состав и встречаемость коловраток по участкам СИП (лето, 2002г.)

№№ п/п	Таксоны	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
	Кл. Rotatoria										
	П/кл. Eurotatoria										
	Сем. Trichocercidae										
	Род Trichocerca										
1	Trichocerca (s.str.) cylindrical (Imhof, 1891)	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Trichocerca (s.str.) longiseta (Schrank, 1802)	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	Trichocerca (s.str.) rattus carinata Ehr, 1830	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	Trichocerca (s.str.) r. rattus Mull., 1786	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
	Сем. Gastropodidae										
	Род Postclausa										
5	Postclausa hytopus (Ehr., 1838)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
	Род Ascomorpha										
6	Ascomorpha ecaudis Perty, 1850	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
	Сем. Synchaetidae										
	Род Synchaetidae										
7	Synchaeta sp.	-	-	+	-	-	+	+	-	-	-
	Род Polyarthra										
8	Polyarthra sp.	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
	Сем. Lecanidae										
	Род Lecanae										
9	L.(s.str.) luna luna Mull., 1776	+	+	-	-	-	-	-	+	-	-
10	L.(s.str.) flexis, (Gosse, 1886)	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	L.(s.str.) grandis (Murray, 1913)	-	-	+	-	-	-	+	-	-	-
12	L.(M.) bulla bulla (Gosse, 1832)	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	L.(M.) crenata (Harring, 1913)	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	L.(M.) closterocerca (Schmarda, 1859)	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	Lecanae (M.) sp.	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
	Сем. Proalidae										
	Род Proales										
16	Proales sp.	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-
	Сем. Dicranophoridae										
	Род Dicraniphorus										

КОЛОВРАТКИ ВОДОЕМОВ ЗОНЫ ВЛИЯНИЯ СЕМИПАЛАТИНСКОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПОЛИГОНА (ЛЕТО, 2002 г.)

№№ п/п	Таксоны	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
17	Dicraniphorus forcipatus (Mull., 1786)	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Сем. Trichotriidae										
	Род Trichotria										
18	Trichotria pocillum pocillum (Mull, 1726.)	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
	Род Macrochaetus										
19	Macrochaetus a.altamirai Arev., 1918	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
	Сем. Mytilinidae										
	Род Mytilinus										
20	Mytilina v. brevispinus (Ehr. 1832)	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
21	Mytilina m. spinigera (Ehr. 1832)	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
	Сем. Colurellidae										
	Род Lepadella										
22	Lepadella rezvoji Smirnov, 1931	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23	Lepadella (s.str.) ovalis (Muller, 1786)	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
24	Lepadella sp.	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
	Сем. Euchlanidae										
	Род Euchlanis										
25	Euchlanis dilatata dilatata Her., 1852	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-
26	Euchlanis d. macrura Schrenk, 1832	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-
27	Euchlanis d. lucksiana Hauer, 1930	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
28	Euchlanis d. unisetsta Leyd. 1854	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
29	Euchlanis oropha Gosse, 1887	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
30	Euchlanis pyriformis Gosse, 1851	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
	Род Tripleuchlanis										
31	Tripleuchlanis plicata razelmi Rodewald, 1940	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
	Сем. Brachionidae										
	Род Brachionus										
32	Brachionus angularis Gosse, 1851	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
33	Brachionus p.plicatilis Mull., 1786	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-
34	Brachionus p. longicornis Fadeev, 1925	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-
35	Brachionus p.asplanchnoides Charin, 1847	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
	Род Keratella										
36	Keratella t. tropica (Apstein, 1907)	+	+	-	-	-	-	-	+	-	-
37	Keratella quadrata (Mull., 1786)	+	+	-	-	-	-	-	+	-	-
38	Keratella q. reticulata, Carlin, 1943	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
39	K.c.cochlearis (Gosse, 1851)	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
	Род Notholca										
40	Notholca a. acuminata Ehr. 1832	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-
41	Notholca a. extensa Idolson, 1918	+	-	-	-	-	-	-	+	-	+
42	Notholca caudate Carlin, 1943	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
	Отр Monimotrochida										
	Сем. Testudinellidae										
	Род Testudinella										
43	Testudinella p. patina (Herm., 1783)	+	+	-	-	-	-	-	+	-	-
44	Testudinella clypeata (Mull., 1786)	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-
	Сем. Hexarthridae										
	Род Hexarthra										
45	Hexarthra fennica (Lev., 1892)	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
	Отр. Bdelloidea										
46	Bdelloidea sp1	+	-	-	-	-	-	-	+	-	+
47	Bdelloidea sp2	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+
	Всего	24	13	6	4	2	5	3	16	0	4

Участки: I – Шаган, верховье, II – Карьер, III – р.Ащису IV – В-ще Шаган, V – Атомное озеро, VI – р.Шаган, 1,5 км ниже в-ща, VII – р.Шаган , 5 км ниже водохранилища, VIII – р.Шаган, низовье, IX – Водоток Д-2 (г.Дегелен), X – р.Узунбулак(г.Дегелен).

Представленное видовое разнообразие коловраток значительно отличается от ранее выявленного. Из 27 видов коловраток, определенных в первые годы исследования, на изученных участках встречены лишь 11 видов. Примечательно отсутствие в пробах широко распространенных в предыдущие годы солоноватоводных представителей семейства Hexarthridae. Только один вид из этого семейства H.fennica, доминировавший ранее, в том числе и в водохранилище

Шаган, встречен в 2002 г. лишь на одной из станций по р. Ащису.

В водохранилище Шаган фактически выпали из состава фауны встречавшиеся здесь виды рода Testudinella сем. Testudinellidae, родов Keratella и Notholca сем.Brachionidae и рода Trichocerca сем. Trichocercidae. В целом, видовое разнообразие Rotatoria в водохранилище Шаган снизилось по сравнению с 1995 г. с 14 до 4 видов.

Таблица 2. Таксономическая представленность коловраток по участкам зоны СИП (лето, 2002 г.)

Семейства	I		II		III		IV		V		VI		ВСЕГО		Полити-пическ. виды
	р	в	р	в	р	в	р	в	р	в	р	в	р	в	
Trichocercidae	1	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	4	1
Gastropodidae	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	1	1	2	2	-
Synchaetidae	-	-	1	1	-	-	1	1	1	1	-	-	2	2	-
Lecanidae	1	5	1	1	-	-	1	1	1	2	-	-	1	7	2
Proalidae	1	1	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	1	1	-
Dicranophoridae	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-
Trichotriidae	1	1	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	2	2	2
Mytilinidae	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	2
Colurellidae	1	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	3	-
Euchlanidae	1	5	-	-	-	-	-	-	2	4	-	-	2	7	2
Brachionidae	2	5	1	2	1	3	2	2	3	6	1	1	3	11	5
Testudinellidae	1	1	1	1	-	-	1	1	1	1	-	-	1	2	1
Hexarthridae	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-
Bdelloidea	1	2	-	-	-	-	-	-	1	1	1	2	1	2	-
Всего	12	30	5	6	2	4	6	6	10	16	3	4	20	47	15

Обозначения: I – р. Шаган, верховье; II – р. Ацису; III – Водохранилище Шаган и Атомное озеро; IV – р. Шаган, 1,5 – 5 км ниже в-ща; V – р. Шаган, низовье; VI – Водоток Д-2 и р. Узунбулак (г. Дегелен); р – роды, в – виды.

Достаточно бедный и схожий по составу комплекс коловраток формируется на участках VI и VII ниже водохранилища, а также в Атомном озере (2 вида). Основу сообщества здесь составляет лишь один галофил *Brachionus plicatilis* двух подвидов с частотой встречаемости на уровне 60%.

Более богата фауна Rotatoria р. Шаган в ее верховье, где выявлено 30 видов коловраток из 11 семейств и 12 родов. По своему составу фауна этого участка полностью отличается от таковой среднего течения реки. Выделяются по богатству семейства *Brachionidae*, *Euchlanidae*, *Lecanidae* и *Trichocercidae* (Табл. 2). Несколько беднее фауна коловраток в изолированном водоеме-карьере (13 видов).

В низовье р. Шаган видовое разнообразие коловраток возрастает до 16 видов. Преобладают семейства *Brachionidae* (6 видов) и *Euchlanidae* (4 вида). Остальные семейства представлены 1 – 3 видами. Общность с фауной верховья р. Шаган на этом участке возрастает до 40%, присутствуют здесь и виды, зарегистрированные в водоемах среднего течения реки (коэффициент сходства 10%) (Табл.3).

Очень бедна фауна коловраток горного массива Дегелен. Так в водотоке Д-2 зарегистрировано всего 4 вида коловраток: *P. hyptopus* из семейства *Gastropodidae*, *N.a.extensa* из семейства *Brachionidae* и два

вида отр. *Bdelloidea*. В р. Узунбулак в исследуемый период коловратки вообще не встречены. Для сравнения особенностей изменчивости фауны коловраток в водоемах приводим таблицу 3 с рассчитанными коэффициентами сходства видового состава ротаторий по исследованным участкам.

К числу повсеместно встречающихся на изученных участках можно отнести лишь одно семейство – *Brachionidae*, которое характеризуется и наибольшим разнообразием таксонов – 3 рода, 11 видов. Достаточно распространены в водоемах региона также семейства *Lecanidae* и *Testudinellidae*, отсутствующие лишь в водохранилище Шаган, Атомном озере и водотоках горного массива Дегелен.

Следует отметить высокую представленность в составе коловраток СИП доли политипических видов (15 таксонов), свидетельствующих о повышении фенотипической неоднородности ее фауны [2]. Они составляют 31,9% от выявленного видового состава коловраток СИП. В водоемах других регионов этот показатель не превышает 16%. Третья часть политипических видов принадлежит семейству *Brachionidae* (род *Brachionus* – 1 политипический вид, 3 подвида, род *Keratella* – 3 политипических вида, 4 подвида и род *Notholca* – 1 политипический вид и 2 подвида).

Таблица 3. Коэффициенты сходства фауны коловраток по участкам СИП (лето, 2002г.)

Участки	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
I	-	43,2	0	0	0	6,9	0	40,0	0	21,0
II	43,2	-	0	0	0	0	0	27,6	0	0
III	0	0	-	20,0	25,0	36,4	44,4	0	0	0
IV	0	0	20,0	-	66,7	22,2	28,6	10,0	0	0
V	0	0	25,0	66,7	-	28,6	40,-	1,1	0	0
VI	6,9	0	36,4	22,2	28,6	-	50,0	19,0	0	0
VII	0	0	44,4	28,6	40,0	50,0	-	10,5	0	0
VIII	40,0	27,6	0	10,0	11,1	19,0	10,5	-	0	20,0
IX	0	0	-	0	0	0	0	0	-	0
X	21,0	0	0	0	0	0	0	20,0	0	-

Условные обозначения: Участки I – р. Шаган, верховье; II – Карьер; III – р. Ацису; IV – водохранилище Шаган; V – Атомное озеро; VI – р. Шаган, 1,5 км ниже в-ща; VII – р. Шаган, 5 км ниже в – ща; VIII – р. Шаган, низовье; IX – Дегелен, водоток Д-2; X – Дегелен, р. Узунбулак.

Таблица 4. Структурно-функциональные характеристики сообщества коловраток по участкам СИП (лето, 2002г.)

Участки системы	N	B	H	S	Доминанты
р.Шаган, верховье	<u>0,07-3,29</u> 1,36	<u>0,40-5,80</u> 2,69	1,91	1,36	Lecane(M.)b.bula, Tr.(s.str.)longiseta, Euchlanis d.macrura, Tichotria p.pocillum
карьер	<u>0,55-0,84</u> 0,69	<u>0,42-1,50</u> 0,97	1,29	1,31	Lepadella (s.str.)ovalis, Trichotria p.pocillum
р.Ащису	<u>6,00-15,10</u> 10,5	<u>24,90-70,60</u> 47,55	1,07	2,04	Br.pl.plicatilis, Br.angularis, Hexarthra fennica
в-ще Шаган	<u>534,80-817,40</u> 668,36	<u>3156,88-4904,50</u> 3984,20	0,66	1,93	Br.pl.plicatilis
Атомное озеро	18,80	112,80	0,26	2,00	Br.pl.plicatilis
р.Шаган, 1,5м ниже в-ща	<u>2,06-6,00</u> 4,03	<u>6,05-24,10</u> 15,11	1,48	1,94	Br.pl.plicatilis
р.Шаган, 5 км ниже в-ща	<u>0,53-1,50</u> 1,02	<u>0,49-6,35</u> 3,43	0,64	2,00	Br.pl.plicatilis, Synchaeta sp.
р.Шаган, низовье	<u>15,00-15,10</u> 12,57	<u>19,1-28,1</u> 8,181	2,06	1,55	E.d.dilatata, Br.pl.plicatilis, N.a.acuminata, E.oropha, L.(s.str.)l.luna
Дегелен, р.Узунбула	-	-	-	-	
Дегелен, водоток Д-2	<u>0,56-1,00</u> 780	<u>0,75-1,19</u> 0,97	0,63	1,43	Notholca a.extensa, Bdelloidea sp.

Примечание: N – численность, тыс.экз./м³; B – биомасса, мг/м³; (в числителе – пределы значений, в знаменателе – средние величины); H – индекс видового разнообразия Шеннона; S – индекс сапробности Пантле и Букка.

В целом, приведенные данные указывают на достаточное своеобразие, высокую изменчивость и гетерогенность фауны коловраток водоемов зоны СИП, требующие дальнейшего детального изучения и мониторинга происходящих здесь изменений. Уровень количественного развития коловраток существенно различается по водоемам со значениями от 0,56 тыс.экз./м³ в водотоке Дегелен до 668,36 тыс экз./м³ в водохранилище Шаган. Данные по численности и биомассе организмов, структурные характеристики сообществ и доминирующие комплексы по участкам приведены в таблице 4.

В р.Шаган (верховье), где наблюдается максимальное для исследуемой водной системы разнообразие коловраток (24 вида), по индексу значимости выделяется фаунистический комплекс: Tr.(s.str.)longiseta – 12,7, M.ventralis – 6,98, Tr.p.pocillum – 4,23, L.(s.str.)l.luna – 2,4, Tr.(s.str.)cylindrica – 1,9, K.q.reticulata- 0,95. Общий уровень количественного развития ротаторий здесь невысокий и составляет в среднем 1356 экз./м³ с биомассой 2,69мг/м³. Основу численности на 42,9 – 48,7 % формирует фитофильный вид Tr.p.pocillum, субдоминирует ему Tr.(s.str.)longiseta. Степень доминирования в сообществе коловраток на этом участке реки сравнительно невысокая, особенно на ст.8 (равнинный участок реки), где возрастает число равнопредставленных видов. Это отражается на относительно высоких значениях индексов видового разнообразия Шеннона (1,91). Индексы сапробности воды изменяются от 1,24 до 1,32 и характеризуют ее как олиго-бетамезосапробную. Кроме коловраток в микрозоопланктоне верховья р. Шаган наблюдается интенсивное развитие раковинных простейших Arcella discoides, Arcella dentate, Diffugia oblonga, общая численность которых достигает 3500 экз./м³, превышая показатели коловраток. Отмечаются здесь церкарии паразитических червей Trematoda – до

500 экз./м³. В большом количестве регистрируются ценобии хлорококковых водорослей Pediastrum, а также нитчатые микроводоросли Spirogira и Zygnema.

В водоеме – карьере (п-13) основу фаунистического комплекса составляют: Tr.p.patina-5,9, Tr.p.pocillum – 4,18, E.d.unisetata – 3,22, L.ovalis – 3,1, M.m.spinigera – 2,5. Общая численность коловраток здесь ниже, чем в реке, но с меньшими различиями по станциям. У южного берега ее на 90,9% формирует лишь один Tr.p.pocillum, у северного - доминирует L.(s.str.) ovalis (59,5%) с субдоминантами Tr.p.patina (13,1%) и E.d.unisrtata (14,6 %). Изменяющиеся, в связи с этим, индексы видового разнообразия Шеннона на этом участке составляют в среднем 1,29. Сапробиологические индексы воды, такие же как и в реке, на уровне олиго-бетамезосапробности.

р.Ащису на участке выше впадения в р. Шаган характеризуется более низким разнообразием фауны коловраток – 6 видов, составляющих галофильный фаунистический комплекс: Br.p.plicatilis – 67,1, Hexarthra fennica – 14,14 и T.clypeata – 5,48. Показатели численности по сравнению с верховьем р. Шаган возрастают здесь на порядок. При невысоком индексе разнообразия Шеннона – 1,07 показатели сапробиологического состояния воды на уровне 2,04 классифицируют ее как α– β–мезосапробную, с повышенным содержанием органики. Кроме коловраток в составе микропланктона реки регистрируются солоноватоводные инфузории Condyllostoma sp., численностью до 2,0 экз./м³, фораминифоры, турбеллярии и церкарии трематод.

Водоохранилище Шаган и Атомное озеро схожи по составу фауны коловраток и отличаются крайней ее бедностью (4 – 2 вида), представляющих всего 2 семейства (Табл 2). Абсолютным доминантом здесь стал Br.plicatilis с индексом плотности 609, 46. В водохранилище в составе его популяций отмечается большое количество миктических, амиктических и

амфотерных самок, с 1 - 6 яйцами. Этот галобионт развивается в водохранилище очень высокую численность, изменяющуюся по акватории от 534,8 тыс.экз./м³ до 817,4 тыс экз./м³ и составляющую в среднем 668,36 тыс.экз./м³. Биомасса при этом достигает 3,98 г/м³. Обращает на себя внимание интенсивное развитие в водохранилище галофильной инфузории *Fabrea salina*, обитающей в гипергалинных водоемах Крыма и Казахстана. Численность этой крупной инфузории находится на уровне доминанта *Br.plicatilis* (263,49 - 623,9 тыс.экз./м³), а биомасса в среднем составляет 6,7 г/м³. В Атомном озере численность *Br.plicatilis* заметно снижается по сравнению с водохранилищем. Как и в водохранилище здесь интенсивно развиваются инфузории - до 2,0 тыс.экз./м³. Кроме этого в планктоне озера встречены гидроиды, нематоды и в значительных количествах церкарии паразитических червей Trematoda - до 2,5 тыс экз./м³.

Индексы видового разнообразия Шеннона в водохранилище и особенно в Атомном озере снижаются до очень низких значений (0,26), характерных для сообществ, обитающих в экстремальных условиях. Индексы сапробности воды в водохранилище и озере значительные (1,93 - 2,0) и оценивают сапробное состояние ее на уровне L- ? мезосапробной зоны с повышенным содержанием органических веществ.

На участке р.Шаган 1,5 км ниже водохранилища разнообразие ротаторий также невысокое - 5 видов. Фаунистический комплекс представляют: *Br.plicatilis* - 36,74, *Proales* sp. - 9,48 и *N.a.acuminata* - 5,9. Количественное развитие коловраток на этом участке реки, представленном небольшим течением с разливами и затонами, снижается более чем на два порядка по сравнению с водохранилищем и, незначительно изменяясь по станциям, составляет в среднем 4030 экз./м³ при биомассе 15,11 мг/м³. Более половины численности коловраток здесь формирует доминант *Br.p.plicatilis*, индекс значимости которого по сравнению с водохранилищем снижается почти в 20 раз. Индекс сапробности воды (1,94) остается высоким и свидетельствует о сохраняющемся повышенном уровне органического загрязнения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Трошина Т.Т., Матмуратов С.А. К фауне коловраток водоемов зоны влияния Семипалатинского ядерного полигона.// Вестник НЯЦ 2001. - Вып.3. - С.103 - 107.
2. Майр Э. 1974. Популяции, виды и эволюция, М. - 460 с.

Участок р.Шаган, 5 км ниже водохранилища характеризуется еще большим снижением численности коловраток при минимальном для реки их разнообразии - 3 вида. Фаунистический комплекс составляют *Br.p.plicatilis* - 17,49 и *Synchaeta* sp. - 5,9. Индекс значимости доминанта *Br.p.plicatilis* становится еще ниже. Сапробность воды остается повышенной на уровне альфа-бетамезосапробной зоны, с индексом 2,0.

На восьмом участке, в низовье р.Шаган фауна коловраток вновь становится более разнообразной и состоит из 16 видов и подвидов, относящихся к 7 семействам и 10 родам. Фаунистический комплекс составляют виды *L.(s.str.)l.luna* - 21,58, *Br.p.plicatilis* - 19,48, *N.a.acuminata* - 18,7, *E.d.dilatata* - 15,4, *K.t.tyropica* - 9,48, *T.p.patina* - 3,6. Численность ротаторий здесь возрастает по сравнению с предыдущим, седьмым, участком более чем на порядок. Также отмечается довольно высокий для исследованной системы индекс видового разнообразия Шеннона - 2,06, указывающий на более сбалансированное состояние сообщества коловраток в низовье. Сапробиологические показатели качества воды низовья снижаются до 1,5 и характеризуют ее как чистую на уровне бетамезосапробности.

В водотоке Д-2 (горный массив Дегелен) при очень низких показателях численности и биомассы коловраток (0,78 тыс экз./м³ и 0,97 мг/м³) доминирует в сообществе холодолюбивый вид - *Notholca a.extensa*. Обращает на себя внимание полное отсутствие коловраток в р.Узунбулак, являющихся, как правило, неотъемлемым компонентом практически всех природных водотоков. В пробах встречаются лишь отдельные представители фитопланктона - крупные одноклеточные десмидиевые водоросли - *Closterium moniliferum*, достигающие численности 24,0 тыс.экз./м³. Они относятся к железолубивым формам, предпочитают воду с кислой реакцией, бедную кальцием и поэтому, как правило, наиболее представлены в заболачивающихся водоемах дистрофного типа. В связи с этим, вероятно, коловратки в наблюдаемый период не развивались в реке. Индексы Шеннона и сапробиологический индекс Пантле и Букка в Дегелене довольно низкие, подтверждающая низкий трофический уровень воды.

**СЕМЕЙ СЫНАҚ ПОЛИГОННЫҢ АЙМАҒЫ ӘСЕРІ ТИГЕН
СУ ҚОЙМАЛАРДАҒЫ КОЛОВРАТКАЛАР (жаз, 2002ж.)**

Трошина Т.Т., Матмуратов С.А.

ҚР, ҰБМ Зоология институты Алматы

Гидробиологиялық зерттеулер (жаз, 2002ж.) барысында Шаған суқоймасында және басқа Шаған өзенінің орта-ағын саласы бөліктеріндегі коловраколардың әр-түрлілігі (4-2 түрі), жоғарғы (30 түрі) және төменгі (16 түрі) ағыстарындағы бөліктеріне қарағанда өте төмен екендігі айқындалды. Коловраткалар фаунасындағы ұқсастық дәрежелері, доминантылық комплекстері, сандық дамуы -көрсеткіштері (саны, биомассасы) қауымдастықтық құрлымдық сипаттамалары және судың сапробиологиялық индекстері, анықталынған түрлердің мекен жағдайларының тұрақсыздығын көрсетеді.

ROTATORIA OF SEMIPALATINSK PROVING GROUND ZONERESERVOIR (Summer, 2002)

T.T. Troshina, S.A. Matmuratov

RK MES Institute of Zoology, Almaty

Hydrobiological researches were shown that in Shagan reservoir and other parts of the middle current there are essentially lowering of forms of rotatoria (4-2 forms) in comparison with upper (30 forms) and lower reaches (16 forms) of Shagan river. Degree of fauna likeness, dominating complexes, indexes of quantitative development of rotatoria (quantity, biomass), structural characteristic of their association and index of water suprobology which are indicative of unstable conditions of inhabitation have been determined.

УДК 578:504.054 (636.2)

**СОСТОЯНИЕ ЗДОРОВЬЯ ЖИВОТНЫХ В ЗОНАХ
КОМПЛЕКСНОГО РАДИОАКТИВНОГО И ХИМИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ**

Донник И.М.

Уральская государственная сельскохозяйственная академия, Екатеринбург, Россия

В результате техногенных аварий и высокой концентрации промышленных предприятий в Уральском регионе выявлены территории, в которых отмечено значительное накопление радионуклидов и тяжелых металлов в органах и тканях животных. У них изучены показатели иммунной системы, уровень хромосомных aberrаций в зависимости от накопления количества токсикантов в организме. Показано, что в индустриальных районах онкологическая заболеваемость животных, в том числе крупного рогатого скота лейкозом выше, чем в территориях относительного экологического благополучия. Разработана система мероприятий, снижающая негативный эффект техногенного загрязнения.

Антропогенное загрязнение территорий в последнее время нарастает. Это связано с развитием научно-технического прогресса и увеличением риска возникновения разного рода техногенных аварий и катастроф. Наиболее тяжелые последствия наносят аварийные ситуации на предприятиях ядерной промышленности, сопровождающиеся выбросами радиоактивных веществ в окружающую среду. Примером тому могут служить аварии ядерных реакторов на АЭС в разных странах мира (Чернобыль, 1986), а также на военных предприятиях. В связи с этим важно изучать последствия загрязнения радионуклидами разных территорий, в том числе сельхозугодий, в разные сроки после аварийного периода, а также состояние здоровья животных и их потомства длительное время находящихся здесь.

