

## ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ALLIUM-ТЕСТА ДЛЯ ОЦЕНКИ ТОКСИЧНОСТИ ОБРАЗЦОВ ВОДЫ И ПОЧВЫ С РАДИОАКТИВНО ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

**С.В. Пяткова\*, С.А. Гераськин\*\*, А.Н. Васильева\*\*\*, Г.В. Козьмин\*, Н.Н. Лянной\***

*\*Обнинский государственный технический университет атомной энергетики (ИАТЭ), г. Обнинск*

*\*\*Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной радиологии и агроэкологии (ВНИИСХРАЭ), г. Обнинск*

*\*\*\*ГНЦ-Физико-энергетический институт им. Лейпунского, г. Обнинск*



Представлены результаты использования allium-теста для оценки токсичности образцов почвы и воды с территории Семипалатинского ядерного испытательного полигона (СИП). Сравнительный анализ цито- и генотоксичности образцов воды и почвы с контрастных по радионуклидному составу участков СИП показал необходимость модификации метода биотестирования для учета внешнего  $\gamma$ -облучения в районе отбора проб.

**Ключевые слова:** СИП, экологический мониторинг, биотестирование, аллиум-тест, цитотоксичность, генотоксичность, радиочувствительность.

**Key words:** STE, ecological monitoring, biotesting, allium-test, cytotoxicity, genotoxicity, radiosensitivity.

### ВВЕДЕНИЕ

В последнее время предпринимаются значительные усилия по созданию эффективной системы контроля состояния природных экосистем. Традиционный подход к решению этой проблемы связан с отбором проб воздуха, воды и почвы и исследованием их в лаборатории с использованием рутинных методов химического и физического анализа. Однако слишком много неопределенностей ассоциировано с такими оценками. В частности, этот подход не позволяет [1] с необходимой точностью оценить полученную организмом дозу от всех источников облучения, ожидаемые токсический и мутагенный эффекты при одновременном воздействии нескольких неблагоприятных факторов. Большинство методов химического анализа ориентировано на количественную оценку концентраций определенных элементов и их соединений, что делает необходимым априори знать состав загрязняющих окружающую среду веществ. Более того, как бы ни были совершенны химические и физические методы анализа техногенного воздействия на природу, количество присутствующих и вновь образующихся в окружающей среде

веществ всегда значительно больше, чем могут идентифицировать инструментальные средства и методы контроля загрязнения.

Другой подход основан на анализе ответных реакций животных, растений или микроорганизмов. Развитые в рамках биоиндикационного подхода методы позволяют получить прямую информацию об опасности всей совокупности факторов, в том числе и тех, которые не отслеживают службы, контролирующие уровень техногенного загрязнения среды. Методика *allium*-теста, основанная на использовании в качестве тест-объекта представителей рода *Allium*, широко применяется для оценки токсичности водной и почвенной сред. Этот тест характеризуется высокой чувствительностью к мутагенным факторам и информативностью; лук легко культивируется в лабораторных условиях [3, 4]. Чаще всего *allium*-тест использовали для оценки токсичности проб воды или почвенных вытяжек, загрязненных химическими веществами [5]. Результаты биотестирования водоема, образовавшегося на месте проведения подземного ядерного взрыва на севере Пермской области, показали [2], что совместное действие химических веществ и радионуклидов даже в концентрациях, не превышающих действующие в настоящее время допустимые уровни, может вести к возникновению значимых биологических эффектов.

Анализ результатов немногочисленных исследований [2, 6, 7], в которых *allium*-тест использовался для оценки состояния радиоактивно загрязненных территорий, свидетельствует о том, что при проведении такого рода исследований необходимо учитывать принципиальное различие механизмов биологического действия ионизирующих излучений и химических веществ. Целью настоящей работы являлась оценка токсичности с помощью *allium*-теста образцов воды и почвы с территории Семипалатинского ядерного испытательного полигона (СИП).

Испытания ядерных устройств проводили на территории СИП в течение 40 лет (1949–1989 гг.). Определяющий вклад в радиоактивное загрязнение данной территории внесли атмосферные и наземные ядерные взрывы [8, 9]. СИП существенно отличается от других территорий бывшего СССР, загрязненных в результате широкомасштабных аварийных выбросов радионуклидов (восточно-уральский радиоактивный след, 30-километровая зона Чернобыльской АЭС), как по почвенно-климатическим характеристикам, так и по спектру основных дозообразующих радионуклидов. Радиоактивное загрязнение территории полигона имеет крайне неравномерный характер. Основной вклад в радиоактивное загрязнение вносят  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{152}\text{Eu}$ , заметную роль играют  $^{154}\text{Eu}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{239,240}\text{Pu}$  и  $^{241}\text{Am}$  [9]. В настоящее время на большей части полигона радиационный фон находится в пределах нормы, однако сохранились участки, где мощность поглощенной дозы  $\gamma$ -излучения превышает 60 мкГр/ч, что достаточно для индукции достоверных биологических эффектов у животных и растений [9]. На рисунке 1 показаны участки СИП, в которых проводился отбор проб воды и почвы для оценки на цито- и генотоксичность: опытное поле, Балапан, Дегелен.