Уральский регион, в котором мы проводили наши исследования, один из самых неблагоприятных в экологическом отношении, где концентрация промышленного производства превышает средний уровень Российской Федерации в 4,5 раза. Здесь сосредоточено более 5000 предприятий - промышленные гиганты с потенциально вредными и опасными производствами горнорудной и металлургической промышленности, тяжелого энергетического и химического машиностроения, ядерно-топливного цикла и оборонного назначения, оказывающие неблагоприятное воздействие на окружающую природную среду [2]. Использование экстенсивных методов промышленности обусловило высокий уровень загрязнения природной среды и водного бассейна вредными ингредиентами достигшими критических уровней в большинстве промышленных районов и вблизи крупных городов. На Урале выявлены природные источники ионизирующих излучений, составляющие основную часть (до 80%) в общей дозе облучения населения, причем на долю источников земного происхождения приходится до 70%, здесь сосредоточено более 1000 скоплений естественной радиоактивной минерализации урановой, ториевой природы, выявлены зоны с аномальной концентрацией радона (^{222}Rn). Наряду с природными источни-

ками ионизирующего излучения на Урале располагаются скопления техногенных радионуклидов [2].

На протяжении 40 лет остается актуальной проблема радиоактивного загрязнения значительной территории вследствие производственной деятельности комбината по производству Pu - "Маяк", где 29 сентября 1957 г. произошел взрыв емкости хранящихся высокоактивных радиохимических отходов. По оценкам специалистов этого предприятия, в окружающую среду было выброшено около 20 млн. Ки радиоактивных веществ, из которых 2 млн. были подняты на высоту 1 км и рассеяны ветром в северо-восточном направлении, что привело к радиоактивному загрязнению большой территории. Впоследствии этого территория получила название Восточно - Уральский радиационный след (ВУРС) [4]. Анализ результатов, полученных спустя 40 лет после аварии 1957 г. на ПО "Маяк" показал, что по-прежнему на значительной территории Урала сохраняются высокие уровни радиоактивного загрязнения ^{90}Sr - 5 - 10 Ки/км². Очень загрязнены - пойма и русло р. Теча, в которую в течение 1948 - 1953 гг. комбинат сбрасывал радиоактивные отходы без предварительной обработки и уровни загрязнения составляют в настоящее время до 10 Ки/км² [4]. В этом районе расположено значительное количество населенных пунктов и фермерских хозяйств. Поэтому проблема накопления токсикантов в организме животных и влияние этого фактора на состояние их здоровья приобретает особую актуальность.

Повышенные концентрации поллютантов на территориях, прилегающих к источникам техногенных эмиссий, создают предпосылки для токсического поражения живых организмов, населяющих эти участки. Нами в 40 населенных пунктах и фермах, расположенных в указанных территориях проведены радиологические, радиохимические и токсикологические исследования питьевой воды, растительных кормов, составляющих суточный рацион взрослых животных, молока. Изучены накопления радионуклидов и тяжелых металлов (атомно-абсорбционным методом) в органах и тканях коров (5-8 летнего воз-

раста), костей скелета, мышц, печени, лимфатических узлов. Определяли концентрации ^{90}Sr , ^{137}Cs , ^{210}Pb , тяжелых и токсичных металлов Zn, Al, Mn, Cu, Cd, Pb, F. Установлено, что в районах с наибольшим количеством промышленных предприятий в растительных кормах, питьевой воде имеются бо-

лее высокие (в 2-4 раза) концентрации ^{90}Sr , Zn, Cd, Cu, чем в других районах (Табл. 1).

В этих же территориях в организме животных накапливаются значительные уровни радионуклидов – ^{90}Sr и ^{137}Cs (Табл. 2).

Таблица 1. Содержание ^{90}Sr и ^{137}Cs в питьевой воде и кормах в разных населенных пунктах (фермах)

ФЕРМЫ	Содержание ^{90}Sr (пКи/кг)		Содержание ^{137}Cs (пКи/кг)	
	вода питьевая	суммарн. содерж. в суточ. рационе коров	вода питьевая	суммарн. содерж. в суточ. рационе коров
Бродовской	0,89	1924,0	1,81	838,0
Каменский	1,33	7915,0	1,11	728,8
Сосновский	1,16	5305,0	0,159	1562,0
Тимирязева	1,17	1467,0	0,479	1010,0
Камышлов	1,19	2883,2	0,474	925,6
Храмцово	2,05	3010,0	0,99	833,1
Асбест	0,89	2232,2	0,66	1850,0

Таблица 2. Содержание ^{90}Sr и ^{137}Cs в молоке и органах и тканях коров из разных районов

ФЕРМА	Содержание ^{90}Sr (пКи/кг)			
	молоко	мышцы	костная ткань	печень
Бродовской	2,78	8,2	2186	8,9
Каменский	7,13	10,4	2611	16,6
Сосновский	3,5	12,5	1076	13,4
Тимирязева	10,2	8,64	1107	6,2
Камышлов	3,03	10,8	707	17,2
Храмцово	19,3	3,98	280	4,1
Асбест	7,97	8	717	9,4

ФЕРМА	Содержание ^{137}Cs (пКи/кг)			
	молоко	мышцы	костная ткань	печень
Бродовской	4,58	8,81	172	10,6
Каменский	4	14,4	176	21,2
Сосновский	2,54	17,6	181	19,8
Тимирязева	27,5	6,42	283	14,5
Камышлов	9,68	47,6	156	13,1
Храмцово	3,47	7,14	194	8,4
Асбест	60,5	9,8	182	77

Наибольшее количество ^{90}Sr , во много раз (8-15 раз) превышающее установленные нормативы, отмечено в реберных костях животных из поселков, расположенных в зоне наибольшего радиоактивного загрязнения - п. Рыбниково и Метлино (Рис.1).

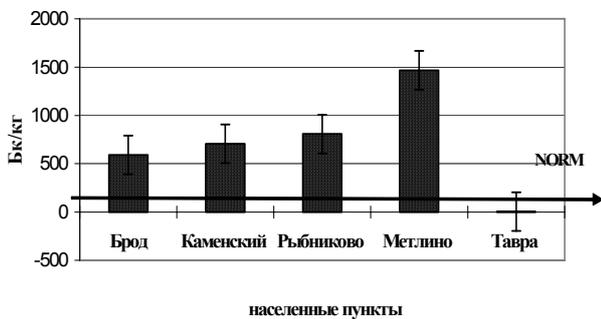


Рисунок 1. Содержание ^{90}Sr в костях коров из зоны ВУРСа

Динамика накопления радионуклидов в костях животных в зависимости от возраста представлена на рисунке 2. В зоне ВУРСа наибольшее накопление идет у животных старше 3 лет, что, видимо, связано с изменением режима содержания (введение пастбы)

и увеличение в рационе доли силоса и сенажа, где выявлены наибольшее количество элемента.

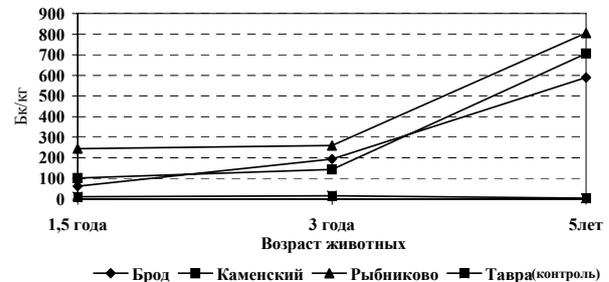


Рисунок 2. Динамика накопления ^{90}Sr в костях крупного рогатого скота из территории ВУРСа

В организме животных в промышленных зонах накапливаются значительные уровни Zn, Al, Mn, Cu, Cd, Pb, F существенно (в 5-10 раз) превышающие установленные нормативы (ПДК) (Табл.3, Рис. 3-5). Причем у животных из особо неблагоприятных экологических зон в органах и тканях отмечали превышение допустимых уровней по 5-7 поллютантов одновременно (Zn, Mn, Cu, Cd, Pb).

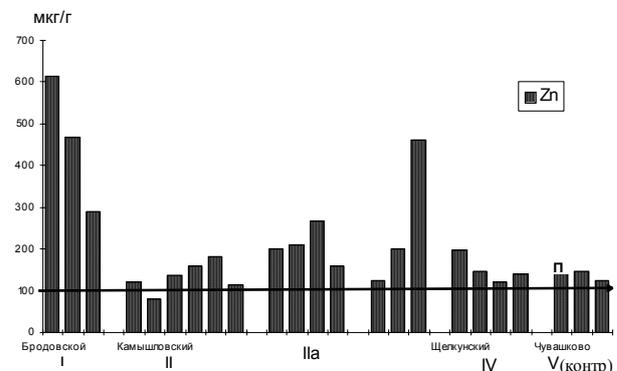


Рисунок 3. Содержание Zn в печени коров из разных территорий Урала

Таблица 3. Суммарное содержание солей тяжелых металлов в суточном рационе коров из опытных хозяйств

Территории сельхозпредприятий	Содержание элементов в суточном рационе мкг/г				
	Zn	Al	Cu	Mn	Cd
Промышленные выбросы и ВУРС	5240	13012	1005	2241	13,6
ВУРС, АЭС, Химкомбинаты	2093	11701	313	131	7,4
ВУРС, р.Теча	2111	5881	121	1330	2,8
Промышленные выбросы	1433	12691	90	1109	3,1
Геохимические провинции	2034	11496	599	1296	8,6
Контрольные	1527	5419	191	1126	4,0



Рисунок 4. Содержание Cd в тканях коров из территорий с разной экологической характеристикой

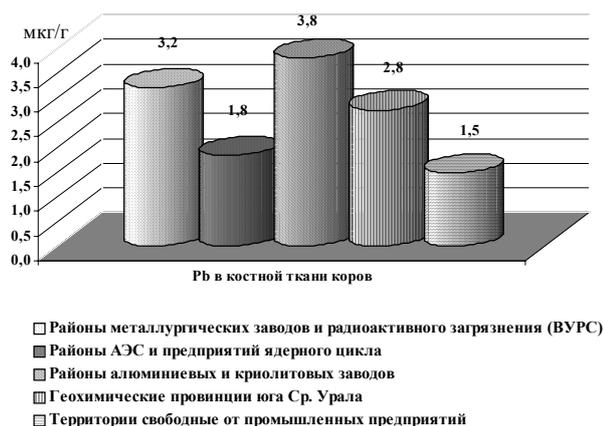


Рисунок 5. Содержание свинца в костях коров из территорий с разной экологической характеристикой

Такой прессинг ксенобиотиков не может не вызвать перестройки как отдельных систем, так и всего организма в целом.

Исследования клеток костного мозга у данных животных выявило увеличение в 2–2,5 раза количества хромосомных aberrаций, по сравнению с животными из благополучных в экологическом плане территорий. Выявлена положительная корреляция уровня спонтанного мутагенеза и концентрации тяжелых металлов (Pb и Cd) в костях животных (Рис. 6).

В результате действия токсикантов происходят существенные сдвиги в функциях отдельных систем организма, проявляющиеся появлением атипичских форм течения заболеваний, новых нозологических форм [1].

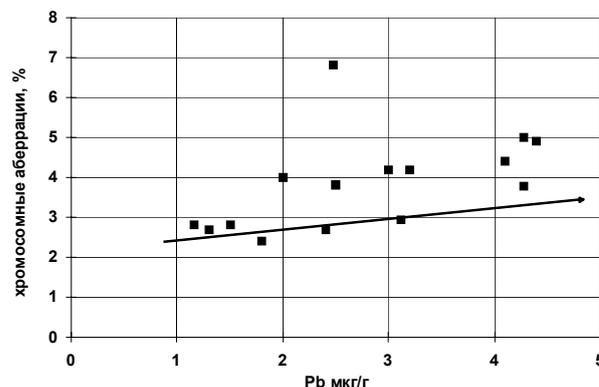


Рисунок 6. Коррелятивная зависимость уровня хромосомных aberrаций в клетках костного мозга коров и накоплением свинца в костной ткани (n=120)

Одной из наиболее чувствительных систем организма, более подверженной негативным воздействиям на самых ранних этапах, является система иммунитета [3]. Исследования показателей иммунной системы у этих животных (циркулирующих иммунных комплексов (ЦИК), фагоцитарной активности нейтрофилов, популяций Т- и В-лимфоцитов, уровня IgG и IgM) показали, что имеет место развитие иммунодефицитного состояния, проявляющееся прежде всего в увеличении ЦИК, угнетении фагоцитоза, снижении количества Т-лимфоцитов, лимфоцитопении. Угнетение отдельных звеньев иммунокомпетентной системы, сопровождается резким снижением естественной резистентности животных. Проникающие на этом фоне болезнетворные агенты (прежде всего вирусы, бактерии, грибки) не встречаются на своем пути достаточно эффективной защиты, отсюда их действие оказывается более тяжелым. Слабый иммунный ответ обуславливает стертые клинические симптомы заболевания или удлинение инкубационных (скрытых) стадий болезни.

Проведенными нами исследованиями выявлены серьезные сдвиги в иммунологическом статусе животных в указанных территориях. В частности здесь установлено, что новорожденные животные болеют чаще острыми респираторными заболеваниями, инфекциями вызываемыми условно-патогенной микрофлорой, которая в нормальных условиях патологических состояний обычно не вызывает (колибактериоз, сальмонеллез и пр.). У собак, кошек в экологически неблагоприятных условиях мы регистрируем атипичское течение заболеваний: чумы пло-

тоядных, парвовирусных гастроэнтеритов, инфекционных гепатитов, бронхитов, фарингитов, пневмонии, нефритов и прочих. В последние годы у собак участились случаи прорыва иммунитета при вакцинациях против вирусных заболеваний, отмечается слабый ответ на медикаментозное лечение. Резко увеличилось количество случаев аномального течения беременности и родов у собак и кошек, рождение мертворожденных или слабых, с пониженной массой тела плодов. Участились случаи заболеваний костной системы у собак. За последние 5 лет в 2,5 раза чаще регистрируются остеопорозы, тяжелые формы рахита, сложные переломы костей.

По данным Министерства здравоохранения России на протяжении последних 20 лет отмечается отчетливая тенденция роста заболеваемости и смертности населения региона от злокачественных новообразований. За период 1960–1998 гг. онкозаболеваемость возросла с 173,8 до 293,3 на 100 тыс. населения, а смертность соответственно с 122,9 до 206,5 случаев. Только в 1998 г. от злокачественных заболеваний умерло 2707 человек трудоспособного возраста (выше, чем от других категорий заболеваний). Аналогичную тенденцию мы отмечаем у домашних животных (в частности собак и кошек). Анализ случаев оказания лечебной помощи животным по поводу новообразований в клинике УрГСХА и других лечебных учреждениях г. Екатеринбурга, показал, что растет процент злокачественных образований, особенно у собак. По сравнению с 1995 г. в 2002 г. в 2 раза чаще был поставлен диагноз новообразований различной локализации (Рис.7).

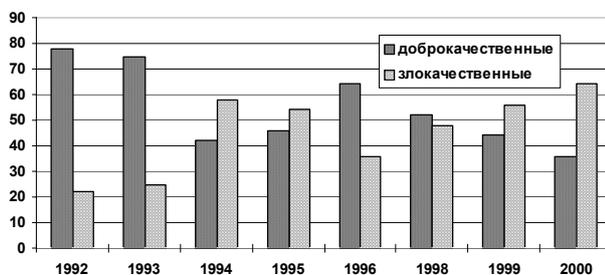


Рисунок 7. Структура онкологической заболеваемости у собак

Из доброкачественных опухолей наиболее часто регистрировали фиброму и аденому молочной железы, аденому третьего века, фиброму губ и носа, липомы кожи, молочной железы. Из злокачественных – плоскоклеточный ороговевающий рак кожи, круглоклеточную саркому слизистых половых органов сук и кобелей, саркому трубчатых костей, рак молочных желез, лимфогрануломатоз. По видам животных - регистрировали новообразования у собак в 77% случаев, у кошек в 23%. Анализ проведенных результатов гистологических исследований новообразований показал, что в основном диагностируют фибромы, аденомы, липомы, раки и саркомы раз-

личных видов. Причем, если в 1998 г. из них было выявлено 50% доброкачественных, то в 2002 г. установлено уже 83% злокачественных опухолей. То есть отмечается рост данной патологии. Аналогичные данные получены при изучении распространения лейкоза среди коров.

Установлено, что по сравнению с другими территориями, лейкоз в индустриальных районах имеет более массовое распространение и более тяжелое течение [3]. Заболевание регистрируется в Свердловской области с 1963 г. Всего же по области в 1991-1993 гг. зарегистрировано 519 неблагополучных молочно-товарных ферм, представляющих 69% от общей их численности (Рис.8). Высокая заболеваемость (до 21%), лейкозом отмечена в фермах зоны ВУРСа. В других территориях заболеваемость в среднем составила 2-3%.

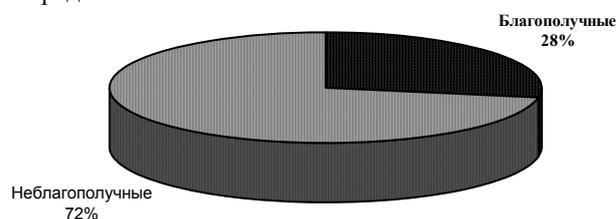


Рисунок 8. Распространение лейкоза крупного рогатого скота в Свердловской области

В связи тем, что антропогенное влияние на окружающую среду будет продолжаться и далее, а поступление загрязняющих отходов в природу неизбежно, можно прогнозировать и в дальнейшем увеличение частоты онкозаболеваемости домашних животных, в том числе злокачественного характера. Чтобы снизить смертность от данной патологии, необходимо развернуть комплекс диагностических и лечебных мероприятий, направленных на выявление ранних стадий новообразований у животных, дифференцировании их и своевременного проведения оперативного лечения.

Нами предложен ряд мероприятий направленных на уменьшение негативного действия среды на организм сельскохозяйственных животных (особенно крупного рогатого скота), позволяющих поддерживать здоровье их на физиологическом уровне. Комплекс включает: снижение поступления в организм с растительными кормами радионуклидов, тяжелых металлов и других токсичных веществ с помощью радиопротекторов и адсорбентов из природных минералов (диатомитов, глауконитов и прочих), коррекция иммунной системы с помощью иммуномодуляторов, тщательно спланированные противоэпизоотические мероприятия и другие методики. Осуществление данных мер позволяет повысить резистентность животных, снизить накопление в организме токсикантов, и, в конечном итоге, уменьшить их заболеваемость.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гилева Э.Ф., Косарева Н.Л. Любашевский Н.М. Изменчивость частоты хромосомных нарушений, индуцированных антропогенными поллютантами у домовый мыши из Гиссарской долины //Экология - 1993.-№1.-С.62-70.
2. Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды и влияние факторов среды обитания на здоровье населения Свердловской области в 2000 г. -Екатеринбург: Из-во Правительства Свердловской области - 2001. -218 с.
3. Проблемы лейкоза животных / Смирнов П.Н.; Незавитин А.Г.; Смирнова В.В.; Под ред. П.Н.Смирнова. –Новосибирск. - 1992. -468 с.
4. Восточно-Уральский радиоактивный след. Проблемы реабилитации населения и территорий Свердловской области /Чуканов В.Н.; Под ред. Проф. В.Н. Чуканова. -Екатеринбург: УрО РАН. - 2000.-286 с.

РАДИОАКТИВТІ ЖӘНЕ ХИМИЯЛЫҚ ЛАСТАНҒАН КЕШЕНДІ ЗОНАДАҒЫ МАЛДАРДЫҢ ДЕНСАУЛЫҚТАРЫНЫҢ ЖАҒДАЙЫ

Донник И.М.

Орал мемлекеттік ауыл-шаруашылық академиясы, Ресей, Екатеринбург

Орал аумағындағы өндірістік кәсіпорындардың жоғары концентрациясы және техногенді апаттардың нәтижесінде кейбір аймақтардағы малдардың ағзаларында және ұлпаларында ауыр металлдар мен радионуклидтер бірталай жинақталғаны белгіленген. Хромосомдық абберациялардың деңгейі ағзада жинақталған токсиканттардың мөлшеріне байланысты, оларда иммундық жүйенің көрсеткіштері зерттелді, Индустриалдық аудандарда малдардың онкологиялық дертке шалдығуы, соның ішінде ірі қара малдың лейкозы, экология жағынан жайлы аумақтарға қарағанда жоғарлығын көрсетті. Техногенді ластанудың негативтік тиімділігін төмендететін шаралар жүйесі жасалды.

ANIMAL HEALTH IN AREAS OF COMBINED RADIOACTIVE AND CHEMICAL CONTAMINATION

I.M. Donnik

Ural State Agricultural Academy, Ekaterinburg, Russia

It was found that man-caused accidents and high concentration of industrial facilities in the Ural Region caused considerable accumulation of radionuclides and heavy metals in animals of some relevant areas. These animals were examined for immune system indices and chromosomal aberrations vs. body content of accumulated toxic agents. It was also found that animal oncological morbidity including cattle leukosis is considerably higher in urban regions as compared to areas of relative ecological well-being. A system of actions has been developed to mitigate negative impact of man-caused contamination.

УДК 577.391:612.11

МОДЕЛЬ АДАПТАЦИИ СИСТЕМЫ ГЕМОИММУНОПОЭЗА К ХРОНИЧЕСКОМУ РАДИАЦИОННОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ В ДИАПАЗОНЕ МАЛЫХ И ПРОМЕЖУТОЧНЫХ МОЩНОСТЕЙ ДОЗ¹Шибкова Д.З., ¹Андреева О.Г., ¹Ефимова Н.В., ²Аклеев А.В.¹Челябинский государственный педагогический университет, Челябинск, Россия²Уральский научно-практический центр радиационной медицины, Челябинск, Россия

В работе исследованы радиобиологические закономерности состояния системы кроветворения и иммунного статуса мышей (линии СВА и С57В1/6) при хроническом внутреннем со снижающейся мощностью дозы β -облучении ^{90}Sr и внешнем γ -облучении с постоянной мощностью. Показано, что детерминированные эффекты длительного хронического облучения, проявляющиеся в развитии хронического радиационного поражения у экспериментальных животных, наблюдаются при γ -облучении с мощностью 6 сГр/сут и выше, или при внутреннем со снижающейся мощностью дозы β -облучения ^{90}Sr , введенного в концентрации выше 11,1 кБк/г, что согласуется с ранее сделанными другими авторами оценками "критического" для кроветворной системы уровня мощностей доз. Показано, что сокращение средней продолжительности жизни животных связано с дисбалансом внутри- и межсистемных связей иммуно – и гемопоэзов. Физиологический баланс этих систем обеспечен генетически детерминированными системами саногенеза, ответственными за формирование в организме адаптационных процессов. Уточнены характеристики положительных и отрицательных меж- и внутрисистемных связей, индуцированных дополнительно радиационными воздействием и заметно модифицирующих предсуществующие конститутивные регуляторные механизмы. На организменном уровне смоделирована модель адаптации системы гемоиммунопоэза к хроническому радиационному воздействию в диапазоне малых и промежуточных мощностей доз. Экспериментально обоснована возможность полной или частичной регенерации кроветворения в зависимости от мощности дозы и вида излучения.

ВВЕДЕНИЕ

Развитие современного общества неизбежно подразумевает появление новых, техногенных факторов, изменяющих среду обитания. При этом так же изменяется система динамических взаимоотношений между живыми объектами (включая человека) и средой. Для установления некоторого квазиравновесия между указанными составляющими необходимо время. И если скорость изменения среды не слишком критична, живые объекты способны адаптироваться к новым условиям обитания [1]. Появление техногенных источников ионизирующего излучения, повышает актуальность проблемы, связанной с выявлением механизмов действия ионизирующих излучений в дозах, превышающих фоновые, на живые объекты. При этом на передний план должен быть поставлен анализ адаптационных механизмов к новым условиям.

На возможность радиоадаптации живых систем указывает несколько положений. Несомненно, лучевое воздействие – всего лишь один из бесчисленных факторов среды, в окружении, которого "жизнь" возникла, прошла все фазы эволюции и существует в настоящее время. Следовательно, искусственные источники излучения не являются новым внешним фактором, к которому биологические системы должны были бы специально адаптироваться [2]. Примеров радиоадаптации описано достаточно много как у животных, так и у растений. Так, изучение животного мира территорий бывшего Семипалатинского полигона с уровнем радиации в пределах малых доз свидетельствует, что в зоне полигона био-

топы, кормовая база, половые признаки и биология грызунов, их видовое разнообразие, численность, половозрастной состав, генеративное состояние, морфометрические параметры и другие популяционные характеристики не отличаются от контрольных, полученных на "чистых" территориях обследуемой области [3]. Оценка реакций популяций животных, обитающих на территории ВУРСа, на хроническое облучение по наиболее важным жизненным показателям, проведенная в динамике смены десятков поколений, позволила определить направление эволюционных преобразований под воздействием факторов среды обитания [4]. В настоящее время остаточное загрязнение среды ^{90}Sr в головной части ВУРСа сопровождается постоянным β -облучением в низких дозах (около 1 сГр/сут). Глубина наблюдаемых преобразований, радиоадаптационные процессы имели масштаб модификационной изменчивости, обусловленной нормой реакции, или представляли собой устойчивые изменения генотипа. Как отмечают авторы [5], в целом отклонения в показателях жизнедеятельности мышей носят устойчивый и разнокачественный характер, что позволяет рассматривать их как компенсаторные и адаптивные реакции популяции животных на длительное обитание в условиях хронического облучения в низких дозах.

Анализ литературных данных позволяет предположить, что в основе феномена радиоадаптации, по видимому, лежат, во-первых, популяционные механизмы, т.е. в выборках, подвергающихся длительное время хроническому облучению, происходит отбор

наиболее радиоустойчивых организмов. Радиочувствительные, ослабленные, уродливые формы элиминируются естественным отбором. Во-вторых, в условиях повышенного радиационного фона реализуются онтогенетические механизмы приспособления, т.е. происходит физиологическая перестройка метаболизма организмов в пределах возможностей генотипов. Таким образом, под влиянием радиационного фактора мобилизуется весь адаптивный потенциал, присущий конкретным видам. В итоге организмы из таких популяций обладают повышенной устойчивостью к повторному облучению в больших дозах [6].

Данные по формированию радиоадаптации в онтогенезе отдельной особи недоказательны. Однако феномен "адаптивного ответа", при котором на всех уровнях организации организма предшествующая малая лучевая доза снижает реакцию на большую, доказана и у млекопитающих, что является одним из убедительных доводов в пользу возможности благоприятного изменения реактивности [7]. Проблема адапционных реакций в приложении к действию ионизирующего излучения осложняется тем, что ионизирующее излучение рассматривают как абиогенный фактор, так как он является бессенсорным раздражителем. Б.Н. Ильин считает, что не следует называть адаптацией реакции на последствия воздействия тех факторов среды, которые не имеют в организме рецепторов, и тех, которые действуют деструктивно на любом структурном уровне организма [8]. Ю.К. Кудрицкий, А.Б. Георгиевский и В.И. Карпов развивая адаптационную теорию биологической эффективности ионизирующего излучения аргументируют актуальность смены в радиобиологии, как они считают, устаревшей парадигмы – линейно – беспороговой концепции на предлагаемую ими [9-11]. В наиболее общем виде их аргументация смены парадигмы сводится к тому, что линейно – беспороговая концепция, возникшая в результате необходимости прагматического решения вопросов радиационной безопасности при недостатке научной информации о биологической эффективности низких уровней ионизирующего излучения, стала в настоящее время барьером между теоретической биологией и развивающейся теоретической радиобиологией. Она исключает из рассмотрения основную биологическую зависимость качества реакции организма в интегрированном ее виде от уровня воздействия [9].

Выяснение механизмов адаптации к пожизненному облучению связано, прежде всего, с исследованием кроветворения и иммунитета – систем, выполняющих основную роль в поддержании гомеостаза. В настоящей работе мы предприняли попытку создать структурно – функциональную модель адаптации системы гемоиммунопоэза к хроническому радиационному воздействию. Основные положения данной работы базируются на материалах ряда собственных экспериментов, выполненных

на мышах инбредной линии СВА с использованием разных видов ионизирующих излучений: γ - и β -, принципиально моделирующих ситуации внешнего γ -облучения (^{137}Cs) и внутреннего β - (за счет инкорпорированного ^{90}Sr) хронического воздействия, имевшее место при радиационных инцидентах на Южном Урале и на многочисленных данных других исследователей.

Для установления последовательности изменений основных отделов системы гемоиммунопоэза в условиях пожизненного облучения экспериментальных животных проводили исследования ранних эффектов в период от 1-ых до 30-х суток и отдаленных – на 90-е, 180-е, 270-е, 360-е, 540-е сутки воздействия радиационного фактора. Одновременно регистрировали интегральные показатели состояния биологических объектов, основные параметры системы кроветворения и иммунного статуса, что позволило выявить наиболее чувствительные звенья в организации гомеостаза организма в условиях хронического радиационного воздействия в различных режимах.

МОДЕЛЬ АДАПТАЦИИ СИСТЕМЫ ГЕМОИММУНОПОЭЗА К ХРОНИЧЕСКОМУ РАДИАЦИОННОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ В ДИАПАЗОНЕ МАЛЫХ И ПРОМЕЖУТОЧНЫХ МОЩНОСТЕЙ ДОЗ

Основные результаты наших экспериментальных исследований представлены в ряде публикаций в центральной печати [12-15].

Об уровне адаптации организма к условиям среды обитания можно судить по такому критерию, как средняя продолжительность жизни биологических объектов. Для мышей линии СВА контрольной группы СПЖ составила 634 ± 22 дня. Снижение данного показателя выявлено в группах животных, облучавшихся с дозами 6 и 16 сГр/сут на 15 и 38% соответственно ($p < 0,05$). У мышей, облучавшихся с мощностями 1 и 4 сГр/сут, СПЖ соответствовала значениям контроля. Следовательно, при таком длительном облучении форма соотношения между дозой и эффектом изменяется с различными коэффициентами снижения эффективности для различных кумулятивных доз. Модификация формы соотношения доза – эффект, вероятно, обусловлена тем, что изменения при различных дозах воздействия накладываются на изменения самой биологической системы за период адаптации к облучению [16]. Учащение патологии опухолевой и неопухолевой природы, обуславливающей структуру смертности экспериментальных животных, не удалось строго связать с мощностью или с кумулятивной дозой облучения, на что ранее указано в работах [17-19]. Область значений мощности доз внешнего и внутреннего облучения, при которых сокращение продолжительности жизни у крыс не отмечено по результатам нашего исследования, для γ -облучения составляет менее 3-5 сГр/сут, а для β - менее 10–15 сГр/сут, что согласуется с имеющимися данными [20].

Материалы исследования показывают, что существенной особенностью реакции организма на хроническое радиационное воздействие (ХРВ) в диапазоне малых и промежуточных мощностей доз является возможность развертывания во времени эволюционно закрепленных механизмов адапционно-компенсаторных реакций, составляющих в своей основе разноуровневые процессы регуляции гомеостаза. Принятие системно-эволюционного подхода к анализу радиобиологических эффектов ХРВ дает возможность описать механизмы адаптации системы гемоиммунопоэза. Одной из частных разновидностей адаптационных реакций являются компенсаторные процессы, которые реализуются на внутриклеточном, внутриорганном, внутрисистемном, межсистемном уровнях. Компенсаторными процессами принято считать совокупность реакций организма на повреждение, выражающееся в возмещении нарушенных функций организма за счет деятельности неповрежденных систем, отдельных органов или их составных частей. К этому же классу биологических явлений относят и приспособительные реакции [23]. В связи с чем обосновано говорить о компенсаторно-приспособительных реакциях организма. В основе структурного обеспечения разнообразия этих реакций лежат следующие принципы:

1. непрерывность варьирования числа активно функционирующих структур в соответствии с меняющимися условиями окружающей среды и требованиями, предъявленными к данному органу со стороны всего организма (мобилизация имеющихся ресурсов);
2. при более или менее длительной функциональной нагрузке происходит гиперплазия и/или гипертрофия клеток, количественно соответствующая уровню возросшей нагрузки;
3. широкое дублирование физиологических функций, что обеспечивает неизмеримо большую возможность для их сохранения и восстановления в случае действия патогенных факторов.

Названные принципы структурного обеспечения гомеостаза относятся к количественным. Однако существует множество факторов внешней среды для нейтрализации действия которых мало количественных изменений и требуются иные ответные реакции организма, которые представляют собой качественную перестройку систем организма. Перестройки, развертывающиеся на молекулярном уровне, заключаются в рекомбинантных преобразованиях структур при неизменной количественной характеристике. На основе перегруппировок в генетическом аппарате возникают спонтанные и индуцированные хромосомные мутации. Таким образом, есть основания говорить о рекомбинационных преобразованиях как о важном механизме адаптивных реакций организмов [23].

Таким образом, исходные теоретические положения, лежащие в основе разработки модели адаптации, можно свести к следующим:

1. возрастание уровня организации живой субстанции повышает ее отражательную способность и приводит к возникновению опережающего отражения как приспособительной реакции на основе фиксации "прошлого опыта" в генетическом коде с возможностью использования этой информации в процессе текущей (и будущей) жизнедеятельности [21];
2. под влиянием физических, химических и других воздействий внешней среды на микроуровне живого возникают мутации, являющиеся одной из причин изменчивости. Чаще всего они "неблагоприятны", но из отдельных "благоприятных" возникают новые формы, которые закрепляются естественным отбором, выступающим "как механизм, ответственный в конечном итоге за усложнение и совершенствование самого хранилища наследственной информации" [22];
3. в результате действия механизма обратной связи, составляющего сущность биологических процессов и эволюционного, в частности, полезные мутации закрепляются. На уровне организмов это означает закрепление индивидов, реакции которых наилучшим образом обеспечивают их выживаемость при изменении внешних условий.

Разработанная нами модель управления (регуляции) гемоиммунопоэзом, отражающая процессы выбора стратегии адаптации к хроническому радиационному воздействию, схематично представлена на рисунке 1.

Согласно этой модели, изменения уровня радиационного воздействия выступают как сигнал отклонения параметров среды и запускает в виде отрицательной обратной связи замкнутые системы саморегуляции - гомеостазис. Включение механизмов компенсаторно-приспособительных реакций в системе гемоиммунопоэза в ответ на взаимодействие с ионизирующим излучением, начинается с дестабилизации гомеостаза. Биологическая целесообразность такой реакции заключается в ее информационной роли [24]. Неадекватная сигнализация, порождаемая дозами облучения, превышающими естественный радиационный фон, приводит к нарушению пространственной и временной организации иммунной и гемопоэтической систем и их интегративных функций с различной степенью выраженности в зависимости от интенсивности воздействия [25]. Так, хроническое облучение с дозами 1 и 4 сГр/сут по клеточным и интегральным критериям оценки свидетельствуют о раздражающем действии ионизирующего излучения, по классификации, предложенной Рождественским Л.М. [16].

МОДЕЛЬ АДАПТАЦИИ СИСТЕМЫ ГЕМОИММУНОПОЭЗА К ХРОНИЧЕСКОМУ РАДИАЦИОННОМУ ВОЗДЕЙСТВИЮ В ДИАПАЗОНЕ МАЛЫХ И ПРОМЕЖУТОЧНЫХ МОЩНОСТЕЙ ДОЗ

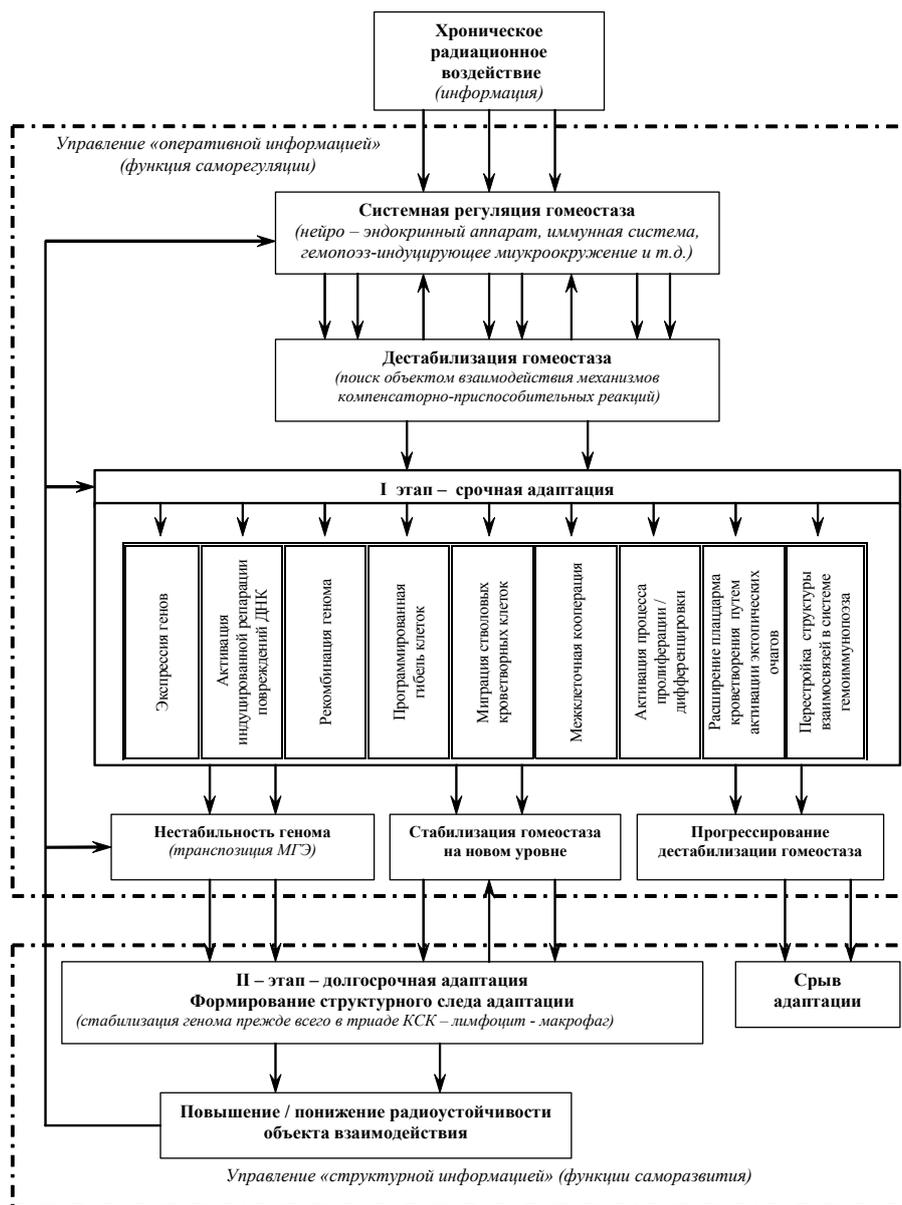


Рисунок 1. Модель адаптации системы гемоиммунопоэза к хроническому радиационному воздействию в диапазоне малых и промежуточных мощностей доз

В этом диапазоне мощностей доз реакции системы гемоиммунопоэза носят неспецифический характер, что выражается колебаниями показателей (клеточность органов кроветворения, содержание лейкоцитов в крови, количество клеток миелоидного и эритроидного ростка в костном мозге и др.) вокруг значений контроля в первые 6 месяцев воздействия. С увеличением сроков облучения амплитуда колебаний снижается, и параметры гомеостаза облученных животных не отличаются от контрольных значений, кумулятивные дозы при этом соответствуют 5,4 и 21,6 Гр. Результаты исследования свидетельствуют, что мощность дозы 6 сГр/сут является пороговой по признакам хронической лучевой болезни у радиорезистентных мышей линии СВА. Мощность дозы 16 сГр/сут, при которой нами

регистрировались не только высокие темпы повреждения основных отделов системы гемоиммунопоэза, но и выраженные регенеративные процессы, длительно компенсирующие эти повреждения, относится к зоне порога по показателям ЛД₅₀ при хроническом облучении.

На первом уровне регуляции адаптационно – компенсаторными реакциями в предлагаемой модели представлены механизмы срочной адаптации, которые могут быть сведены к следующим: 1) изменение межклеточных взаимоотношений; 2) миграция КОЕс; 3) изменение ритмики активности функционирующих клеток, через активацию процесса пролиферации / дифференцировки; 4) появление эктопических очагов кроветворения, прежде всего в селезенке; 5) изменение характера и уровня, внутри-

системных ауторегуляторных процессов, благодаря перестройке структуры взаимосвязей в системе гемоиммунопоэза. Второй уровень регуляции связан с развиваемой постепенно долгосрочной адаптацией.

Механизмы срочной и долговременной адаптации к хроническому лучевому воздействию следует рассматривать как последовательный переход из одного информационного поля в другое, связанный с повышением использования наследственной информации для реализации стратегии адаптации. Если первичное поражение биологических систем при воздействии ионизирующей радиации зависит от физических свойств взаимодействующих вещества и энергии, то восстановление их определяется биологическими особенностями исследуемого объекта и поэтому находится под генетическим контролем. Действие повреждающего фактора вызывает существенное увеличение диапазона адаптивных реакций организма и одновременно мобилизацию резервных возможностей для формирования внутри – и межсистемных реакций компенсации нарушенных или утраченных организмом функций. В физиологической основе компенсаторных реакций лежит формирование новой системы взаимодействия сохранившихся структур. Следует подчеркнуть, что в целостном организме практически не существует изолированных компенсаторных процессов, внутрисистемные механизмы компенсации находятся в интегративной взаимосвязи и объединены межсистемными компенсаторными реакциями.

Организм представляет собой единую гомеостатическую систему. В результате непрерывного и многостороннего нервно–гуморального взаимодействия компонентов в гомеостатической системе формируется их постоянная функциональная сопряженность. Она выражается в наличии корреляций (разной формы и степени выраженности) средних уровней активности клеток, органов и систем организма (Рис. 2). Смена условий существования (появление такого фактора как хроническое радиационное воздействие) приводит систему гемоиммунопоэза в состояние активного поиска нового стационарного состояния, что выражается в увеличении общего числа достоверных корреляционных связей по отношению к контролю, уменьшении / увеличении доли стабилизирующих (отрицательных) связей и исчезновении / появлении связей характерных для интактных животных. Такая система является максимально лабильной, что позволяет ей выйти на новый стационарный уровень функционирования, обеспечивающий жизнеспособность организма в условиях ХРВ. При этом формируется функциональная система, компенсирующая радиационные повреждения. Повреждения той или иной части гомеостатически организованной системы гемоиммунопоэза приводит к перераспределению активности между ее относительно неповрежденными компонентами, т.е. имеет место стремление сохранить гомеостазис организма и компенсировать функциональный дефект поврежденных структур (Рис. 3, 4).

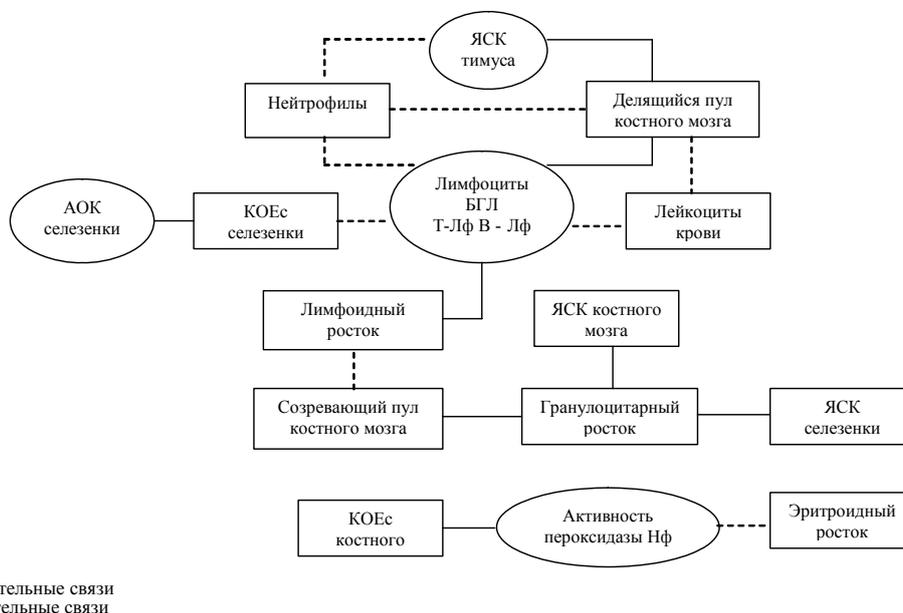


Рисунок 2. Структура достоверных корреляционных связей параметров системы гемопоэза и иммунитета мышей линии СВА контрольной групп (Нф– нейтрофилы; Т - Лф – Т - лимфоциты; В - Лф – В – лимфоциты; БГЛ –большие гранулярные лимфоциты, АОК – антителообразующие клетки; КОЕс – колониеобразующие единицы; гранулоцитарный росток – абсолютное содержание клеток гранулоцитарного ростка в костном мозге (миелобласты, промиелоциты, миелоциты, метамиелоциты, палочкоядерные и сегментоядерные нейтрофилы, эозинофилы); эритроидный росток - абсолютное содержание клеток эритроидного ростка в костном мозге (эритробласты, нормобласты: базофильные, полихроматофильные, оксифильные)).

Известно, что в нормальных условиях кроветворные стволовые клетки (КСК) реализуют функцию кроветворения путем взаимодействия в триаде КСК – лимфоцит – макрофаг [26]. Для осуществления той же функции после облучения важна не только выживаемость КСК, но и функциональное состояние остальных клеток триады – лимфоцитов и макрофагов, участвующих в межклеточных взаимодействиях путем продукции лимфокинов, которые способствуют восстановлению нарушенных кроветворения и иммунитета [27-29]. В организме интактных животных ведущую роль в поддержании оптимального клеточного гомеостаза играют параметры иммунитета, прежде всего численность Т – лимфоцитов и больших гранулярных лимфоцитов (БГЛ). Так, положительная корреляция между Т – лимфоцитами и количеством делящихся клеток (Рис. 2) отражает стимуляцию пролиферации делящихся клеток костного мозга, что обусловлено ролью Т – лимфоцитов в регуляции кроветворения через синтез огромного количества гемопоэтических факторов роста (ИЛ-3, ИЛ-4, ИЛ-5, КСФ-ГМ и др.).

В организме интактных животных В-лимфоциты выступают фактором, стабилизирующим колонию-образование и антителогенез в селезенке. В условиях ХРВ в диапазоне кумулятивных доз (0,3 – 5,4 Гр) на фоне чрезвычайной неустойчивости многих параметров гемоиммунопоэза происходит диссоциация стабилизирующих связей и активация регуляторных, преимущественно стимулирующих влияний В- лимфоцитов на процессы кроветворения. Регу-

лирующее воздействие В-лимфоцитов подтверждается положительными связями данного параметра с общим количеством ядросодержащих клеток костного мозга, с количеством клеток созревающего пула и гранулоцитарного ростка (Рис.3), т.е. в первую очередь направлено на стимуляцию процессов дифференцировки и созревания, которые оказались угнетенными в условиях ХРВ мощностью 1 сГр/сут. В более жестких условиях радиационного воздействия (16 сГр/сут) цитокинообразующая функция В-лимфоцитов реализуется в регуляции пролиферации КСК в селезенке (Рис.4).

На субклеточном уровне при хроническом облучении могут активироваться процессы репарации повреждений ДНК, что может увеличивать скорость и/или качество репарации возникающих радиационно- индуцированных повреждений и проявиться в форме адаптивного ответа. В результате на клеточном уровне, в ситуации ХРВ, регистрируется повышение радиорезистентности клеток [30-33]. Репарация ДНК в ядросодержащих клетках системы крови, выполняющих у животных жизненно важные функции кроветворения, иммунологической и неспецифической защиты особи от агрессии микроорганизмов и чужеродных антигенов, обеспечивая интактность центрального (информационного) звена системы их жизнедеятельности (ДНК), сохранение ими жизнеспособности и функциональной активности, образует одну из биохимических детерминант радиорезистентности организма [34].

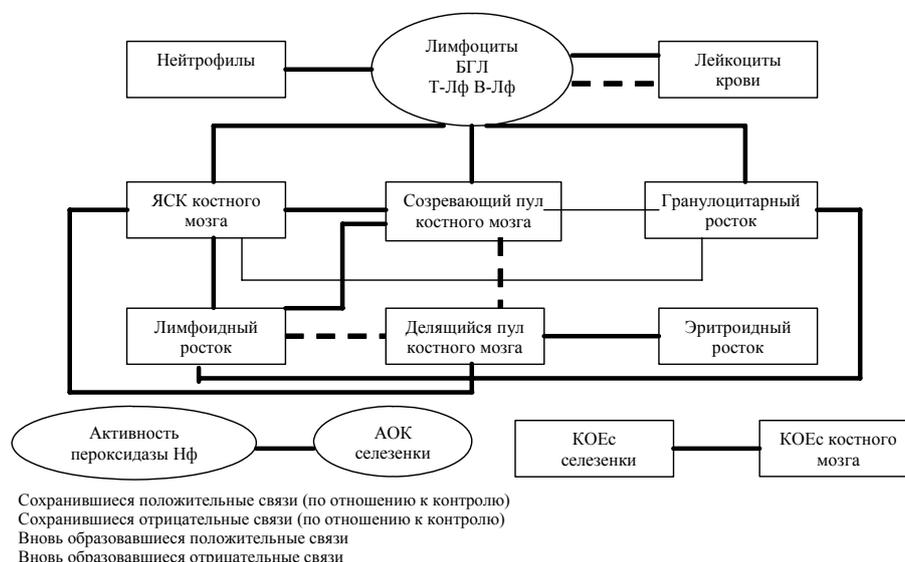


Рисунок 3. Структура достоверных корреляционных связей параметров системы гемопоэза и иммунитета у мышей линии СВА, облучавшихся с мощностью дозы 1 сГр/сут (Нф – нейтрофилы; Т-Лф – Т-лимфоциты; В-Лф – В-лимфоциты; БГЛ – большие гранулярные лимфоциты, АОК – антителообразующие клетки; КОЕс – колониобразующие единицы; гранулоцитарный росток – абсолютное содержание клеток гранулоцитарного ростка в костном мозге (миелобласты, промиелоциты, миелоциты, метамиелоциты, палочкоядерные и сегментоядерные нейтрофилы, эозинофилы); эритроидный росток – абсолютное содержание клеток эритроидного ростка в костном мозге (эритробласты, нормобласты: базофильные, полихроматофильные, оксифильные)).

Основным механизмом нормализации функций системы гемоиммунопоэза, несомненно, следует считать репопуляционное размножение клеток, сохранивших при облучении способность к делению. Необходимо отметить, что любые тенденции по стабилизации гемопоэза на уровне КСК у облученных животных осуществляются при активном участии колониеобразующих единиц (КОЕс) селезенки [35]. Согласно данным литературы [36], при неравномерном остром внешнем γ -облучении (экранировании селезенки или, напротив, экранировании остальных участков тела мышей, исключая брюшной сегмент) в необлученных участках кроветворения наблюдалась "гиперрегенерация", то есть увеличение численности КОЕс и клеточности органа выше уровня контроля. Это происходит вследствие как миграции стволовых клеток, так и увеличения скорости пролиферации в результате регуляторных гуморальных воздействий. Очевидно, что в наших экспериментальных работах наблюдаются эффекты той же природы. Подробно данный материал представлен в работе [14].

В этой связи представляет интерес циркулирующая в периферической крови популяция КОЕс. При β -облучении и наибольшей мощности дозы радиационного воздействия (80-70 сГр в первые сутки) число мигрирующих КОЕс достоверно ($p < 0,05$) увеличивалось более чем в 4 раза. К 20-м суткам концентрация

КОЕс в периферической крови доходит до уровня нормы и на протяжении остального периода исследований (до 360 суток) остается в этих пределах [12].

Таким образом, результаты исследования указывают на активизацию экстрамедулярного кроветворения в селезенке, что может рассматриваться как компенсаторная реакция на преимущественное облучение костного мозга. Селезенка является также благоприятным участком для пролиферации мигрирующих КОЕс, повышение уровня которых в первые сутки после радиационного воздействия наблюдалось в эксперименте. Субпопуляционная организация пула КСК выступает в качестве фактора поддержания его стабильности (биологической надежности). С этих позиций пул КСК разделен на морфо-функциональные совокупности клеток: 1) субпопуляция активно циркулирующих КСК в нормальных условиях гемопоэза; 2) субпопуляция КСК, представляющую собой легко мобилизующийся резерв при стресс-гемопоэзе; 3) субпопуляцию КСК, пролиферативная активность которых блокирована и для ее стимуляции требуется "высокий градиент" (пороговая мощность дозы/ суммарная доза) действующего агента.

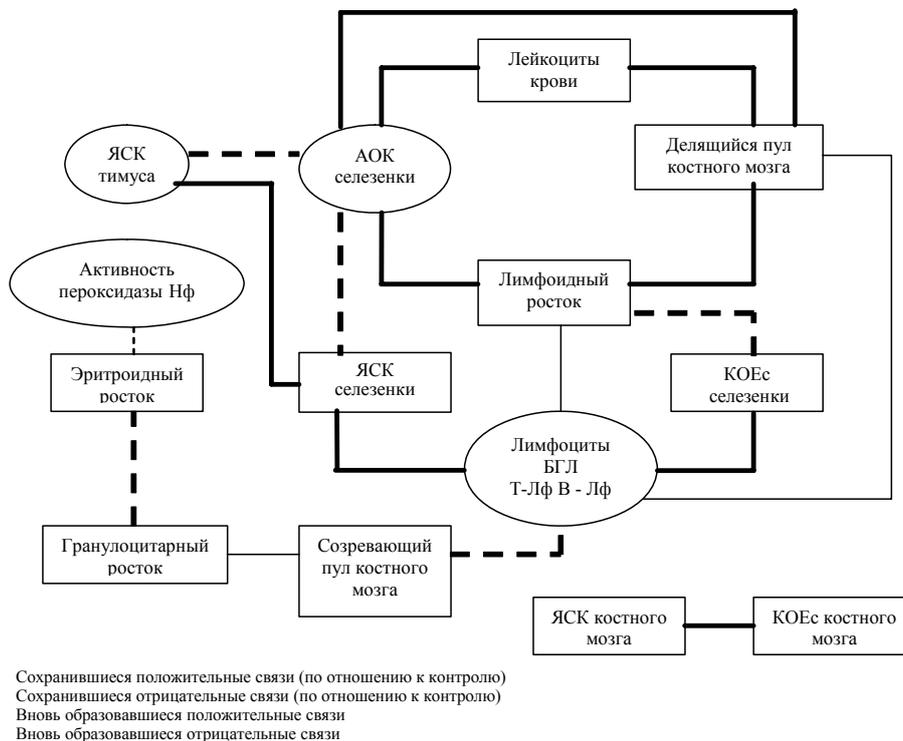


Рисунок 4. Структура достоверных корреляционных связей параметров системы гемопоэза и иммунитета у мышей линии СВВ, облучавшихся с мощностью дозы 16 сГр/сут. (Нф - нейтрофилы; Т-Лф - Т-лимфоциты; В-Лф - В-лимфоциты; БГЛ - большие гранулярные лимфоциты, АОК - антителообразующие клетки; КОЕс - колониеобразующие единицы; гранулоцитарный росток - абсолютное содержание клеток гранулоцитарного роста в костном мозге (миелобласты, промиелоциты, миелоциты, метамиелоциты, палочкоядерные и сегментоядерные нейтрофилы, эозинофилы); эритроидный росток - абсолютное содержание клеток эритроидного роста в костном мозге (эритробласты, нормобласты: базофильные, полихроматофильные, оксифильные)).

Компенсаторно–приспособительная реакция клонального кроветворения в селезенке мышей активизируется при достижении критического дефекта общего объема кроветворения на уровне 90% поражения стволового пула костного мозга, через стимулирующее влияние В–лимфоцитов. При облучении инкорпорированным ^{90}Sr (в количестве 29,6 кБк/г) сверхнормальный уровень популяции КОЕс селезенки отмечается с момента накопления суммарной дозы 6,72 Гр. К этому времени мощность дозы составляла 38,7 сГр/сут. При внешнем γ -облучении с постоянной мощностью 16 сГр/сут превышение уровня контроля по этому показателю происходит при суммарной дозе 28,8 Гр. В условиях нормы колониобразующая функция селезенки тормозится наличием полноценных очагов кроветворения и депрессорным влиянием со стороны В–лимфоцитов.

В условиях хронического воздействия ионизирующего излучения дестабилизация морфофункционального статуса организма, длительность и глубина которой зависит от мощности дозы облучения, происходит на фоне прогрессирующей утраты способности к сохранению стабильного функционального состояния. В результате организм либо погибает, если превращается в нестабильную систему, в которой дивергирующие процессы перестают координироваться; либо устанавливается новый уровень гомеостаза, адекватно отражающий изменившиеся условия существования. После большинства повреждений в организме человека и животных полного восстановления исходных показателей гомеостаза не происходит, и функциональная система, сформировавшаяся на этапе срочной адаптации, сохраняется в течение последующей жизни организма. Явление, обеспечивающее переход от срочной компенсации к долговременной, состоит в том, что реализуется внутриклеточный регуляторный механизм, связывающий уровень функции клетки с генетическим аппаратом [37,38]. Возникновение определенных структурных изменений во всех звеньях компенсирующей функциональной системы (от генетического до тканевого уровня) приводит к развитию структурного следа адаптации. Дальнейшее развитие и самосовершенствование биологической системы в условиях ХРВ, таким образом, обусловлено отбором и сохранением "структурной информации"[38].

Хроническое облучение в малых дозах приводит к появлению феномена структурно–функционального непостоянства генетического материала, проявляющегося разрывами и переконформациями ДНК, перекомпактизацией хроматина, абберациями хромосом, анеу/полиплоидиями, внеплановой экспрессией/супрессии генов, генными и хромосомными мутациями. Наряду с увеличением частоты мутаций, снижающих жизнеспособность (летальных, полублетальных), возможно увеличение доли супервитаальных мутаций, приводящих к повышению жизнеспособности [39]. Вероятно, одной

из причин такой реакции генотипа может быть его дестабилизация, на фоне которой и возможна столь быстрая адаптация организма к воздействиям неблагоприятных факторов окружающей среды. Причиной такой дестабилизации генотипа могут быть мобильные генетические элементы, играющие большую роль в процессах адаптации организма к быстроменяющимся условиям окружающей среды [40, 41]. Основным ответом организма на воздействия факторов малой интенсивности является изменение стабильности генома, проявляющееся в изменении регуляторных функций некоторых элементов генома (например, мобильных элементов). На фоне такой дестабилизации генотипа возможно сколь угодно различные реакции организма на воздействие стрессорирующего фактора – от гормезиса до гибели, что и было нами обнаружено при исследовании эффектов ХРВ в малых и промежуточных мощностях доз. Отбор клеток, более толерантных, чем другие, к уровню воздействия ионизирующего излучения, осуществляется как селекция устойчивых генотипов. Индуцированное облучением появление "благоприятных" мутантов, которые являются результатом рекомбинации ранее устойчивых генетических структур отражает бесконечную смену одних устойчивых состояний другими через неустойчивость [42, 43]. Следовательно, неустойчивость генома является фактором развития, а разнообразие геномов служит источником изменчивости и относится к феномену формообразования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленный материал свидетельствует о том, что процессы инициации и развития эффектов ХРВ находят отражение в ограниченном наборе эволюционно закрепленных адаптационно–компенсаторных механизмов, составляющих в основе своей разноуровневые процессы регуляции гомеостаза. Структурно–функциональное разделение биологических систем обеспечивает надежность функционирования, которая выражается двойственностью организации самого генома, включающего семейство мономорфных генов, охраняющих тождество и полиморфных генов, благодаря изменчивости которых определяются адаптивные свойства.

Существенной особенностью реакции организма на ХРВ в диапазоне малых и промежуточных мощностей доз является возможность развертывания во времени эволюционно закрепленных механизмов компенсаторно–приспособительных реакций и на их основе формирования индивидуальной формы адаптации. Выбор стратегии адаптации к ХРВ обусловлен исходными гено–фенотипическими свойствами организма, на основе которых диапазон доз, определяющих соотношение неспецифических и специфических радиобиологических эффектов, имеет широкие пределы. Механизмы, обуславливающие адаптацию организма к ХРВ, развиваются каскадоподобно, харак-

теризуясь гетерохронностью, пороговым эффектом, зависимостью от условий облучения.

Специфические влияния ионизирующего излучения коррелируют с величиной общей поглощенной дозы, характеризующей необратимый компонент облучения. Отдаленные последствия адаптации к ХРВ ("цена адаптации") образуют симптомокомплекс на системном уровне, составляющие компоненты которого зависят от мощности и длительности воздействия. Компенсация дестабилизации гомеостаза происходит на основе сложной регуляторной перестройки, о чем свидетельствует анализ структуры взаимосвязей в системе гемоиммунопоэза интактных и облученных животных и включения деятельности структур с высоким морфофункциональным резервом. Выявленные в ходе исследования низкие значения корреляции дозы и клеточности костного мозга, повышение клеточности селезенки и тимуса в области доз 1-3 Гр, гиперплазия эритроидного ростка в диапазоне суммарных доз 10-20 Гр. Переключение кроветворной функции на селезенку при увеличении мощности дозы облуче-

ния (16 сГр/сут) указывают на то, что организм обладает достаточным резервом пролиферирующей способности стволовых кроветворных клеток для обеспечения клеточного гомеостаза. Клинические данные, полученные при хроническом облучении от разных источников ионизирующего излучения, также указывают на высокие восстановительные процессы при снижении мощности дозы или прекращении облучения, что является сильным аргументом при принятии ряда социально – экономических решений для регионов, в которых основная доля суммарной дозы уже реализована.

Авторы статьи выражают благодарность сотрудникам Научно – практического центра радиационной медицины (г. Челябинск) – главному научному сотруднику, доктору биологических наук В.Л. Шведову; старшему научному сотруднику, кандидату биологических наук Е.А. Пряхину; старшему научному сотруднику, кандидату биологических наук Г.А. Тряпицыной - за помощь в проведении экспериментальной части работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Спитковский Д.М., И.В. Кузьмина //Радиационная биология. Радиоэкология. – 2001. –Т.41. - №5. – С.599 – 605.
2. Флиднер Т.М. Введение // Руководство по радиационной гематологии. – М.: Медицина, 1974. – С.9 – 12.
3. Рыскулова С.Т. / III-й съезд по радиационным исследованиям: Тезисы докл., Москва, 14 – 17 октября 1997г. – Пушино. – 1997. – Т. 2. – С. 414 – 415.
4. Ильенко А.И., Крапивко Т.П. / Экологические последствия радиоактивного загрязнения на Южном Урале. – М.: Наука, 1993. – С.171 – 180.
5. Спиринов Д.А., Тарасов О.В., Шейн Г.П. // Вопросы радиационной безопасности, 1996. - №3. – С.39 – 44.
6. Позолотина В.Н. // Проблемы радиоэкологии и пограничных дисциплин.–Заречный, 1998.–Вып.1.–С.183–200.
7. Любашевский Н.М., Тарасов О.В. / Матер. конф.: Адаптация биологических систем к естественным и экстремальным факторам среды. 2 – 5 декабря 2002г. – Челябинск, 2002. – С.11 – 23.
8. Ильин Б.Н. / В кн.: Радиационная гигиена. – Л., 1990. – С. 57 – 65.
9. Кудрицкий Ю.К., Георгиевский А.Б. // Атом. энергия. – 1992. – Т.13. - №1. – С. 27– 32.
10. Москалев Ю.И., Кудрицкий Ю.К. // Медицинская радиология. – 1983. - №4. – С. 70–74.
11. Кудрицкий Ю.К., Георгиевский А.Б., Карпов В.И. / Радиобиологический съезд. 20 – 25 сентября 1993г., Киев: Тез. докл. – Пушино, 1993. – Ч.2. – С. 535 – 536.
12. Шибкова Д.З., Андреева О.Г., Толстых Е.И.//Радиационная биология. Радиоэкология. –2000. –Т.40. -№1. –С.92–98.
13. Шибкова Д.З., Ефимова Н.В., Аклев А.В. // Мед. радиол. и рад. безоп.. – 2000. - №5. – С. 21 – 26.
14. Шибкова Д.З., Ефимова Н.В., Аклев А.В. //Радиационная биология. Радиоэкология.–2001.–Т.41.–№3.–С.295–300.
15. Шибкова Д.З., Андреева О.Г., Ефимова Н.В., Аклев А.В. // Мед. радиол. и рад. безоп.–2002.–№5.–С.23–32.
16. Рожественский Л.М. // Радиационная биология. Радиоэкология. – 1999. - №1. – Т. 39. – С. 127 – 144.
17. Голощапов П.В., Бойцова В.П., Воробьева М.И. Сравнительная характеристика эффективности хронического внешнего облучения организма с различной мощностью дозы. Препринт ЦНИИАтоминформ – ОН-5 – 88. – М.: ЦНИИАтоминформ, 1988. – 50с.
18. Москалев Ю.И. Стрельцова В.Н. Отдаленные последствия радиационного поражения. Непухоловые формы. – Итоги науки и техники. ВИНТИ // Радиационная биология, 1987. – Т.6. – 216с.
19. Шведов В.Л., Пантелеев Л.И., Булдаков Л.А. Оценка зависимости средней продолжительности жизни крыс от частоты остеосарком, индуцированных ⁹⁰Sr. – М.: ЦНИИАтоминформ, 1989. - 32с.
20. Корытный В.С., Шведов В.Л., Пряхин Е.А. Количественные соотношения между основными отдаленными эффектами и дозиметрическими параметрами воздействия ⁹⁰Sr у крыс // Хроническое радиационное воздействие: риск отдаленных эффектов. – М., 1996. – Т.1. – С.76 – 88.
21. Анохин П.К. Очерки физиологии функциональных систем. – М.: Медицина, 1975. - 402с.
22. Шмальгаузен И.И. Факторы эволюции (теория стабилизирующего отбора).–М.:Л.: Изд-во АН СССР, 1946.
23. Саркисов Д.С., Аруин Л.И. Туманов В.П. Морфология компенсаторно – приспособительных процессов / Итоги науки и техники: серия "Патологическая анатомия". – М., 1983. – 136с.
24. Шорин Ю.П. Селятицкая В.Г., Папафилова О.В. Физиологические и патофизиологические аспекты эндокринно – иммунных взаимоотношений при адаптации // Клинические и экспериментальные аспекты общей патологии. – Новосибирск, 1980. – С. 52 – 65.
25. Ярилин А.А. // Радиационная биология. Радиоэкология. – 1997. – Т.37. – Вып.4. – С. 597 – 604.

26. Петров Р.В. // Матер. пленарного заседания XII Междунар. конгр. по переливанию крови. М., 17 – 23 августа, 1969. – М.: Медицина, 1969. – С. 192 – 208.
27. Iscove N.N., Jan X. – Q. // J. Immunol. - 1990. – V.145. - №1. – P.190 – 195.
28. Morrley P., Charrler K., Bressler L., Alpert A. // J. Immunol. - 1988. – V.140. - №12. – P.4204 – 4210.
29. King A.G., Badger A. M. // Exp. Haematol. – 1991. – V. 19. - №7. – P. 624 – 628.
30. Marples B., Joiner M.C. // Radiat. Res. – 1993. – V.133. – P. 41 – 51.
31. Lambin P., Fertl B., Malaise E.P. et al. // Radiat. Res. – 1994. – V.138. – P. 32 – 36.
32. Wounte B. J., Skarsgard L.D. // Radiat. Res. – 1997. – V.148. – P. 435 – 442
33. Skov K.A. // Mutat. Res. – 1999. – V. 430. – P. 241 – 253.
34. Мазурик В.К., Михайлов В.Ф. //Радиационная биология. Радиоэкология.–1997.–Т.37.– Вып.4.– С. 512 – 521.
35. Ахмадиева А.Х., Тяжелова В.Г. // Радиобиология. – 1989. – Т.29. - №2. – С.211 – 214.
36. Корытный В.С. Патофизиологическое обоснование некоторых путей целенаправленного поиска фармакологических средств противорадиационной защиты: Дис. ... д-ра биол. наук. – Обнинск, 1989. – 276с.
37. Меерсон Ф.З. Физиология адаптационных процессов. – М.: Наука, 1986. – 638с.
38. Меерсон Ф.З., Мальшев И.Ю. Феномен адаптационной стабилизации структур и защита сердца. – М.: Наука, 1993. – 160с.
39. Зайнуллин В.Г. // Радиационная биология. Радиоэкология. – 1997. – Т.37. – Вып.4. – С.555-559.
40. Глембоцкий Я.Л. Абелева Э.Л., Лапкин Ю.А. //Радиационная генетика. -М.: Изд-во АН СССР, 1962.– С.300–311.
41. Кайданов Л.З., Мьльников С.В., Иовлева О.В., Галкин А.П. //Генетика. –1994.–Т.30.–№8.–С.1085 – 1096.
42. Тимофеев –Ресовский Н.В. Воронцов Н.Н., Яблоков А.В. Краткий очерк теории эволюции. – М.: Наука, 1977. - 227с.
43. Сарапульцев Б.И., Гераскин С.А. Генетические основы радиорезистентности и эволюции. – М.: Энергоатомиздат, 1993. – 208с.

ГЕМОИММУНОПОЭЗ ЖҮЙЕСІНІҢ СОЗЫЛМАЛЫ РАДИАЦИЯЛЫҚ ӘСЕРІНЕ АЗ ЖӘНЕ АРАЛЫҚ ДОЗАЛАРДЫҢ КҮШТІЛІГІНІҢ ДИАПАЗОНЫНДА БЕЙІМДЕЛУ МОДЕЛІ

¹Шибкова Д.З., ¹Андреева О.Г., ¹Ефимова Н.В., ²Аклеев А.В.

¹Челябинск мемлекеттік педагогикалық университеті, Челябинск

²Радиациялық медицинаның Орал ғылыми-тәжірибелік орталығы, Челябинск

Созылмалы ішкі ⁹⁰Sr -сәулелену дозаның төмендеп келе жатқан күшімен сыртқы γ-сәулеленудің тұрақты күшімен тышқандардың иммундық статусы мен қан түзу жүйесі жағдайының радиобиологиялық заңдылығы зерттелді. Ұзақ созылмалы сәулеленудің айқындалған ықпалы, экспериментальды малдардың созылмалы радиациялық дамуында пайда болған, γ-сәулелену 6сГр/сүт күшімен жоғары немесе ⁹⁰Sr сәулеленудің β-дозасының ішкі төмендеген күшімен 11,1кБк/г жоғары концентрациясына енгізген, қан түзу жүйенің дозасының күштілігінің деңгейі үшін басқа авторлардың бұрынырақ қойған "қиын қыстау" бағасы көрсетілген. Малдардың ортақ өмір сүру ұзақтылығының қысқаруы іштегі дисбаланспен және иммундық пен гемопоэздардың жүйе арасындағы байланыспен байланысын көрсетеді. Осы жүйелердің физиологиялық балансы саногенездік генетикалық айғақталған жүйелерімен қамсыздырылған, ағзада адаптациялық процесстердің қалыптасуына жауапты. Аралық және ішкі жүйелердің оң және теріс байланысының сипаттамасы анықталды, радиациялық ықпалмен қосымша индуцираланған және алдыңғы конститутивтік регуляторлық механизмдерді көзге түсерлік модификациялау. Ағзалық деңгейде гемоиммунопоэздік жүйенің созылмалы радиацияның ықпалына аз және аралық дозалардың күштілігінің диапазонында адаптация моделі үлгіленген. Сәулеленудің түрінен және дозаның күштілігінен тәуелді қан түзу регенерацияны толық және жартылай мүмкіншілігі тәжірибеде негіздеген.

A MODEL OF HEMOIMMUNOPOIETIC SYSTEM ADAPTATION TO CHRONIC LOW AND INTERMEDIATE RADIATION DOSES

¹D.Z. Shibkova, ¹O.G. Andreeva, ¹N.V. Efimova, ²A.V. Akleev

¹Chelyabinsk State Teachers Training University, Chelyabinsk

²Ural Science and Practical Center of Radiation Medicine, Chelyabinsk

In this paper radiobiological conformities to natural laws of mise's hemoimmunopoiesis systems (lines CBA and C₅₇Bl/6) were investigated upon chronic internal with lowering power doses of β - irradiation ⁹⁰Sr and external γ - irradiation with constant power. It was shown that determinative effects of long chronic irradiation become apparent upon development of chronic radioactive effect for experimental animals were observed upon γ - irradiation with power 6 sGr/day and more or under internal with lowering power dose of β - irradiation ⁹⁰Sr introduced in concentration above

11,1 cBc/g, that is correlated with appreciations of other authors made before, concerning "critical" level of power doses for hemopoietic system. It was shown that reduction of medium length of animals' life correlates with disbalance into a system and between systems' links of immuno- and hemopoiesis. Physiological balance of those systems was supplied genetically by determinative systems of sanogenesis, responded for forming adaptive processes in organism. Characteristics of positive and negative inter and outward systems' links, induced by additional radiation exposure and markably modified constitutive regulative mechanisms being before were made more exact. A model for adaptation of hemopoiesis system to chronic radiation exposure in a rate of low and intermediate power doses was modeled. A possibility of full or part regeneration of hemopoiesis depending on power dose and kind of irradiation was experimentally substantiated.

УДК 615.849:616.988

**FREQUENCIES OF MICRONUCLEATED LYMPHOCYTES AND EPSTEIN-BARR VIRUS CONTAMINATION
IN ALTAY REGION RESIDENTS LIVING NEAR THE SEMIPALATINSK ATOMIC TESTING GROUND**

N.N. Ilyinskikh, E.N. Ilyinskikh, A.Yu. Yurkin, I.N. Ilyinskikh

Department of Biology, Siberian Medical University, 634050 Tomsk-50, a/ya 808, Russian Federation

We have assessed frequencies of micronucleated lymphocytes in 3036 individuals living in 16 settlements in the west of the Altay region. Among the settlements the majority of individuals with significantly high frequencies of micronucleated lymphocytes were detected in settlements adjacent to the Semipalatinsk atomic testing ground (SATG). The most considerable genome instability was found in the individuals born in the period of intensive testing on the SATG (from 1949 to 1962). Moreover, we have determined that the residents of the settlements adjacent to the SATG have significantly high levels of antibodies to potentially oncogenic Epstein-Barr virus besides high frequencies of micronucleated lymphocytes. The considerable Epstein-Barr virus contamination among the residents in the radiation polluted zone around the SATG was supposed to be caused by immunodeficiency disorders in these individuals and induce high frequencies of micronucleated cells.

INTRODUCTION

The Semipalatinsk atomic testing ground (SATG) is situated on the left bank of the Irtysh river. During the time of its existence there have been about 470 nuclear explosions, including 87 air and 26 ground ones. The first and "the most polluting" explosions was carried out in 1949.

Due to a number of reasons, for a long time we knew nothing of the facts that there a considerable increase in the number of people with various pathological changes in the areas close to the SATG [19]. Interpretation of the data on explosions of nuclear devices carried out from 1949-1962 allowed as to show that the greater part of radioactive products formed at the moment of testing would fall on the densely populated territory of the Altay region, on the areas of intensive agriculture and naturally, would get into the human organism with food, drink and through inhalation. During the whole period of nuclear testing on the SATG the radioactive products of 50 explosions had been spreading with the predominant winds in the direction of the Altay region. For 44 settlements of 9 districts of the region the estimate of the reconstructed radiation doses received by the population from the explosion in 1949 exceeds 0.25 Sv/per year, i.e. it falls outside the internationally established limit of applicability of the "effective dose" criterion. In 1992, our research team surveyed residents of 16 settlements of the Uglovsky district of the Altay region close to the SATG using micronucleus test. We detected significantly high frequencies of micronucleated erythrocytes in peripheral blood of the Altay region residents [8,11]. Shevchenko et al. [1995] established that some residents of the Uglovsky district have high frequencies of chromosome aberrations in blood lymphocytes. The last atomic explosions in the atmosphere on SATG were carried out in 1962. Since the 1970s the background radiation levels have equaled the natural radiation (approximately 0.1 sSv/per year) so that these high frequencies of micronucleated blood cells in the residents are not able to be induced by the radiation effects. However, most of sick-

ness statistic data centre on the high virus infectious morbidity among the Altay region residents. Moreover, the morbidity are principally associated with potentially oncogenic Epstein-Barr virus [8]. We think that the above cytogenetic instability in the individuals residing in this area may be due to the contamination of local population by potentially oncogenic viruses.

The aim of the present investigation is the comparative assessment between frequencies of micronucleated lymphocytes in peripheral blood and levels of Epstein-Barr virus contamination among the Altay region residents living at different distances from the SATG.

MATERIALS AND METHODS

We examined 3036 people living in 16 settlements situated in the west of the Altay region covering the area over 1,400,000 sq.km (Fig.1). We examined the population of the following settlements:

1. Uglovskoye - 240 individuals
2. Rubtsovsk - 340 individuals
3. Novoyegorievskoye 123 individuals
4. Klyuchi - 226 individuals
5. Novichikha - 268 individuals
6. Kulunda - 168 individuals
7. Rodino - 150 individuals
8. Tabuny - 220 individuals
9. Zaviyalovo - 141 individuals
10. Blagoveschenka - 122 individuals
11. Shipinovo - 126 individuals
12. Slavgorod - 210 individuals
13. Bayevo - 110 individuals
14. Rebrikha - 125 individuals
15. Khabaky - 187 individuals
16. Burla (control) - 280 individuals

We carried out the micronucleus test to screen the levels of cytogenetically altered cells. The micronucleus test, in contrast to the chromosome analysis, allows one to estimate the levels of cytogenetically altered cells in a majority of population during a comparatively short period of time [7]. There have been attempts to evaluate radiation doses for humans, using analysis of the level

of micronucleated lymphocytes [1,15,12,11]. Blood was drawn and the slides for the micronucleus test were made by a standard technique [1] at a local blood transfusion station. The frequency of micronucleated lymphocytes was determined from 1,000 cells per individual (see Fig.2). For control we used the blood samples from inhabitants of the same ages of Burla settlement located outside the radiation pollution zone (in the north-west of the Altay region).

In each case, an individual examined had to fill in a questionnaire by means of which we formed groups of people according the district of their residence, place of birth, sex, smoking habit, year of birth, anamnesis of diseases, the presence of children with abnormalities in the

family, still-born children, cancer diseases, X-ray examinations taken and the length of residence in the locality.

Besides the cytogenetic analysis we also determined the following indices in peripheral blood of the 240 residents of the Uglovskoye settlement: first, the level of serum IgG to the EBV capsid antigen; second, the level of virus specific IgG to the EBV capsid antigen; third, the level of specific IgG to the complex of the early antigens of the EBV. Methods of analysis were standard [3,10] In the statistic analysis of the results, we took into account suggestions described by Hart and Engber-Pedersen [1983]. Statistical analyses of the data were made by Student's "t" test. We used procedures available in the SAS statistical package [17]. The statistical inferences were based on the level of significance $p < 0.01$.

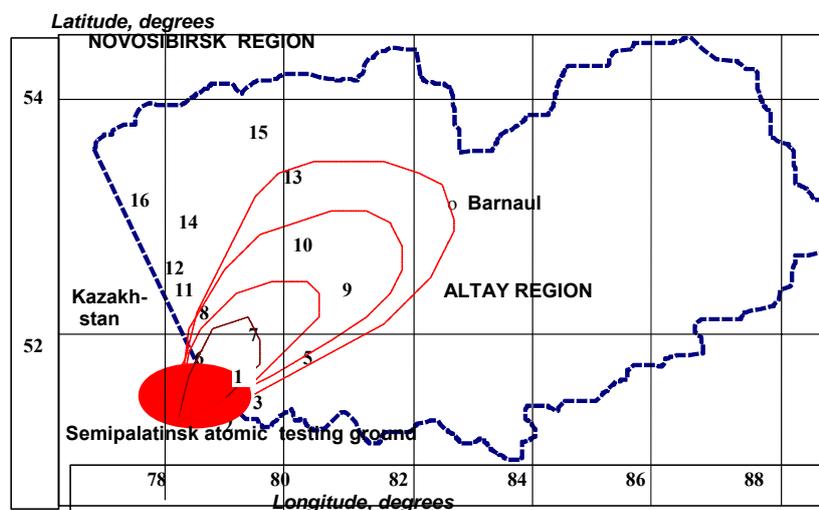


Figure 1. The main direction of the movement of radioactive clouds from the explosions on the Semipalatinsk proving ground and the location of the examined settlements on the territory of the Altay region (numbers are explained in the text)

RESULTS

Analysis of micronucleated lymphocytes in the blood of the inhabitants of several settlements of the Altay region shows considerable differences in the level of the above index in various areas.

The results of the analysis are presented in Fig. 3. In the control settlement of Burla a value of the index was $3.7 \pm 0.4\%$. In seven settlements (out of 16 examined ones) the level of the index was much higher than the control one ($p < 0.01$).

A particularly high level of micronucleated lymphocytes was observed in the people living in Uglovskoye situated close by the SATG (Fig.4).

It was established that in the migrants who came to live in Uglovskoye after 1962 or the individuals born by the parents who did not live there from 1949 to 1962, the frequencies of micronucleated lymphocytes were significantly lower as compared with the aboriginals. Moreover, we did not notice significant differences in frequencies of micronucleated lymphocytes between males and females (see Table 1). Moreover, the same tendency was detected between a group of individuals whose relatives suffered from

cancer and a group without cancer patients in their pedigrees. Nevertheless, the smoking males with cancer pedigrees have the highest frequency of micronucleated lymphocytes ($12.8 \pm 1.4\%$). Among the non-smoking males without cancer patients in their pedigrees this index was $6.4 \pm 1.0\%$ ($p < 0.01$).

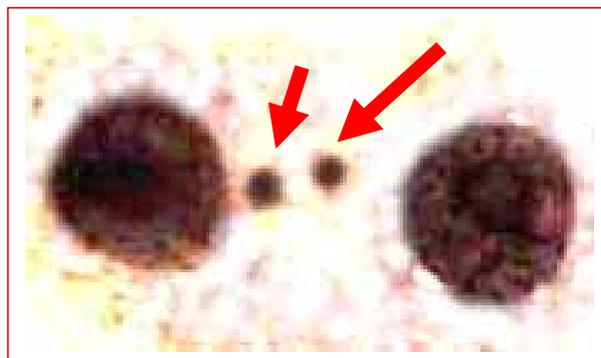


Figure 2. Showing a representative type of a micronucleated lymphocyte (in cultured lymphocytes stimulated with phytohaemagglutinin for 48 h) in an individual examined in the Uglovskoye settlement

**FREQUENCIES OF MICRONUCLEATED LYMPHOCYTES AND EPSTEIN-BARR VIRUS CONTAMINATION
IN ALTAY REGION RESIDENTS LIVING NEAR THE SEMIPALATINSK ATOMIC TESTING GROUND**

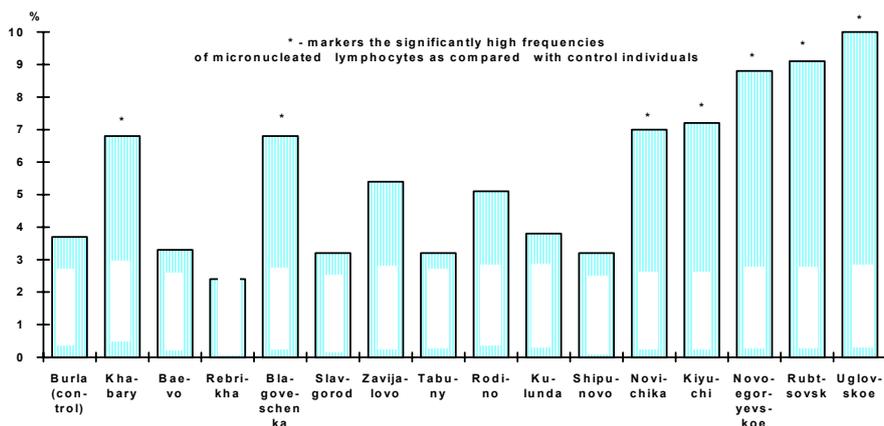


Figure 3. The frequencies of micronucleated lymphocytes in the blood of residents of various settlements in the west of the Altay region

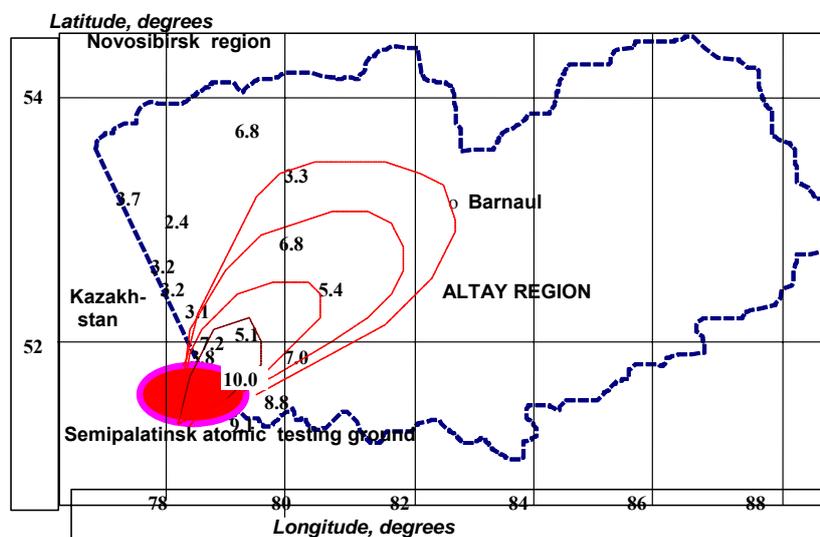


Figure 4. The frequencies of micronucleated lymphocytes in the blood of residents of different settlements in the Altay region

Table 1. The frequencies of micronucleated lymphocytes in the blood of the donors living in the Uglovskoye settlement of the Altay region (in %).

Groups of examined donors	Micronucleated lymphocytes ±SE	
Control group (residents of Burla)	3.7±0.4	
All examined residents of Uglovskoye	10.0±1.4	P<0.01
Males	10.7±1.2	P<0.01
Females	9.1±1.4	P<0.01
Smoking	11.5±1.6	P<0.01
Non-smoking	8.9±1.2	P<0.01
Residents with cancer patients in their pedigrees	10.1±1.2	P<0.01
Residents without cancer patients in their pedigrees	8.0±0.8	P<0.01
Aboriginals	14.2±1.4	P<0.01
Migrants who arrived after 1962	3.6±0.6	P>0.05

It was established that in the migrants who came to live in Uglovskoye after 1962 or the individuals born by the parents who did not live there from 1949 to 1962, the frequencies of micronucleated lymphocytes were significantly lower as compared with the aboriginals. Moreover, we did not notice significant differences in frequencies of micronucleated lymphocytes between males and females (see Table 1). Moreover, the same tendency was detected between a group of individuals

whose relatives suffered from cancer and a group without cancer patients in their pedigrees. Nevertheless, the smoking males with cancer pedigrees have the highest frequency of micronucleated lymphocytes (12.8±1.4%). Among the non-smoking males without cancer patients in their pedigrees this index was 6.4±1.0% (p<0.01).

However correlations between the presence of abnormal and still-born children, X-ray examinations and

**FREQUENCIES OF MICRONUCLEATED LYMPHOCYTES AND EPSTEIN-BARR VIRUS CONTAMINATION
IN ALTAI REGION RESIDENTS LIVING NEAR THE SEMIPALATINSK ATOMIC TESTING GROUND**

the frequencies of micronucleated blood lymphocytes were not detected in the residents examined.

Analysis of the frequencies of micronucleated lymphocytes showed that there were pronounced variations of this index depending on the year of birth of the aboriginal donor (i.e. an individual born in the locality). The aboriginals born between 1949-1962 have a very high frequency of micronucleated blood cells. This frequency was somewhat lower in the individuals born before 1949, while the lowest values were registered in the blood of donors born after 1962. Significantly high frequencies of micronucleated lymphocytes were detected in the individuals born in 1949-1950 as well as in 1954-1956 and in 1962 (Fig.5).



Figure 5. The frequencies of micronucleated lymphocytes in the aboriginals of Uglovskoye depending on the year of birth

A similar pattern was observed in the analysis of the frequencies of lymphocytes with micronuclei in the residents of other settlements in which we found a significant increase in the above index (Shipunovo, Novichikha, Rubtsovsk, Klyuchi, Zaviyalovo and Blagoveschensk).

We analysed the frequency of small (less than 3 microns) and large micronuclei in the blood of the inhabitants of Burla and Uglovskoye. In the control settlement of Burla the ratio of the two kinds of the micronucleus was, practically, equal and close to the proportion of 1:1. In Uglovskoye the frequency of small micronuclei was sharply predominant reaching 89.7%.

Analysis of the antibody titres to the EBV have demonstrated that all the studied sera were EBV- positive, i.e. all the individuals examined residing in Uglovskoye were infected with the above virus. The average geometric titres of the antibodies to all studied antigens were much higher compared with those of the healthy population of Burla (control) the differences being statistically significant (Fig.6).

The comparison of the indices of virus specific immunity in different age groups showed in all cases for IgG to EBV capsid antigen a tendency for an increase in the antibody level. We also observed the same tendency for high titres in other individuals. Significantly high frequencies of micronucleated cells were found only in individuals with high titres of IgG to EBV capsid antigen of the EBV. The correlation coefficient in the above case was equal to +0.89 ($p < 0.01$).

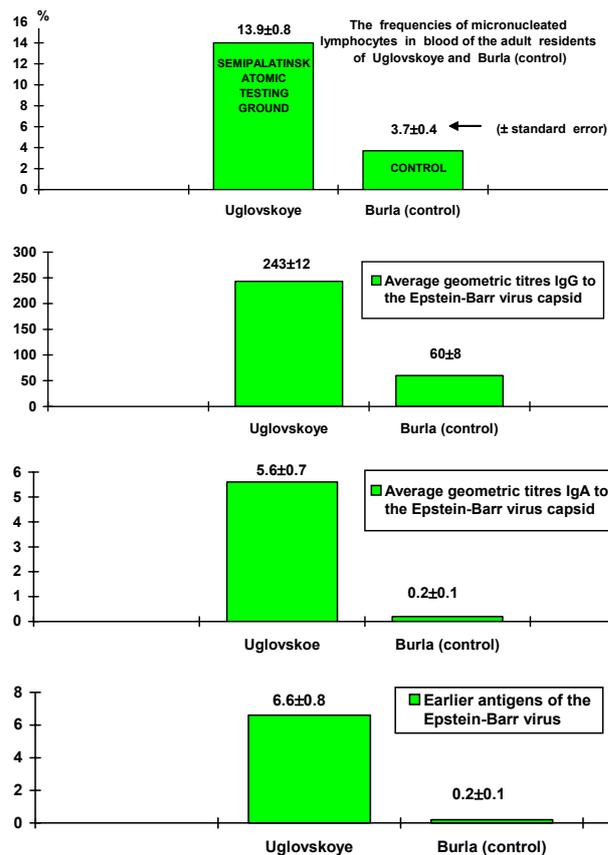


Figure 6. The frequencies of micronucleated lymphocytes in blood and average titres of antibodies to the antigens of Epstein-Barr virus in people residing in Uglovskoye and Burla (control) settlements (the Altay region)

DISCUSSION

The results of the present investigation demonstrate that despite a long period of time (more than 30 years) after the last explosion in the atmosphere on the SATG we observe high levels of micronucleated blood cells in the individuals living in the west of the Altay region. Early investigations [8] found immunodeficiency disorders such as reductions of T and B lymphocytes levels in residents living in the radiation contamination zone around the SATG. One of explanations of the origin of the micronucleated cells centres on the possibility that the immunodeficiency disorders determined in the majority of the individuals living in the Altay region can lead to some virul infectious which induce chromosome damages [13,5,6].

Our findings show a significant correlation between some antigens of Epstein-Barr virus and increased levels of micronucleated lymphocytes. Micronuclei are known to be a result of lagging some chromosomes or their fragments behind in mitosis. Some antigens of Epstein-Barr virus are known to be able to be found in cell nucleus and ones tightly associated with some chromosomes [2,14,16]. It can lead to lagging chromosomes behind in and even damaging of concrete human chromosome locuses [9]. Herpes viruses group that includes Epstein-Barr virus can induce

different chromosome alterations such as damaging metabolism of cell [3].

Early researches [8] detected a decreased activity of dark DNA repair in the majority of residents living nearby the SATG. Moreover, we found a correlation between the decreased dark repair DNA and the high Epstein-Barr virus contamination. Thus, the said high

frequency of micronucleated lymphocytes in individuals exposed to minor radiation doses for a long time can be explained by the accumulation of chromosome damages induced by various mutagens (such as agricultural, chemical mutagens, smoking habit etc.) together with the decreased DNA-repair and the high Epstein-Barr virus contamination.

REFERENCES

1. Almassy Z, Krepinisky AB, Bianco A, Kotels GJ (1987): The present state and perspectives of micronucleus assay in radiation protection: A review. *Appl. Radiat. Isol.* 38:241-249.
2. Dillner J (1986): An Epstein-Barr virus determined nuclear antigen partly encoded by the transformation - associated BAM WYN region of EBV DNA: preferential expression in lymphoblastoid cell lines. *Proc. Nat. Acad. Sci USA* 83:6641-6645.
3. Epstein MA (1985): "Herpesviruses" London: Chapman and Hall, p 337.
4. Hart JW, Engber-Pedersen H (1983): Statistics of the mouse bonnemarrow micronucleus test counting, distribution and evaluation of results. *Mutation Res.* 111(2):195-198.
5. Ilyinskikh NN, Bocharov YeF, Ilyinskikh IN (1982): "Infection mutagenesis", Novosibirsk: Nauka (Russia), p 185.
6. Ilyinskikh NN, Ilyinskikh IN, Bocharov Ye F (1984): "Cytogenetic homeostasis and immunity", Novosibirsk: Nauka (Russia), p 256.
7. Ilyinskikh NN, Novitsky VV, Vanchugova NN, Ilyinskikh IN (1992): "Micronucleus test and cytogenetic instability", Tomsk University Press (Russia), p 272.
8. Ilyinskikh NN, Adam AM, Novitskii VV, Ilyinskikh EN, Ilyin S (1995): Mutagenic consequences of radiating pollution of Siberia. *Siberian Med. University Press (Russia)*, p 254.
9. Ilyinskikh NN, Eremich AV, Ivanchuk II, Ilyinskikh EN (1996): Micronucleus test of erythrocytes and lymphocytes in the blood of the people living in the radiation pollution zone as a result of the accident at the Siberian chemical plant on April 6, 1993. *Mutation Res.* 361 (2-3):173-178.
10. Ilyinskikh NN, Isaeva TM, Ivanchuk II, Ilyinskikh EN (1996): Breaks of chromosomes in the region of oncogenes and circulation of Epstein-Barr virus among the local population that had been subjected to the effects of radiating deposits. *Journal of BUON* 1:101-104.
11. Ilyinskikh NN, Eremich AV, Ivanchuk II, Ilyinskikh EN (1997): Micronucleus test of erythrocytes in the blood of the Altay region residents living near the Semipalatinsk atomic proving ground. *Mutation Res.* (in print).
12. Littlefield JG, Sayer AM, Frome EJ (1989): Comparison of dose-response parameters for radiation-induced acentric fragments and micronuclei observed in cytokinesis-arrested lymphocytes. *Mutagenesis* 4(4): 265-270.
13. Nichols WW (1963): Relationship of viruses, chromosomes and carcinogenesis. *Hereditas* 50:53-80.
14. Petti L, Kieff E. (1988): A sixth Epstein-Barr virus nuclear protein (EBNA 38) is expressed in latently infected growth - transformed lymphocytes. *J. Virol.* 62:2173-2178.
15. Prosser JS, Mognet LE, Lloid DC, Edwards AA. (1989): Radiation induction of micronuclei in human lymphocytes. *Mutation Res.* 199(1): 37-45.
16. Rowe DT, Forrel JJ, Milled G (1987): Novei nuclear antigens recognized by human sera in lymphocytes latently infected by Epstein-Barr virus. *Virology* 156 :153-162.
17. SAS Institute Inc. SAS/STAT™ User's Guide, Version 6. (1989): Fourth Edition. Cary NC: SAS Institute Inc.
18. Shevchenko VA, Snigiryova GP, Suskov II, Akayeva EA, Elisova TN, Iofa EL, Nilova IN, Kostina LN, Novitskaya NN, Sidorova VF, Nazins ED (1995): The cytogenetics effects among the Altay region population exposed to ionizing radiation resulting from Semipalatinsk nuclear tests. *Radiation biology. Radioecology* 35(5): 588-596.
19. Shoikhet JN, Gerasimenko NF, Kiselev VI, Popov VP, Mironov VL, Vinokurov LV (1994): Medico-ecological situation in Altay region. In: *Herald of the scientific programme "Semipalatinsk proving ground - Altay"* 1:27-36.

СЕМЕЙ ЯДРОЛЫҚ ПОЛИГОНЫНЫҢ МАҢЫНДАҒЫ АЛТАЙ ӨңІРІНІҢ ТҮРҒЫНДАРЫНА МИКРОЯДРОДАН ҚҰРЫЛҒАН ЛИМФОЦИТТЕРДІҢ ЖИЛІГІ МЕН ЭПШТЕЙНА-БАРРА ВИРУСЫНЫҢ ТАРАЛУЫ

Ильинских Н.Н., Ильинских Е.Н., Юркин А.Ю., Ильинских И.Н.

Сибирь Медициналық Университеті, биология факультеті. 634050, Томск-5, а/я 808, РФ

Біз Алтай өңірінің батысындағы 16 елді мекендердің 3036 тұрғындарынан микроядродан құрылған лимфоциттер жиілігін зерттедік. Семей ядролық полигонында ядролық сынақтардың қарқынды кезеңінде дүниеге келген тұрғындарда геномдық тұрақсыз бірталай кездескені айқындалған. Семей ядролық полигонымен іргелескен аумақтардың тұрғындарында жоғары жиілік микроядродан құрылған лимфоциттерден басқа онкогендік эпштейна-барра вирусының антиденелері өте жоғары деңгейде болды.

**ЧАСТОТА МИКРОЯДРООБРАЗОВАННЫХ ЛИМФОЦИТОВ И ЗАРАЖЕНИЕ
ВИРУСОМ ЭПШТЕЙНА-БАРРА У НАСЕЛЕНИЯ АЛТАЙСКОГО КРАЯ
ПРОЖИВАЮЩЕГО ВБЛИЗИ СЕМИПАЛАТИНСКОГО ЯДЕРНОГО ПОЛИГОНА**

Ильинских Н.Н., Ильинских Е.Н., Юркин А.Ю., Ильинских И.Н.

Биологический факультет, Сибирский Медицинский Университет, 634050 Томск-5, А/Я 808, РФ

Исследована частота микроядрообразованных лимфоцитов у 3036 человек проживающих в 16 населенных пунктах на западе Алтайского края. Наиболее значительная геномная неустойчивость выявлена у жителей рожденных в период интенсивных ядерных испытаний на Семипалатинском ядерном полигоне (с 1949–1962гг.). Установлено, что помимо повышенной частоты микроядрообразованных лимфоцитов население проживающее на территории прилегающей к СЯП имеет достаточно высокий уровень антител онкогенного вируса эпштейна-барра.

УДК 615.849:576.858.6

**CHROMOSOME BREAKAGE AT SITES OF ONCOGENES IN A POPULATION
ACCIDENTALLY EXPOSED TO RADIOACTIVE CHEMICAL POLLUTION**

**N.N. Ilyinskikh, I.N. Ilyinskikh, E.N. Ilyinskikh,
Siberian Medical University, 634050, Tomsk, a/ya 808, Russia**

The purpose of the present study was to investigate the level of aberrations at fragile sites of chromosomes in peripheral blood lymphocytes of the population of an area polluted with radionuclides, following an accident at the Siberian Chemical Plant (SCP). We carried out the micronucleus test to screen people with radiation-related cytogenetic effects. Of the 1246 examined inhabitants of the settlement of Samus, 148 showed a significantly increased frequency of micronucleated erythrocytes and were selected for the chromosome analysis as a radiation-exposed group. Additional analysis was carried out on 40 patients with gastric cancer and atrophic gastritis with stage II-III epithelial dysplasia. Eighty six individuals from a nonpolluted area were used as a control group. Chromosomal breaks and exchanges occurred preferentially in chromosomes 3 and 6 among radiation-exposed persons and patients. The regions 3p14-3p25 and 6p23 were damaged most often. There was a tendency towards preferential involvement at q21-q25 of chromosome 6 in patients with gastric cancer and atrophic gastritis. Specific damage at certain chromosome sites was observed in the radiation-exposed population as well as in patients with gastric cancer. Most often this damage was located near oncogene loci which could imply that chromosome damage induced by radiation is likely to be a predisposing factor to the expression of oncogenes and malignant transformation of cells in exposed individuals.

INTRODUCTION

On April 6, 1993, there was an accident at the Siberian Chemical Plant near the town of Tomsk which resulted in an extensive contamination over 250 square kilometres with radionuclides such as strontium-90, cesium-137, plutonium-239 (see Fig.1). The highest radiation level outside the plant territory was as much as 400 μ R/h (microroentgen per hour).

Our previous investigations demonstrated very low levels of DNA repair activity and increased frequencies of micronucleated erythrocytes [1,2] and chromosomal aberrations in the peripheral blood T-lymphocytes [3-4]. It has been known that the fragile sites of chromosomes respond first to cytogenetic instability and contribute to the increased risk of developing neoplasms [5-7]. Certain sites of chromosomes have been found to be fractured in

tumors cells [8]. Furthermore, the proto-oncogene expression as a result of chromosomal aberrations has been observed by many investigators [9]. A correlation between the coincidence of oncogene localization and chromosome breakpoint has been detected for a number of oncogenes. According to most authors the fact that chromosomal aberrations are not causal for tumor cells and may be changed into the oncogene expression surely indicates that chromosomal aberrations play an important role in the mechanism of oncogene activation.

The aim of the present study was to investigate the level of chromosome aberrations at fragile sites in the peripheral blood lymphocytes of the population of the area polluted with radionuclides following the radiation accident at SCP.

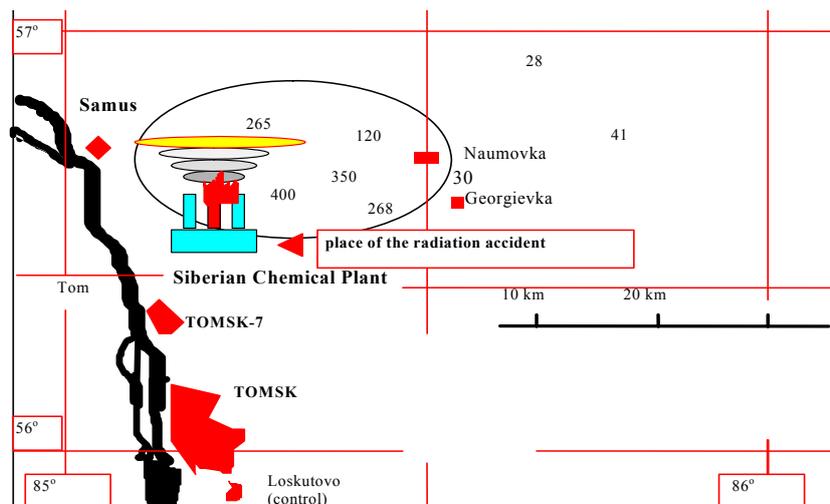


Figure 1. Map of the Tomsk region, showing mean radiation levels in the surveyed area within 2-3 days after the 1993 accident at the Siberian Chemical Plant. Doses are indicated in μ R/h. Source: Action, Bulletin of the Civil Defence Committee, Vol. 15, 1993 (published on April 20, 1993).

MATERIALS AND METHODS

During a period of April through July of 1993, as many as 1246 inhabitants of the settlement of Samus exposed to radiation were examined using cytogenetic methods. In no case individuals had been exposed to radiation professionally or medically. The investigation was begun within a week after the accident. We carried out the micronucleus test at the standard haematological smears to screen people with radiation-related cytogenetic effects according to the method which had been previously described [10,11]. Of the 1246 examined inhabitants of the settlement of Samus, 148 (78 male and 70 female individuals; 38.8 ± 11.4 and 33.4 ± 13.3 years of age (mean \pm SD) respectively) showed a significantly increased frequency of micronucleated erythrocytes and were selected for the chromosome analysis as a radiation-exposed group (persons with radiation-related chromosome damage). Furthermore, of the 1246 examined persons, we selected 20 patients (12 males and 8 females) with gastric cancer (papillary or acinar adenocarcinoma) and 20 patients (13 males and 7 females) with atrophic gastritis with the II-III stages of epithelium dysplasia for a comparative analysis. The patients were clinically examined at the Clinic for Oncology, the Siberian Medical University, Tomsk and their diagnoses were based on the results of endoscopic biopsy using gastroduodenoscopy. In no case patient have been received chemotherapy or radiotherapy before cytogenetical examination. There were workers at a shipbuilding yard, fishermen, farmers, school teachers, secondary and professional school students among the patients and radiation-exposed persons. For chromosome analysis, venous blood samples (10 ml) were obtained with informed consent from the patients and radiation-exposed group. Furthermore, peripheral blood from 86 individuals (46 male and 40 female individuals; 36 ± 5.6 and 34.2 ± 9.5 years of age respectively) who lived in the settlement of Loskutovo which was not contaminated with radionuclides was used as a control group (Fig. 1). Lymphocyte cultures were prepared from the whole blood according to [6]. Briefly, the lymphocyte cultures were incubating in RPMI-1640 medium (Sigma) with phytohemagglutinin (PHA-M, Difco, USA) as a stimulator and 20% fetal calf serum. Cellular divisions were inhibited by Colcemid at the stage of prometaphase. After cultivating, standard chromosome preparations were made and stained using a chromosome banding method. Chromosomal aberrations were evaluated in 1000 cells per sample by three independent cytogeneticists using coded slides. The analysis was conducted in cells with a maximum possible number of chromosome bands according to recommendations given by Yunis [5-7]. In the present study the actual frequency of constitutional chromosomal damage was compared to the expected frequencies based on chromosome lengths of human karyotype [12]. These calculations were made assuming that the probability of occurrence of structural aberrations was equal at any site. In each case, an individual examined had to fill in a questionnaire by means of which we formed groups of people according the their place of birth, sex, smoking habit, year of birth, anamnesis

of diseases, the presence of children with abnormalities in the family, still-born children, cancer diseases, X-ray examinations taken and the length of residence in the locality.

Each of the persons also described a diet in their questionnaires. In this study, the qualitative and quantitative evaluation of each diet was based on the method of Giovannucci et al. [13]. For each of 90 food and beverage items listed, a commonly used unit or portion size was specified, and participants were asked how often, on average, over the past year, they consumed that amount of each food. Participants chose from among nine possible responses, which ranged from "never" to "six or more times per day." We also queried about the brand, duration, and frequency of multivitamin and individual vitamin supplement use, and the types of fat commonly used. The questionnaire also contained an open-ended section for foods that were not listed.

Since vitamin A has an antimutagenic effect and can decrease radiation-related chromosome damage in persons we have calculated vitamin A intake among examined individuals. We calculated retinol (preformed vitamin A) intake as two thirds of the vitamin A activity (in international units) of dairy foods plus the total vitamin A activity in other animal products. Also we have added the content of vitamin E and folic acid to our nutrient database.

Statistical analysis of the data was made by the Student's "t" test, ANOVA (analysis of variance), and correlation analysis. In the statistic analysis of the results, we used procedures available in the SAS statistical package [14].

RESULTS AND DISCUSSION

We carried out the micronucleus test at the standard haematological smears to screen people with exposure-related cytogenetic effects according to the method which had been previously described [10,11]. Of the 1246 examined inhabitants of the settlement of Samus, 148 (78 male and 70 female individuals; 38.8 ± 11.4 and 33.4 ± 13.3 years of age (mean \pm SD) respectively) showed a significantly increased frequency of micronucleated erythrocytes and were selected for the chromosome analysis as a radiation-exposed group.

The data of the present study indicate that both the patients and the radiation-exposed group have increased frequencies of chromosome aberrations as compared to the controls (Table 1). Furthermore, the overwhelming majority of aberrations were dicentric and ring chromosomes which are caused by exposure to radiation [12].

We observed no correlation between a increased level of chromosome aberrations and a sex or nationality among the Samus inhabitants. Also we observed no correlation between the increased level of chromosome aberrations and a smoking habit ($r = -0.17$; $P > 0.05$). Deficiency of folic acid, vitamin E, or carotenes is known to can lead to cytogenetic instability in man [15]. Both the controls and the radiation-exposed persons were approximately equal in the consumption of these vitamins. In this study, both the groups showed no correlation between the level of caro-

**CHROMOSOME BREAKAGE AT SITES OF ONCOGENES
IN A POPULATION ACCIDENTALLY EXPOSED TO RADIOACTIVE CHEMICAL POLLUTION**

tenes, vitamin E or folic acid consumption and the frequency of chromosome aberrations.

A total of 453 chromosome and chromatid breaks and exchanges were detected. There were 147 in individuals with cytogenetic damage (radiation-exposed group), 122 in patients with gastric cancer, 88 in patients with atrophic gastritis and 86 in the control group. The data obtained showed that the distribution of struc-

tural damage of chromosomes did not always correspond to the expected level (Table 2). The closest values with regard to the expected level were observed in the population of the settlement of Loskutovo (control group). The lack of breaks in small chromosomes was noted in nearly all cases including the control group, which was in accordance with data obtained in the study of karyotype in healthy donors [10,16].

Table 1. Data of the cancer and gastritis patients and the radiation-exposed persons living in the settlement of Samus exposed to radiation as well as the control persons living in the settlement of Loskutovo

Characteristics	The settlement of Samus (n=188)			The settlement of Loskutovo (n=86)
	Radiation-exposed persons (with radiation-related chromosome damage)	Patients with atrophic gastritis	Patients with gastric cancer	Control
The number of individuals	148	20	20	86
Males, %	52,7	50,0	50,0	44,0
Frequency of micronuclei in erythrocytes, o/oo	2.4±0.5**	1.3±0.7**	1.9±0.6**	0.3±0.1
Frequency of chromosome aberrations in T lymphocytes, %	12.6±1.7**	9.6±1.8**	9.9±1.7**	1.4±0.5
Frequency of ring and dicentric chromosomes in T lymphocytes, %	6.8±0.8**	3.3±0.8**	6.1±1.4**	0,06±0.03
Individuals with increased level of chromosome damage at fragile sites, %	94,6	80	100	2,8
Ever smokers, %	33.5	31.3	28.5	30.3
Local fish consumption, g/d	851±51**	910±58**	904±60**	264±34
Retinol, retinol equivalents	1345	1424	1267	1279
Carotene-based products, mg/d	15577±668	16690±589	17295±675	17511±564
Folic acid, mg/d	0,23±0,04	0,26±0,05	0,24±0,04	0,25±0,07
Vitamin E, mg/d	0,0042±0,0003	0,0046±0,0007	0,0044±0,0006	0,0045±0,0009

* EED values statistically significant differ from the controls.

A statistical level lower than 0.05 is reported in the figures as "**" significance level lower than 0.01 is reported as "***".

The expected frequencies of chromosome aberrations was calculated on the basis of absolute chromosomal lengths [12]. In the chromosomes of the control group and patients with gastritis the number of localized aberrations was close to the expected level, i. e., the number of aberrations was in proportion to the chromosome length (the longer a chromosome the more often it was damaged). In individuals with high levels of radiation-related chromosome damage as well as in patients with gastric cancer a marked rise of fragility of chromosomes 3 and 6 was observed.

A more thorough analysis has shown that in chromosome 3 the damage is localized at sites from p14 to p25. The oncogene raf-1 is known to be localized at site p25. It has been reported that the site [t(3;8)] leads to the mixed thyroid cancer and deletion [del(35)] leads to small cell lung cancer [6, 8, 17]. The site 3p14 is known as a fragile chromosome site. It has been shown that the fragile site p14 of the short arm of chromosome 3 takes part in translocation (3;8) (p14,q24) which is typical for the hereditary renal cell carcinoma [18]. Furthermore, the deletion of the short arm 3p- (p14-q23) is often observed in small cell lung cancer [6, 17]. Damage at q21-q25 of chromosome 6 (where oncogene myb and close to it oncogene yes are located) were observed in patients with gastric cancer. Similar findings were noted in patients suffering from atrophic gastritis with epithelium dysplasia. In individuals

with radiation-related chromosome damage the greater part of the observed damage was localized also in chromosome 6 at p23, where there is a fragile chromosome site. The site p23 of chromosome 6 is both a fragile site and a place of chromosome breakage in translocation (6;9) (p23;q24) which is followed by an increase in the number of bone-marrow basophils in acute non-lymphocytic leukemia [6]. It should be noted that the fragile site 6p23 is located next to the oncogene ras-ki-1 (6p23-q12) which may be of a great importance for the activation of the latter during malignant transformation. According to the literature data [19] an increased number of peripheral blood lymphocytes with chromosomal aberrations was noted in patients with atrophic gastritis and gastric cancer, however, the multiple chromosome aberrations were found not for chromosomes 3 and 6 but for chromosome 1 and 9, i.e., at sites where there were no fragile chromosomes. We believe that the difference between our findings and those obtained by Dileria et al. [9] is that these authors evaluated one family in which recurrent gastric cancer was observed over three generations. Familial cancers were not registered in our samples. According to the data in Table 1, inhabitants of Samus, particularly gastritis and cancer patients and the radiation-exposed persons, who regularly consumed local fish showed increased chromosome aberrations as compared to the controls.

**CHROMOSOME BREAKAGE AT SITES OF ONCOGENES
IN A POPULATION ACCIDENTALLY EXPOSED TO RADIOACTIVE CHEMICAL POLLUTION**

Table 2. Frequencies of chromosome aberrations in the radiation-exposed inhabitants of the settlement of Samus and in the control persons living in the settlement of Loskutovo as compared to the expected frequencies based on chromosome length.

Chromosome	Frequencies of chromosome aberrations in peripheral blood T-lymphocytes of persons, %				Expected frequencies based on chromosome length, %
	The settlement of Loskutovo (n=86)	The settlement of Samus (n=188)			
	Control	Patients with atrophic gastritis	Patients with gastric cancer	Radiation-exposed persons (with radiation-related chromosome damage)	
1	7,7	4,5	8,2	6,1	8,44
2 ¹	6,7	6,8	6,6	5,4	8,02
3 ¹⁺	6,7	9,1	7,4*	25,2*	6,83
4	5,8	2,2	1,6	4,8	6,30
5	5,8	9,1	8,2	4,1	6,08
6 ¹⁺	6,7	1,9	14,8*	23,3*	5,90
7 ¹	5,8	8,0	9,1*	3,4	5,36
8 ¹⁺	5,8	4,4	2,5	4,1	4,93
9 ¹⁺	4,8	8,0	7,4	4,1	4,80
10 ¹⁺	4,8	5,7	4,1	2,7	4,59
11 ¹⁺	4,8	8,0	14,0*	12,7*	4,61
12 ¹⁺	5,8	5,7	4,0	0	4,66
13	4,8	3,4	3,3	0	3,74
14	2,9	1,1	0,8	0	3,56
15	2,9	0	0	0	3,46
16 ¹	1,9	1,1	0,8	0	3,36
17 ¹	0,9	0	0,8	0	3,25
18	0,9	2,2	0,8	0	2,93
19	0,9	1,1	0,8	0	2,67
20 ¹	0,9	0	0	0	2,56
21	0	0	0	0	1,90
22	0,9	0	0	0	2,04
X ¹	5,8	3,4	4,9	4,1	5,12
Y	0	0	0	0	2,15

Notes: ¹ - chromosomes in which oncogenes are located (literature data).
+ - chromosomes in which the aberrations at sites of oncogenes lead to the development of cancer (literature data).
* - a statistically significant increase in the frequency of chromosome damage.

Between 1961 and 1994 the Siberian Chemical Plant discharged radioactive liquid wastes into the Tom River which resulted in an considerable contamination of local fish with long-lived radionuclides such as strontium-90, cesium-137, plutonium-239 [20]. Therefore, local fish consumption may be one of the principal causes of chromosome damage and cancer development among the inhabitants. It should be noted that the radiation-related structural chromosome damage is distributed proportionally with regard to chromosome length in the human karyotype. Therefore, the specificity of damage observed in people in the area exposed to radiation cannot be explained by only the direct influence of the radiation factor. Previous data demonstrated that there was a significant reduction of immunity and an en-

hanced circulation of some potentially oncogenic viruses among radiation-exposed people in this area [4]. The ability of viruses to induce specific damage at certain sites of chromosomes is well known [16, 21].

Thus, specific damage at certain chromosome sites of T-lymphocytes was observed in a population exposed to radiation after the accident at SCP as well as in patients with gastric cancer. In most cases, the sites of chromosomal damage were located near the locus of protooncogenes, which according to the literature can lead to the development of neoplasms. The chromosome damage induced by radiation is likely to be a predisposing factor to the activation of oncogenes and malignant transformation of cells in exposed individuals.

REFERENCES

- Almasy Z., Krepinsky A.B., Bianco A., Koteles G.J. (1978) The present state and perspectives of micronucleus assay in radiation protection. A review. *Appl. Radiat. Isol.*, 38, 241-249.
- Ashby J., Mohammed S. (1986). Slide preparation and sampling as a major source of variability in the mouse micronucleus assay. *Mutat. Res. Environ. Mutagenes and Related Subj.*, 164, 217-235.
- Ilyinskikh N.N., Eremich A.V., Ivanchuk I.I., Ilyinskikh E.N. (1996). Micronucleus test of erythrocytes and lymphocytes in the blood of the people living in the radiation pollution zone as a result of the accident at the Siberian chemical plant on April 6, 1993. *Mut. Res.*, 361, 173-178.
- Ilyinskikh N.N., Adam A.M., Novitskii V.V. (1995). Mutagenic consequences of radiating pollution of Siberia. Tomsk (Russia), Siberian medical University, 254 p. Tomsk, Russia.
- Yunis J.J. (1983) The chromosomal basis of human neoplasia. *Science*, 221, 227-236.

6. Yunis J.J. (1981) Mid-prophase human chromosomes. The attainment of 2000 bands. *Hum.Genet.*, 56, 293-298.
7. Yunis J.J., Soreng A.L. (1984). Constitutive fragile sites and cancer. *Science*, 226, 1199-1204.
8. Shabtai F., Klar D., Hart J., Halbrecht J.(1985) On the meaning of fragile sites in cancer risk and development. *Cancer Genet. and Cytogenet.*, 18, 81-85.
9. Syakste T.G., Epenpreis Ya.G. (1987). Significance of inherited fragile sites in contributing to chromosome aberrations of tumour cells. *Cytology and Genetics*, 21, 307-310.
10. Ilyinskikh N.N., Ilyinskikh I.N., Bocharov Ye.F. (1986) Immunity and cytogenetic instability. Tomsk University Press, Tomsk, Russia.
11. Ilyinskikh N.N., Novitsky V.V., Vanchugova N.N., Ilyinskikh I.N. (1992) Micronucleus test and cytogenetic instability. Tomsk (Russia), Tomsk University, p.271.
12. Vogel F., Motulsky A.G. *Human Genetics (Problem and Approaches)*. (1996) Springer-Verlag, 900 pp.
13. Giovannucci E., Ascherio A., Rimm E.B., Stampfer M.J., Golditz G.A., Willett W.C. (1995) Intake of Carotenoids and Retinol in Relation to Risk of Prostate Cancer. *J. of the National Cancer Institute*, 87, 1768-1776.
14. SAS Institute Inc. *SAS/STAT™ User's Guide*, Version 6. (1989) Fourth Edition. Cary NC: SAS Institute Inc.
15. Ilyinskikh N.N., Medvedev M.A., Bessudnova S.S., Ilyinskikh I.N. (1990) Mutagenesis in various functional states of health, Tomsk University Press, Tomsk, (Russia).
16. Ilyinskikh N.N., Bocharov Ye.F., Ilyinskikh I.N.(1984) Infection mutagenesis, Tomsk University Press, Tomsk, (Russia).
17. Sandberg A.A. (1984). Chromosomal alterations associated with neoplasia. *Transplant. Proc.*, 16, 366-369.
18. Drabkin H.A., Bradley C., Hart I. (1985). Translocation of c-myc in the hereditary renal cell carcinoma associated with a t(3;8)(p14.2; q24.13) chromosomal translocation. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA*, 82, 6980-6984.
19. Dilemia R., Magnani J.C. Doneda L. Rizzi, R and Larizza, L. (1987). Cytogenetic instability in a family with gastric cancer recurrence. *Cancer Genet. Cytogenet.*, 27, 299-310.
20. Rikhvanov L.P. (1994) Assessment of the environment and people health in a zone around the Siberian Chemical Plant. Tomsk University Press, Tomsk, (Russia).
21. Nichols W.W. (1963). Relationship of viruses, chromosomes and carcinogenesis. *Hereditas*. - P. 50, 53-80.

ХИМИЯЛЫҚ РАДИОАКТИВТІҢ ТАРАЛУЫНА КЕЗДЕЙСОҚ ШАЛДЫҚҚАН ТҰРҒЫНДАРДЫҢ ОНКОГЕНЕЗДЕРІНІҢ УЧАСТКЕЛЕРІНДЕГІ ХРОМОСОМДАРДЫҢ БҰЗЫЛУЫ

Ильинских Н.Н., Ильинских И.Н., Ильинских Е.Н.

Сибирь медициналық университеті, 634050, Томск, а/я 808, Ресей.

Берілген мәліметтің мақсаты радионуклидтермен ластанған аумақтарда тұрып жатқан шеттегі халықтың және Сибирь химиялық зауытында болған апаттың нәтежиесінде зардап шеккендердің қанындағы хромосомдардың лимфоциттегі әлсіз участкелердің аутку деңгейін зерттеу. Біз радиациямен байланысты цитогенетиканың әсерін әшкерлеу үшін халықтан микроядролық талдау жасадық. Самус елді пунктін тұрғындарынан 1246 адам тексерілген, соның ішінде 148 - і микроядродан құрылған эритроциттердің жиілігінің өсуін көрсетті, олар радиацияға шалдыққан топ деп хромосомдық талдау үшін іріктелді. Ас-қазанның ісік және бейқалыпты гастриттің II-III кезеңдегі эпителиалдық дисплазиямен ауратын 40 емдеушілерден қосымша талдау алынды. Ластанбаған аймақтан 86 адам бақылауға алынған топ ретінде қолданылды. Радиацияға шалдыққан адамдардың хромосомдарының бұзылуы мен ауысуы көбінесе 3 және 6 хромосомдарында болды. 3p14 – 3p25 және бp23 аудандары радиацияға көбірек шалдықты. Ас- қазанның ісік және бейқалыпты гастритпен ауратын аурулардың 6 хромосомдардың q 21-q25 участкелеріне енгізу тенденциясында беталыс болды. Хромосомдардың белгілі бір участкелерінің ерекше зақымдалуы радиацияға шалдыққандарда сондай- ақ ас-қазанның ісік ауруымен ауратындарда байқалды. Көбінесе осы бұзылу онкогеннің тұсында орналасқан, радиация әсерінен хромосомдардың бұзылуын бейімделетін фактор онкогенді анықтау және радиацияға шалдыққан тұрғындардың клеткалары қатерлі ісікке айналуы болып табылады.

ХРОМОСОМНОЕ НАРУШЕНИЕ НА УЧАСТКАХ ОНКОГЕНЕЗА У НАСЕЛЕНИЯ, СЛУЧАЙНО ПОДВЕРГШЕГОСЯ РАДИОАКТИВНОМУ ХИМИЧЕСКОМУ ЗАРАЖЕНИЮ

Ильинских Н.Н., Ильинских И.Н., Ильинских Е.Н.

Сибирский медицинский университет, 634050, Томск, а/я 808, Россия

Проведено исследование уровня отклонения слабых участков хромосом в лимфоцитах периферической крови населения, проживающего в районе, загрязненном радионуклидами, и пострадавшем в результате аварии на Сибирском химическом заводе (СХЗ). Проведен анализ микроядер для выявления у населения, связанных с радиацией, цитогенетических воздействий. Из 1246 проверенных жителей населенного пункта Самус, 148

показали большое увеличение частоты микроядрообразованных эритроцитов и отобраны для хромосомного анализа как группа, подверженная радиации. Дополнительные анализы проводились на 40 пациентах, больных раком желудка и атропичным гастритом II-III стадии эпителиальной дисплазии. 86 человек из незараженной области использовались в качестве контрольной группы. Хромосомное нарушение и обмен происходили в основном в 3 и 6 хромосомах у людей, подверженных радиации. Районы 3p14-3p25 и 6p23 подвергались радиации наиболее часто. Существовала тенденция по отношению вовлечения на участок q21-q25 шестой хромосомы у пациентов больных раком желудка и атропичным гастритом. Особое повреждение на определённых участках хромосом наблюдалось у подверженного радиации населения также как и у пациентов, больных раком желудка. Наиболее часто это нарушение находилось возле местоположения онкогена, который мог означать, что вызванное радиацией хромосомное нарушение может являться предрасполагающим фактором для экспрессии онкогенов и злокачественному превращению клеток у подверженного радиации населения.

УДК616-036.22:112.6 (574.41)

МЕДИКО-ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ, ПРОЖИВАЮЩЕГО НА СИП**Березина М.В., Кенжина Г.Т.***Филиал лаборатории медицинской генетики РНИЦ ОЗМИР, Курчатове*

Данная работа выполнялась в рамках блока "Эпидемиология" Проекта К-414 "Разработка, внедрение и демонстрация информационного комплекса систематизированных данных по Семипалатинскому испытательному полигону". Создание базы данных медицинской информации является инструментом, необходимым для комплексной оценки состояния здоровья населения, проживающего в районе деятельности Семипалатинского испытательного полигона (СИП) в период с 1949 по 1994гг. Анализ имеющихся данных дает возможность воссоединить и впервые обобщить результаты всех исследований для получения наиболее реальной картины состояния здоровья населения в период 1949-1994 гг.

Как известно, главным ресурсом любой страны и двигателем прогресса является человек, поэтому охрана здоровья его была и остается в настоящее время актуальной проблемой. Ее решение требует объективного отношения к оценке воздействия на здоровье людей различных факторов радиационной и нерадиационной природы.

Комплексная оценка состояния здоровья населения, проживающего в районе СИП, невозможна без подробной информации как о количественных и качественных характеристиках воздействия радиационного фактора, так и о заболеваемости и здоровье населения [1,2]. Это определяет необходимость создания и функционирования системы социально-гигиенического мониторинга. База данных о состоянии здоровья населения формируется из следующих источников информации: данных медицинской статистики, специальных регистров, данных научных исследований, данных биомониторинга, периодических медосмотров, архивных материалов и др. В базу данных включены результаты работ специалистов Алтайского края, занимавшихся проблемой влияния СИП на состояние здоровья населения.

Работа выполнялась в рамках блока "Эпидемиология" Проекта К-414 "Разработка, внедрение и демонстрация информационного комплекса систематизированных данных по Семипалатинскому испытательному полигону".

Основной целью данной работы является создание базы данных медицинской информации, как инструмента, необходимого для комплексной оценки состояния здоровья населения, проживающего в районе деятельности Семипалатинского испытательного полигона (СИП), в период с 1949 по 1994гг. Для более полного представления об объеме выполненных нами работ, необходимо пояснение ситуации с медицинским обеспечением на СИП ввиду его ведомственного разделения.

Еще до начала работы предприятий атомной промышленности в стране была создана Государственная служба радиационной безопасности. Проведение медицинского наблюдения за личным составом войсковых частей, а также за прикомандированными специа-

листами, работавшими с радиоактивными веществами на СИП, было возложено на медицинскую службу полигона, возглавляемую военными врачами (в/ч № 52605), начиная с 1949 г. [4].

Для систематического наблюдения за радиационной обстановкой и состоянием здоровья жителей региона, прилегающего к территории СИП, в 1957г. Минздравом СССР в г. Семипалатинске был создан диспансер № 4. С 1987 г медицинское обслуживание работников атомной промышленности г. Курчатова осуществлялось сотрудниками специально организованной поликлиники при МСЧ № 22, а с 1989 г - МСЧ № 167. Для обслуживания жителей города, не имеющих отношения к атомной промышленности и не являющихся военнослужащими, а также детей существовала городская поликлиника, относящаяся к системе областного Отдела здравоохранения. В 1994 г Постановлением Совета Министров РК на базе госпиталя войсковой части № 52605 и МСЧ № 167 был организован Региональный лечебно-диагностический центр (РЛДЦ) в составе Национального Ядерного Центра Республики Казахстан (НЯЦ РК). Одновременно состоялась передача части архива из в/ч № 52605 в НЯЦ РК.

Таким образом, в период с 1949 по 1994 гг. здравоохранение г. Курчатова было представлено тремя различными ведомствами бывшего СССР (Рис. 1) и получить общие статистические данные по заболеваемости, смертности жителей полигона не представлялось возможным. Многие данные, касающиеся состояния здоровья работников атомной промышленности, до сих пор являются закрытыми для общего пользования [4].

Многочисленные данные современных исследований по проблемам влияния ядерных испытаний, проведенных на территории СИП, на состояние здоровья людей, проживающих в г. Курчатове и регионах, граничащих с СИП, а также в Алтайском крае, которые имеются в виде отчетов, публикаций, как правило, не имеют системного подхода и касаются различных нозологических форм, либо проводятся по географическому принципу (проживание в зоне СИП).



Рисунок 1. Медицинское обеспечение на СИП

В ходе выполнения работ была предпринята попытка создания базы данных, включающей в себя следующие разделы:

- основные нормативные документы [9-13];
- данные о медицинских учреждениях, занимавшихся в разные периоды проблемами СИП; обеспечение безопасности населения при проведении испытаний [4];
- дозы облучения населения при проведении атмосферных ядерных испытаний (ЯИ) [4];
- данные экспедиций Минздрава СССР [4];
- современные исследования;
- медицинская статистика;
- архивные материалы.

В базе данных собраны основные нормативные документы, касающиеся этой проблемы. Кроме этого, в базе представлены материалы Международных семинаров и конференций по проблемам реабилитации населения, пострадавшего вследствие влияния ионизирующих излучений. Информация о медицинских учреждениях представлены в базе данных в виде отдельных текстовых файлов и таблиц.

Медицинская статистика предполагает проведение большого объема работы, связанной с формированием информационных баз по следующим показателям [1,3,5-8]:

- *демографические показатели* (рождаемость, смертность, детская смертность, неонатальная, постнатальная, перинатальная смертность, продолжительность предстоящей жизни),
- *заболеваемость*: инфекционная и неинфекционная (болезни различных органов и систем), репродуктивная функция популяции, инвалидность.
- *физическое развитие*: информация, характеризующая здоровье детей, подростков и взрослых.

В ходе выполнения работы получены и проанализированы имеющиеся архивные материалы данных медицинской статистики и представлены в виде сводных таблиц.

В качестве архивных материалов представлены: выписки из истории болезни пациентов госпиталя в/ч 5134, выписки из амбулаторных карт больных, выписка из истории болезни, а также медицинская база данных на всех больных, получивших стационарное лечение в госпитале в/ч 55134 с 1969-1994гг.

Электронная версия выписки из амбулаторной карты представляет собой документ Ms. Excel, содержащий следующую информацию: ФИО, паспортные данные, анамнез жизни, данные о перенесенных заболеваниях, данные обследований, выписки из историй болезни (если пациент получал стационарное лечение), сведения об основном заболевании. Выписки из амбулаторных карт составлялись на лиц, работающих в условиях воздействия ионизирующих излучений, а так же на лиц с заболеваниями, относящимися к группе радиационно-индуцированной патологии.

Выписка из истории болезни в виде электронного документа Ms. Excel, содержит данные из архивных историй болезни пациентов, находившихся на лечении в госпитале в/ч 55134 в период 1969-1994 гг.: ФИО больного, дата лечения, паспортные данные, анамнез заболевания, анамнез жизни, данные о состоянии больного, диагноз, данные обследования и лечения, исход заболевания. Материалом для составления выписки являлись амбулаторные карты архива РЛДЦ, а также регистратуры клиники НИИ РМЭ. Выписки составлялись на лиц с заболеваниями, которые можно отнести к группе радиационно-индуцированных.

На основании данных годовых медицинских отчетов, данных архива в/ч55134, официальной меди-

цинской статистики была получена наиболее объективная характеристика общей заболеваемости, смертности населения и других демографических данных. Проведен анализ структуры заболеваемости населения г. Курчатова и прилегающих к территории СИП территорий.

Многолетние ядерные испытания на сегодняшний день поставили проблему необходимости реабилитации населения, проживающего в регионе бывшего ядерного полигона. Именно поэтому в базу данных включены материалы, касающиеся решения этой проблемы. С этой же целью в ноябре 1996 г. НЯЦ РК и РЛДЦ провели в г. Курчатове Международное совещание "Влияние радиационного воздействия на здоровье населения Казахстана", а в январе 1998 г. РЛДЦ НЯЦ РК и Американский Международный Союз здравоохранения (АМСЗ) в

г. Курчатове проводили Международный семинар "Радиационное воздействие, медицинский мониторинг, наблюдение, реабилитация".

Выводы

Анализ имеющихся данных дает возможность воссоединить и впервые обобщить результаты всех исследований для получения наиболее реальной картины состояния здоровья населения в период 1949-1994 гг.

Таким образом, систематизированные и обобщенные данные о состоянии здоровья населения, проживающего в регионе бывшего СИП, полученные как во время проведения ядерных испытаний, так и в последующие годы, являются основой для объективной оценки воздействия радиационного фактора на состояние здоровья людей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Киселев А. В., Фридман К.Б. Подходы к использованию в медико-экологических исследованиях и практике управления качеством окружающей среды. - Санкт-Петербург. - 1997.
2. Майстренко В.Н., Хамитов Р.З., Будников Г.К. Экологический мониторинг суперэкоотоксикантов. - М.: Химия. - 1996. - 320 с.
3. Основные показатели здравоохранения и здоровья населения РК. МЗ РК и Агентство Республики Казахстан по статистике. - Алматы. - 2002.
4. "Семипалатинский полигон: Обеспечение общей и радиационной безопасности ядерных испытаний"/ под ред. Проф. В.А. Логачева. - Москва. - 1997.
5. Уровень жизни населения. Статистический сборник Агентства Республики Казахстан по статистике. - Алматы. - 2002.
6. Архивные материалы медицинской статистики госпиталя в/ч 55134, городской поликлиники, РЛДЦ г. Курчатова.
7. Истории болезни (ф.003-у), амбулаторные карты (ф.025-у).
8. Программа обработки и анализа статистической информации годового отчета в управлении лечебно-профилактическими учреждениями. / Методические рекомендации. - Алма-Ата. - 1989.
9. Закон Республики Казахстан от 18 декабря 1992 г. N 1787-ХІІ "О социальной защите граждан, пострадавших вследствие ядерных испытаний на Семипалатинском испытательном ядерном полигоне (с изменениями и дополнениями по состоянию на 07.04.99 г.)"
10. Приказ от 16 октября 1992 г. N 279 "Об организации оказания медицинской помощи и установлении причинной связи заболеваний, инвалидности и смерти лицам, подвергшимся радиационным воздействиям".
11. Постановление Совета Министров РФ №253 от 30 марта 1993 г. "О порядке предоставления компенсаций и льгот лицам, пострадавшим от радиационных воздействий".
12. Приказ Министерства здравоохранения и медицинской промышленности РФ № 311 06.08.96 г
13. Указ Президента Каз. ССР "О закрытии Семипалатинского испытательного полигона от 29 августа 1991 г."

ССП ТҰРАТЫН ТҰРҒЫНДАРДЫҢ ДЕНСАУЛЫҚТАРЫНЫҢ ЖАҒДАЙЛАРЫН МЕДИКО - ЭПИДЕМИОЛОГИЯЛЫҚ ЗЕРТТЕУ

Березина М.В., Кенжина Г.Т.

ҚР ҰЯО, Курчатова қалалық АжБДҚРО медициналық генетика зертханасының филиалы

"ССП бойынша кешенді жүйелендірілген мәліметтердің ақпаратын демонстрациялау және енгізу, өңдеу", қазіргі жұмыста К – 414 жобасының "Эпидемиология" блоктың шеңберінде орындалды. 1949 – 1994 жылдардың кезеңдеріндегі тұрғындардың денсаулықтарының жағдайларын кешенді бағалау үшін қажетті, медициналық мәліметтердің ақпаратынан құрылған базасы құралы болып табылады. 1949 – 1994 жылдардың кезеңдеріндегі тұрғындардың денсаулықтарының жағдайларынан нақты көрінісі алынған үшін барлық зерттеулердің нәтижелерін алғаш рет жинақтап және бар мәліметтердің талдауын біріктіріп алуына мүмкіндік берді.

MEDICAL & EPIDEMIOLOGICAL EXAMINATION OF PEOPLE'S HEALTH LIVING AT STS

M.V. Berezina, G.T. Kenzhina

Branch of Medical Genetics Laboratory of Regional Research Center for Mother and Baby Health Care, Kurchatov, NNC RK

The effort has been performed within the Epidemiology Task Force of K-414 project *Design, Development and Demonstration of a Comprehensive and Systematic Database of the Semipalatinsk Test Site*. The creation of medical database is a tool necessary for the comprehensive assessment of people's health who lived at the area of the Semipalatinsk Test Site (STS) in period of 1949 to 1994. The analysis of the data available enables to combine and for the first time to summarize results of all studies for receiving the most realistic picture of people's health in 1949-1994.

УДК 577.158.42:578.0852

**ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ ЭНЗИМЫ
В ТКАНИ СЕЛЕЗЕНКИ ЖИВОТНЫХ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ РЕНТГЕНОВЫХ ЛУЧЕЙ**

Утешев А.Б., Макашев Ж.К., Утешев Т.А., Журнист А.Г.

Алматинский государственный институт усовершенствования врачей, Алматы

При действии общего рентгеновского облучения в дозе 9 Гр угнетаются активности дегидрогеназ цикла Кребса (изолимонной, альфа-кетоглутаровой, яблочной, янтарной кислот), снижается концентрация ряда цитохромов и увеличивается содержание общего железа, что связано с конформационными изменениями ультраструктуры клеточных мембран

В современных схемах патогенеза острой лучевой болезни подчеркивается многообразие механизмов лучевого поражения, где различают нарушения биохимических процессов, функций и структуры органов и тканей в результате непосредственного воздействия излучения на молекулы биосубстрата и изменения, обусловленные патологическим нейрогенным или гуморальным влиянием. Таким образом, ионизирующее излучение действует на сложные биологические системы, непосредственно и опосредовано [1].

Исследование процессов тканевого дыхания при радиационном воздействии позволило вскрыть такие биохимические механизмы в клетке, лежащие в основе функциональных изменений различных органов и тканей. При изучении состояния отдельных звеньев окислительно-восстановительной цепи нами сделана попытка объяснить существенное значение радиочувствительности дыхательных ферментных систем в процессе клеточного дыхания в целом.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Экспериментальные исследования были проведены на 234 белых крысах-самцах линии Вистар, массой 180-220 г и 223-х морских свинок-самцах массой 210-350 г. Животные подвергались общему рентгеновскому облучению на аппарате Терикс «ТНХ-250» при следующих условиях: напряжение 180-220 кВ, сила тока 18мА, фильтры 0,5 мм меди и 1,0 мм алюминия, кожно-фокусное расстояние 40 см, мощность дозы облучения 9 Гр. Через 6, 24 и 48 часов после облучения изучались активности каталазы (КА), цитохромоксидазы (ЦХО), некоторых дегидрогеназ цикла Кребса, а также концентрация цитохрома С и общего железа в гомогенате селезенки контрольных и облученных животных.

Активность каталазы в селезенке 33 крыс и 33 морских свинок измеряли общепринятым титриметрическим методом, рассчитывая активность на массу органа. Активность ЦХО определяли спектрофотометрически по Гулидовой и Сорокиной [2] у 40 крыс и 40 морских свинок и выражали в единицах падения экстинции восстановленного цитохрома С одним граммом сухой ткани за 1 мин. Процент сухого остатка вычисляли из навески, высушенной в бюксах при 100-105° С до постоянной массы.

Активность сукцинатдегидрогеназы (СДГ, НФ 1.3.99.1), НАД-зависимой изоцитратдегидрогеназы (ИДГ с НАД, НФ 1.1.1.41), α -кетоглутаратдегидрогеназы (α -КДГ, НФ 1.1.2.42) и НАД и НАДФ-зависимой малатдегидрогеназы (МДГ с НАД и НАДФ, НФ 1.1.1.37) измеряли неотетразолиевым методом в некоторой модификации [3] в селезенке 89 крыс и 87 морских свинок

Количество общего железа определялось в селезенке 32 крыс и 23 морских свинок методом эмиссионного спектрального анализа на спектрографе ДФС-8 у контрольных и облученных животных. Содержание железа в испытуемых пробах устанавливали на микрофотометре МФ-2 по изменению абсолютного почернения с учетом фона. Концентрацию железа выражали в мг на 100 г сухой ткани.

Концентрация цитохрома С определялась по методу Булановой [4]. Все цифровые величины были обработаны вариационно-статистическим методом по Ойвину [5] с использованием таблиц Стьюдента.

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ
ОБСУЖДЕНИЕ.**

Активность каталазы в селезеночной ткани при действии общего рентгеновского облучения в дозе 9 Гр не изменяется у крыс и морских животных (таблица).

Относительная радиостойчивость каталазной активности в этой ткани еще не означает, что в них не происходит каких-либо изменений каталитической активности. Чаще всего высвобождение каталазы из ядер в цитоплазму, при котором общая каталазная активность в гомогенате остается неизменной, приводит к большой уязвимости структуры клетки к радиационному действию пероксидов [6].

Через 6, 24 и 48 часов после воздействия радиации наблюдается достоверное увеличение концентрации цитохрома С как у крыс на 23, 116 и 110 %, так и особенно в селезенке у морских свинок на 153, 163 и 180% соответственно. При этом активность ЦХО понижается в селезенке облученных крыс через 6 часов и повышается у морских свинок через 24 часа после воздействия радиации. При этом активность ЦХО понижается в селезенке облученных крыс через 6 часов и повышается у морских свинок через 24 часа после воздействия радиации.

Таблица. Изменение активности ферментов, концентрации цитохрома С и железа в селезенке облученных животных

Фермент	Контроль	Серии опытов, часы		
		6	24	48
Крысы				
Каталаза	20,98±1,55	19,66±0,67	19,57±0,09	19,78±0,71
Цитохром С	3,77±0,70	4,66±0,57 ^x	8,14±1,10 ^x	8,05±1,20 ^x
ЦХО	141,8±11,7	110,4±8,6 ^x	142,9±18,8	140,4±17,3
СДГ	3,92±0,2	4,22±0,5	4,36±0,7	3,31±0,2 ^x
ИДГ	2,75±0,03	2,05±0,17 ^x	2,31±0,30	1,47±0,17 ^x
α-КДГ	4,09±0,76	2,92±0,18 ^x	2,92±0,16 ^x	2,43±0,32 ^x
МДГ(с НАД)	4,77±0,86	2,94±0,23 ^x	3,10±0,24 ^x	2,54±0,38 ^x
МДГ (с НАДФ)	4,05±0,69	2,41±0,17 ^x	2,38±0,28 ^x	1,88±0,21 ^x
Железо	164,6±15,3	306,9±42,2 ^x	162,2±17,9	242,8±55,6 ^x
Морские свинки				
Каталаза	19,33±0,44	19,95±0,63	20,49±0,57	19,49±0,7
Цитохром С	3,01±0,6	7,64±2,00 ^x	7,93±1,76 ^x	8,43±1,10 ^x
ЦХО	45,0±13,5	67,4±11,9	92,4±19,4 ^x	29,0±5,7
СДГ	3,48±0,5	4,76±0,5 ^x	4,03±0,6	3,12±0,3
ИДГ	2,14±0,12	2,01±0,18	1,23±0,14 ^x	0,82±0,20 ^x
α-КДГ	2,63±0,21	1,96±0,14 ^x	1,46±0,21 ^x	0,83±0,15 ^x
МДГ (с НАД)	3,46±0,30	2,84±0,31	2,18±0,29 ^x	1,56±0,11 ^x
МДГ (с НАДФ)	1,85±0,16	1,78±0,16	1,26±0,15 ^x	0,95±0,13 ^x
Железо	127,1±28,5	94,6±19,6 ^x	191,4±19,6 ^x	127,5±14,6

Изменение в железосодержащих порфиринах достигает высоких значений, поскольку они являются лабильными местами в молекуле хромопротеидов. Поэтому частичное повреждение порфирина без раскрытия кольца или деструкция последнего обуславливает потерю ферментативной активности [7-9]. Об этом свидетельствует снижение концентрации протопорфирина IX в периферической крови облученных животных, связанное, по видимому, с нарушением синтеза гема, гемоглобина и снижением включения радиоактивного железа (⁵⁹Fe) – в гемоглобин и миоглобин [10].

Так, если в селезенке облученных крыс наблюдается увеличение содержания общего железа через 6 и 48 часов (на 47 и 85%), то у облученных морских свинок после снижения количество железа через 6 часов (на 26%) отмечается его резкое увеличение через 24 часа после облучения на 50%.

Свидетельством глубоких нарушений метаболизма гемоглобина и анемизации организма – увеличение концентрации железа в ряде органов и тканей при радиационном поражении [8]. Увеличение содержания общего железа в селезенке крыс (6 и 48 часов) и морских свинок (24 часа) объясняется увеличением в ней количества железосодержащего пигмента. Так, в срезах селезенки уже через 24 часа (7,5 и 12 Гр) гемосидерин в большом количестве располагается в эндотелии синусов. В случае гиперплазии ретикулоэндотелия, совпадающей с опустошением красной пульпы, или при начальных признаках ее восстановления, было обнаружено много железа [11].

Для понимания механизма действия ионизирующей радиации на биологические объекты большое значение имеет характер изменений активности ферментных систем, в частности дегидрогеназ ЦТК. Поэтому нами были исследованы активности некоторых дегидрогеназ цикла Кребса.

Установлено, что активность дегидрогеназы янтарной кислоты при радиационном поражении угнетается в селезеночной ткани крыс через 48 часов (на

16 %) и повышается у морских свинок через 6 часов (на 36%) после облучения. В остальных же сериях опытов активность этого флавопротеида находится на уровне контрольных значений. При этом активность НАД-зависимой ИДГ резко угнетается через 6 и 48 часов как у крыс (на 26 и 47%), так и у морских свинок через 24 и 48 часов (на 43 и 62%) по сравнению с нормой. Наиболее чувствительной к действию ионизирующей радиации оказалась α-КДГ, МДГ (с НАД) и МДГ (с НАДФ) в селезеночной ткани животных. Так, через 6, 24 и 48 часов активность дегидрогеназы кетоглутаровой кислоты в селезенке крыс понижается соответственно на 29, 29 и 41% и у морских свинок на 26,49 и 69% относительно животных контрольного ряда (см. таблицу). При этом активность НАД-зависимой МДГ в селезеночной ткани крыс резко угнетается через 6, 24 и 48 часов после облучения соответственно на 39,35 и 47%. В это же время активность этого фермента в селезенке морских свинок угнетается на первые и вторые сутки (на 37 и 55%) лучевой болезни. Следует отметить, что через 6, 24 и 48 часов после облучения в селезеночной ткани крыс активность НАДФ-зависимой дегидрогеназы яблочной кислоты падает на 40, 42 и 54% соответственно. При этом в селезенке морских свинок наблюдается также резкое угнетение ее активности на 31 и 50% на первые и вторые сутки лучевого поражения.

Нарушения происходящие с дегидрогеназами ЦТК, ответственными за перенос электронов в цепи биологического окисления, свидетельствуют о глубоких изменениях в процессе тканевого дыхания. Известно, что окисление тиоловых групп при прямом облучении организма может вызвать нарушение в цепи некоторых ферментативных процессов и привести к накоплению в организме токсических тиоловых ингибиторов, заметно снижающих активность СДГ и некоторых других тиоловых энзимов [12,13]. Возможно, что на 1-2 сутки лучевой болезни нарушения в ферментативной активности некото-

рых дегидрогеназ ЦТК связаны с поражением митохондрий [9], а также с “шавелево-уксусным” торможением развивающимся при патологических состояниях в организме и стрессовых нагрузках одной из которых в нашем случае является низкоэнергетическое излучение.

Таким образом, при радиационном поражении, угнетение активности дегидрогеназ изолимонной, α -кетоглутаровой, янтарной и яблочной кислот приводит к замедлению поступления электронов через кофакторы и от цитохром В на цитохром С. Кроме того, радиация оказывает действие и на цитохромные участки В-С и С-А, что, в свою очередь, создает

блок при транспортировке электронов [8]. Следовательно, в случае перекрытия транспорта электронов, идущих на цитохромные цепи с помощью амиталя и ротенона на СуВ, арсенита на флавопротеиды, антимицина на Су С+С₁ и цианидов на Су А+А₃ и радиации, можно обнаружить, что поток электронов в этом случае устремляется на другие акцепторы электронов в обход тех звеньев дыхательной цепи, где образуется АТФ. Такими акцепторами могут служить легко окисляемые вещества типа непредельных жирных кислот с образованием пероксидных соединений, хиноны, цитохром В₅, искусственная система ФМС-ИНТ-формазан [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузин А.М. Структурно-метаболическая теория в радиобиологии//М. Наука.-1986
2. Гулидова Г.П., Сорокина И.Н. Некоторые условия спектрофотометрического определения активности сукцинатдегидрогеназы и цитохромоксидазы в митохондриях мозга//Бюл.биол.и мед.1967.-т63.-№1.-С.41-44
3. Аблаев Х.А. Активность дегидрогеназ цикла Кребса в филогенезе позвоночных//Алма-Ата.-1968
4. Буланова О.И. Содержание цитохрома С во внутренних органах при лейкозе и раке//Вопр.мед.химии.-1955.-т.1.-вып.4.-С.290-295
5. Ойвин Н.А. Статистическая обработка результатов экспериментальных исследований по патологической физиологии//Патол.физиол. и эксп.терапия.-1970.-№4.-С.76-85
6. Манойлов С.Е., Челябинка Л.Д., Возохина Ю.В. Влияние активного облучения рентгеновыми лучами на активность каталазы в опытах in vitro//Радиобиология.-1978.-т18.-вып3.-С.429-432
7. Ревин А.Ф., Копылов В.А., Куцкий М.П. Опосредованные эффекты ионизирующего излучения на транспорт электронов в дыхательной цепи и окислительное фосфорилирование//Радиочув. И проц.восст. у животных и растений.-Тез.докл.-Ташкент.-1979.-С.26-27
8. Утешев А.Б. Роль окислительно-восстановительных ферментов при радиационном поражении//Изд.Наука.-Алма-Ата.-1981
9. Утешев А.Б. Нарушение процесса энергетики в тканях животных при действии ионизирующей радиации//Здрав. Казахстана.-1993.-№10.-С.28-31
10. Утешев А.Б., Абдраков Б.Н. Нарушение пигментного обмена при действии проникающей радиации//Тр.КазНИИ онкол. И радиол.-1970.-т.УП.-С.39-42
11. Щербань Э.И. Гистохимическая оценка состояния железосодержащих веществ в селезенке в ранние сроки после общего облучения// В кн.Ферм. в эксп. и клин.онкол. и радиобиологии.-Л.-1967.-С.163-166
12. Королева Л.В., Васин Н.В., Львова Т.С. Радиочувствительность организма при облучении животных в измененной газовой среде. 3. Влияние дыхания нормобарическим чистым кислородом во время γ -облучения мышей на активность ряда окислительных и гидролитических ферментов.-Радиобиология.-1981.-т.21.-вып.3.-с.426-429
13. Пикулев А.Т., Джугурян Н.А., Зырянова Т.Н. и др. Активность некоторых ферментов обмена глутаминовой кислоты и цикла Кребса в головном мозге при лазерном облучении на фоне измененного функционального состояния адренорецепторов//Радиобиология.-1984.-т.24.-вып.1.-С.29-31

ЖАНУАРЛАР КӨКБАУЫР Ы ТІНІНЕ РЕНТГЕН СӘУЛЕСІ ӘСЕР ЕТКЕНДЕ ҚЫШҚЫЛДАНУ-ҚАЛПЫНА КЕЛУ ЭНЗИМДЕРІ

Өтешев А.Б., Мақашев Ж.К., Өтешев Т.А., Журнист А.Г.

Дәрігерлер білімін жетілдіру Алматы мемлекеттік институты, Алматы

Радиациямен зақымдану нәтижесінде изолимон, альфа кетоглутар, янтар және алма қышқылдар активтілігінің тежелуі электрондардың кофакторлар арқылы өтуін бәсеңдетеді. Одан басқа, радиация В-С және С-А цитохром ошақтарына әсер емин, электрондардың тасымалдануына бөгет жасайды.

OXIDATION-REDUCTION ENZYMES IN ANIMAL SPLEEN TISSUE UNDER X-RADIATION

A.B. Uteshev, Zh.K. Makashev, T.A. Uteshev, A.G. Zhurnist

Almaty State Physicians Advanced Training Institute, Almaty

During radiation the depression of isolemon, alfa-ketaglutar, amber and apple acid activity leads to the reducing of electron entrance through kofactors. Moreover, radiation influences the cito-blood parts В-С and С-А creating block during electrons transportation.

УДК 577.158.42:578.0852

**ВЛИЯНИЕ ОБЩЕГО γ -ОБЛУЧЕНИЯ НА КОНЦЕНТРАЦИЮ
КАТЕХОЛАМИНОВ В ТКАНЯХ ЖИВОТНЫХ****Макашев Ж.К., Утешев Т.А., Абылаев Ж.А., Журнист А.Г.***Алматинский государственный институт усовершенствования врачей, Алматы*

При действии общего гамма-облучения в дозе 5 Гр изменения в обмене адреналина и норадреналина, их предшественников в тканях крыс указывают на нарушение в различных звеньях биологического синтеза катехоламинов в разные периоды лучевого поражения.

Известно, что в симпатoadреналовой системе выделяют исполнительные органы, так и механизмы регулирующие её активность, локализующиеся преимущественно в гипоталамусе и мезенцефальной ретикулярной формации. Более того, они находятся под контролем как вышележащих отделов ЦНС, так и периферических образований. Несмотря на общность основных физиологических функций адреналина (А) и норадреналина (НА), между ними имеются существенные различия. Так, сдвиги в концентрации НА чаще наступают при стрессовых воздействиях, связанных с гемостатическими, гемодинамическими и терморегуляторными изменениями. А адреналин в большей степени обеспечивает стрессы, первичной ответной реакцией на которые являются метаболические изменения. При экстраренальных состояниях, вызванных действием ионизирующей радиацией, в ответной реакции организма могут участвовать как адреналин, так и норадреналин. Будучи гормонами "тревоги" катехоламины (КА) обладают способностью быстро сигнализировать рабочим органам о необходимости изменения их деятельности и, вмешиваясь в физиологические процессы клетки, направлять их обмен по необходимому руслу [1,2].

Следовательно, ранняя реакция системы гипоталамус-гипофиз-надпочечники на лучевые воздействия неспецифична, но эффект специфичен и определяется состоянием ферментных систем подвергающихся действию гормонов [3,4].

В радиобиологической литературе нет достаточных сведений о действии ионизирующего излучения на процессы биосинтеза, мобилизации и аккумуляции в тканях катехоламинов, играющие важную роль в регуляции основных физиологических функций облученного организма.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Нами предпринята попытка изучить метаболизм и распределение катехоламинов и их предшественников в различных звеньях симпатoadреналовой системы: в центральном (головной мозг), медиаторном (тимус) и гормональной (надпочечники) при воздействии общего γ -облучения в дозе 5 Гр. В эксперименте были использованы 45 контрольных и 40 облученных белых беспородных крыс массой 180-220 г. Концентрации А, НА, дофамина и ДОФА из-

меряли триоксииндоловым флюориметрическим методом по Матлиной и Рахмановой [5]. Через 6 и 24 часа после общего гамма-облучения в дозе. Сущность метода заключается в том, что катехоламины и их предшественники дофамин и ДОФА после адсорбции в хроматографической колонке на окиси алюминия, элюции и окисления феррицианидом калия дифференцируются по максимумам возбуждения и испускания флюоресценции при различных наборах светофильтров. Преимущество этого метода заключалось в следующем: во-первых, в возможности определения в одной порции гомогената тканей почти всех компонентов в цепи биологического синтеза катехоламинов, во-вторых, в высокой специфичности.

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ
ОБСУЖДЕНИЕ**

Результаты проведенных экспериментальных исследований, обработанные методом вариационной статистики по Стьюденту, обобщены и представлены в таблице.

В раннем периоде лучевого поражения в головном мозге происходит достоверное и значительное увеличение концентрации "аварийного" гормона адреналина, особенно через 24 часа после облучения. Следовательно, в центральном звене - в ткани головного мозга через 6 и 24 часа после облучения усиливается аккумуляция адреналина соответственно на 57 и 214% по сравнению с контрольными величинами.

В ткани тимуса концентрация этого гормона также увеличивается через 6 и 24 часа после воздействия радиации на 104 и 72 % соответственно. Аккумуляция адреналина в тканях также отмечалась у облученных кроликов, тогда как в органах и тканях облученных мышей и морских свинок содержание этого моноамина падала [9]. В надпочечниках подопытных животных количество адреналина после снижения через 6 часов (на 39%) резко увеличивается на первые сутки лучевого поражения (на 66%) по сравнению с контролем. По всей вероятности, при гамма-облучении происходит усиленная мобилизация адреналина из ткани надпочечников и его накопление в таких радиочувствительных органах, как головной мозг и вилочковая железа [3].

ВЛИЯНИЕ ОБЩЕГО γ -ОБЛУЧЕНИЯ НА КОНЦЕНТРАЦИЮ КАТЕХОЛАМИНОВ В ТКАНЯХ ЖИВОТНЫХ

Таблица. Изменения концентрации катехоламинов в тканях животных после общего γ -облучения в дозе 5 Гр (мкг/г)

Биохимические показатели	Серии опытов				
	контроль	6 часов п/о		24 часа п/о	
	M \pm m	M \pm m	P	M \pm m	P
Головной мозг					
Адреналин	0,008 \pm 0,001	0,012 \pm 0,002	<0,05	0,023 \pm 0,001	<0,01
Норадреналин	0,092 \pm 0,001	0,042 \pm 0,001	<0,02	0,098 \pm 0,001	<0,05
Дофамин	0,510 \pm 0,016	0,550 \pm 0,021	<0,02	0,940 \pm 0,027	<0,001
ДОФА	0,036 \pm 0,002	0,028 \pm 0,004	<0,05	0,040 \pm 0,006	<0,5
Тимус					
Адреналин	0,048 \pm 0,003	0,098 \pm 0,008	<0,01	0,080 \pm 0,015	<0,02
Норадреналин	0,062 \pm 0,006	0,052 \pm 0,007	>0,5	0,092 \pm 0,002	<0,02
Дофамин	0,470 \pm 0,25	1,660 \pm 0,37	<0,05	1,560 \pm 0,38	<0,05
ДОФА	0,094 \pm 0,019	0,520 \pm 0,022	<0,001	0,198 \pm 0,07	<0,02
Надпочечники					
Адреналин	1000,4 \pm 109,2	610 \pm 28,0	<0,01	1668,5 \pm 218,2	<0,02
Норадреналин	220,6 \pm 56,8	308,1 \pm 60,2	<0,05	628,4 \pm 72,1	<0,001
Дофамин	288,8 \pm 54,0	286,0 \pm 81,2	>0,5	166,2 \pm 36,0	<0,05
ДОФА	35,6 \pm 6,2	50,8 \pm 4,5	<0,05	22,0 \pm 4,6	<0,05

В головном мозге облученных крыс отмечена обратная корреляционная связь между концентрацией норадреналина и адреналина. Так, уровень норадреналина либо значительно снижается на 55% через 6 часов после облучения, либо незначительно повышается на 6% (24 часа), тогда как содержание адреналина достоверно увеличивается во все сроки наблюдения (таблица).

Если в ткани тимуса количество норадреналина через 6 часов после облучения находится в пределах контрольных величин (0,062 \pm 0,006) мкг/г, то через 24 часа повышается на 48% по сравнению с контрольными величинами (см. таблицу). В надпочечниках облученных крыс наблюдается увеличение содержания норадреналина через 6 (на 35%) и особенно через 24 часа (на 185%) после облучения.

Поскольку в радиобиологической литературе предшественники биогенных аминов - дофамин и ДОФА в тканях облученных животных рассматривались недостаточно, нами изучалась динамика изменения их концентрации в раннем периоде лучевого поражения.

Головной мозг белых беспородных крыс через 6 часов после облучения содержит значительно меньшее количество по сравнению с контролем количество ДОФА (на 20%), тогда как уровень дофамина увеличивается на 8%. Спустя 24 часа содержание этих предшественников повышается на 11 и 84% соответственно в ткани головного мозга облученных животных.

При общем гамма-облучении животных в дозе 5 Гр в тимусе повышается концентрация дофамина через 6 и 24 часа на 250 и 230% и количества ДОФА на 453 и 110% соответственно по сравнению с контрольными величинами. Если в надпочечниках облученных крыс через 6 часов уровень дофамина не изменяется, то через 24 часа происходит его снижение на 43%. При этом содержание ДОФА после

повышения через 6 часов (на 42%) резко снижается через 24 часа после облучения (на 39%).

Таким образом, результаты наших экспериментальных исследований показали, что при общем γ -облучении в дозе 5 Гр в организме белых беспородных крыс в первые сутки после поражения происходят глубокие изменения в обмене катехоламинов. Следует особо подчеркнуть обратную корреляционную связь в концентрации адреналина и норадреналина. Так, резкое падение содержания адреналина в ткани надпочечников (на 39%) сопровождается увеличением его количества в ткани головного мозга (на 57%) и тимуса (на 104%) через 6 часов после облучения. При этом, если количество адреналина повышается в головном мозге и тимусе через 6 часов (на 57 и 104%), то уровень норадреналина снижается на 55% в головном мозге и не изменяется в ткани тимуса у облученных крыс. Такая же обратная корреляционная связь отмечена и в надпочечниках в эти сроки лучевого поражения: снижение адреналина (на 39%) и увеличение норадреналина (на 35%). На первые сутки лучевой болезни отмечается повышение концентрации адреналина и норадреналина во всех исследуемых тканях облученных животных (см. таблицу). Такая же обратная корреляционная связь нами отмечена и в изменении содержания дофамина и ДОФА в ткани головного мозга и надпочечников. Так, если в головном мозге через 6 часов после облучения количество дофамина повышается (на 8%), а ДОФА снижается (на 20%), то в надпочечниках уровень ДОФА увеличивается (на 42%) при нормальном содержании дофамина. Через 24 часа после облучения наблюдается достоверное снижение концентрации дофамина и ДОФА в надпочечниках (на 43 и 39%) и их увеличение в ткани головного мозга (на 84 и 11%) и тимуса (на 230 и 110%) соответственно.

Таким образом, нарушения в обмене катехоламинов (А и НА) и их предшественников (дофамина

и ДОФА) с одной стороны указывает на нарушение у облученных животных в различных звеньях биологического синтеза биогенных аминов в разные периоды лучевого поражения: ДОФА→дофамин, дофамин→норадреналин, норадреналин→адреналин. С другой стороны, следует допустить, что под влиянием радиации в организме животных изменяется активность метаболизирующих катехоламины ферментов [4]. Значительная аккумуляция биогенных моноаминов и их предшественни-

ков в ткани тимуса указывает на усиление функциональной активности тимико-лимфатического аппарата крыс при радиационном воздействии [9].

Эти данные подтверждаются исследованием Goodall [6], изучавшего влияния разных доз нейтронного и гамма излучения на количество адреналина и норадреналина в надпочечниках крыс, кроликов и кошек. Угнетение функции симпатoadrenalовой системы в результате облучения отмечали также и другие авторы //2,7,8,9//.

ЛИТЕРАТУРА

1. Селье Г. Очерки об адапционном синдроме. М.-1960.-С.274
2. Стивен У.К., Винклер Г. Хромафинные клетки надпочечников. В мире науки.-1985.-№10.-С.14-24
3. Мусагалиева Г.М. Действие ионизирующей радиации на обмен катехоламинов и биоэнергетику хромафинных клеток.- Дисс.док.биол.наук.-Алматы.-1975.-С.348
4. Мусагалиева Г.М., Утешев А.Б. Катехоламины и радиация.-Изд."Наука".-Каз.ССР.-Алма-Ата.-1988.-С.118
5. Матлина Э.Ш., Рахманова Т.Б. Определение катехоламинов флюориметрическим методом в различных тканях животных.-Методы исследования некоторых систем гумор.регуляции.-М.-1967.-т5.-С.136-143
6. Goodall M. Effect of neutron and gamma radiation on adrenaline and noradrenaline release in th human. Healt. Phys.-1968.-v.14.- №3.- P.199-203
7. Гончаренко Е.Н., Кудряшов Ю.Б. Гипотеза эндогенного фона радиорезистентности.-М.-1980.-С.176
8. Deroo J., Gerber G.B., Vaes J. Biogenic amines amino acids and regional blood flon in rat brain after prenatal irradiation. Radial. Risks Developing Nervous- 1986.- P.211-219
9. Кулинский В.И. Обмен биогенных аминов у облученных животных и механизмы радиозащитного эффекта.- Дисс.докт.мед.наук.-Харьков.-1970.-С.456

ЖАНУАРЛАР ТІНІНДЕГІ КАТЕХОЛАМИНДЕР КОНЦЕНТРАЦИЯСЫНА γ -СӘУЛЕЛЕНУДІҢ ЖАЛПЫ ӘСЕР ЕТУІ

Мақашев Ж.К., Өтешев А.Б., Абылаев Ж.А., Журнист А.Г.

Дәрігерлер білімін жетілдіру Алматы мемлекеттік институты, Алматы

Жалпы гамма-сәулесімен әсер еткенде, егеуқұйрық денелеріндегі тіндерде катехоламиндердің (адреналин норадреналин) және олардың туындыларының (дофамин және ДОФА) өзгерістері, сәулеленген жануарлардың сәулемен зақымданудың әр түрлі кезеңдерде биогенді аминдердің биологиялық синтезіндегі түрлі байланыстардың бұзылысын көрсетеді.

OVERALL γ -IRRADIATION EFFECTS ON CATECHOLAMINE CONCENTRATION IN ANIMAL TISSUES

Zh.K. Makashev, A.B. Uteshev, Zh.A. Abylaev, A.G. Zhurnist

Almaty State Physicians Advanced Training Institute, Almaty

On the common gamma-radiation activiti in the exchanges of katecholamins (adrenalin and noradrenalin) and their predecessors (dofamin and DOFA) in the ratis tissue organism, indicate the infringement of radiated animals in different links of biological syntesis the biogen amins in different phazes of the radiation: DOFA→ dofamin, dofamin→ adrenalin, adrenalin →noradrenalin

СПИСОК АВТОРОВ

- Aralbaev N.K., 131
Dubinchin P.P., 131
Jaakkola T., 52
Jakunin G.N., 131
Lehto J., 52
Magasheva R.J., 131
Malich G., 100
Outola I., 52
Plisak R.P., 131
Plisak S.V., 131
Polevik V.V., 131
Ponomareva T.M., 131
Pulli S., 52
Salminen S., 52
Werner J.G.D., 131
Zilliacus R., 52
Абылаев Ж.А., 191
Адымов Ж.И., 80
Акбердина Г.Ж., 141
Аклеев А.В., 161
Андреева О.Г., 161
Артемьев О.И., 18, 29, 48, 61
Атаханова К.Л., 126
Ахметов Е.З., 80
Балакай Л.А., 44
Барбер Д., 112
Бекишбеков Э.З., 126
Березина М.В., 184
Берикболов Б.Р., 33
Бигалиев А.А., 126
Бигалиев А.Б., 126
Бигалиева Р.К., 126
Буркитбаев М., 29, 33
Бурлибаев М.Ж., 76
Бэтсил Д., 112
Вакуловский С.М., 18
Вдовиченко В.Г., 110
Ветров В.А., 56
Винтро Л., 29
Газиев Я.И., 18
Голикова Н.В., 61
Дарибаев Ж., 126
Донник И.М., 156
Донцова Г.А., 61
Дубасов Ю.В., 23
Ерматов А.С., 80
Ерофеев И.Е., 65
Ефимова Н.В., 161
Жанпейсова Г., 29
Журнист А.Г., 188, 191
Закарин Э.А., 44
Ильинских Е.Н., 172, 178
Ильинских И.Н., 172, 178
Ильинских Н.Н., 172, 178
Исенов Х., 126
Кадыржанов К.К., 112
Казачевский И.В., 112
Кенжина Г.Т., 184
Князев Б.Б., 112
Ковалев В.В., 65
Комлев В., 120
Крупа Е.Г., 141
Крышев И.И., 18
Кудеков Т.К., 76
Кундакбаева Г.Б., 126
Куянова Л., 29
Ларин В.Н., 18, 61
Логачев В.А., 7
Логачева Л.А., 7
Лозбин А.Ю., 110
Лукашенко С.Н., 29, 112
Макашев Ж.К., 188, 191
Матмуратов С.А., 136, 141, 150
Магущенко А.М., 69
Митрофанов И.В., 136
Митчелл П., 29
Муртазин Е.Ж., 76
Наглис Ю.А., 69
Омарова А., 29
Орлов М.Ю., 18
Панин М.С., 91, 107
Пассел Х., 112
Пахомов С.А., 23
Позняк В.Л., 112
Приест Н., 29
Птицкая Л.Д., 18, 69
Севостьянов В.Н., 84
Сидорич Т.В., 48
Сметанников В.В., 80
Солодухин В.П., 112
Стрильчук Ю.Г., 29
Стуге Т.С., 141
Сыдыков Е.Б., 91
Такибаев Ж.С., 37
Трошина Т.Т., 150
Турлыханов К.Б., 94
Уваров А.Д., 18
Умаров М.А., 29, 48
Утешев А.Б., 188
Утешев Т.А., 188, 191
Хажекбер С., 112
Хвошнянская И.Р., 110
Шагин Б.О., 23
Шибкова Д.З., 161
Шишков И.А., 33
Юркин А.Ю., 172

Авторы полностью несут ответственность за содержание представленных статей.

Тексты статей не обязательно отражают мнение Редакционной коллегии.

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЕЙ

Статьи представляются до 25 числа первого месяца квартала в двух экземплярах или в виде электронной копии (на гибком диске или по электронной почте присоединенным (attachment) файлом) в формате MS WORD версий 2, 6, 95, 97 или 2000 для Windows.

Текст печатается на листах формата А4 (210×297 мм) со свободными полями:

сверху25 мм;

снизу25 мм;

слева.....25 мм;

справа 15 мм,

на принтере с высоким разрешением (300-600 dpi).

Используйте шрифты Times New Roman или аналогичные высотой 10 пунктов для обычного текста и 12 пунктов для заголовков.

Текст печатайте через один интервал, оставляя между абзацами 2 интервала.

Название статьи печатайте заглавными буквами. Пропустив 3 интервала после названия, печатайте Ф.И.О. авторов и наименования организаций, которые они представляют. После этого, отступив 3 интервала, печатайте основной текст.

Ответственный секретарь к.ф.-м.н. М.К. Мукушева
тел. (095) 745-54-04, (322-51) 2-33-35, E-mail: MUKUSHEVA@NNC.KZ

Технический редактор А.Г. Кислухин
тел. (322-51) 2-33-33, E-mail: KISLUHIN@NNC.KZ

Адрес редакции: 490060, Казахстан, г. Курчатов, ул. Ленина, 6.

© Редакция сборника «Вестник ННЦ РК», 2001.

Регистрационное свидетельство №1203-Ж от 15.04.2000г.
Выдано Министерством культуры, информации и общественного согласия Республики Казахстан

Тираж 300 экз.

Выпуск набран и отпечатан в типографии
Национального ядерного центра Республики Казахстан
490060, Казахстан, г. Курчатов, ул. Ленина, 6.