**Опытное поле** (ОП) – техническая площадка на северо-западе полигона для проведения испытаний ядерных зарядов в атмосфере (воздушные и наземные взрывы). Отбор образцов почвы проводился на участке ОП2 (в эпицентре наземных взрывов). Загрязнение поверхностного слоя почвы в расчете на сухой вес на этом участке составляет:  $^{137}\text{Cs}$  – 83 кБк/кг,  $^{60}\text{Co}$  – 5,4 кБк/кг,  $^{152}\text{Eu}$  – 96 кБк/кг,  $^{154}\text{Eu}$  – 2,9 кБк/кг,  $^{239,240}\text{Pu}$  – 27,9 кБк/кг [9].

**Дегелен** (Д) – опытная площадка на юге Семипалатинского испытательного полигона, использовавшаяся для проведения подземных испытаний в штольнях. Высокие концентрации радионуклидов локализованы в образовавшихся в резуль-

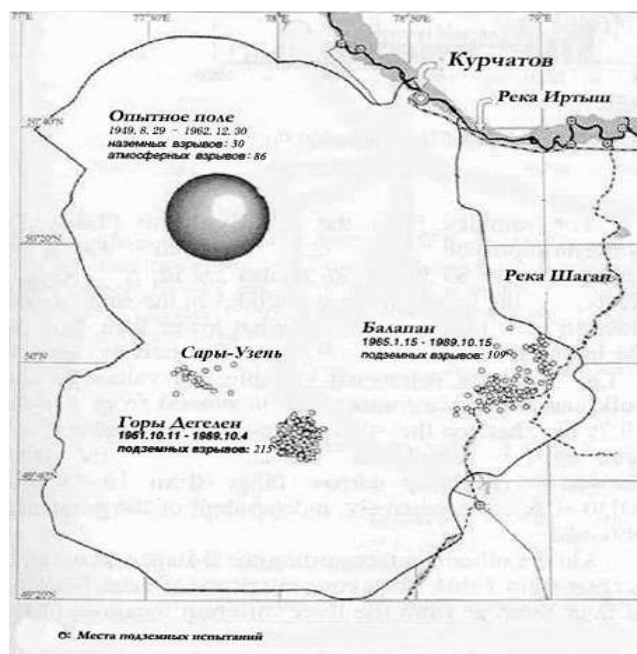


Рис. 1. Схема территории Семипалатинского испытательного полигона

тате взрывов полостях горных пород. Отбор проб (Д5 и Д7) воды производился в вытекающих из штолен ручьев.

**Баянпай** (Б, Ат. оз.) – опытная площадка на юго-востоке полигона, использовавшаяся для проведения испытаний в вертикальных подземных скважинах. Там же был проведен экскавационный взрыв с выбросом грунта. Образовавшаяся в результате взрыва воронка 0,5 км диаметром, 100 м глубиной и объемом 6 млн. м<sup>3</sup> постепенно заполнилась водой и получила название «Атомное озеро». Высота отвалов вокруг озера составляет 20–25 м. Образцы воды отбирали из Атомного озера (Ат. оз.); пробы почвы – на берегу этого водоема (Б2).

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

На всех экспериментальных участках образцы для исследования отбирали с поверхности почвы и водоемов (0–5 см). г-фон на местности измеряли на высоте 1 м и у поверхности дозиметром ДРГ-01Т, плотность потока  $\alpha$ - и  $\beta$ -частиц у поверхности определяли радиометром РКС 01 СОЛО. Очевидно, что условия облучения тест-объектов в лаборатории значительно отличаются от реальных в силу отсутствия  $\gamma$ -облучения от окружающей место отбора проб загрязненной радионуклидами поверхности почвы. Поэтому для корректной оценки радиоэкологической ситуации в местах отбора образцов воды и почвы необходимо было модифицировать методику *allium*-теста, дополнив ее  $\gamma$ -облучением тестируемых луковиц. Луковицы подвергали хроническому облучению в течение всего времени проращивания. Для оценки интенсивности дополнительного облучения использовали данные наших полевых измерений мощности экспозиционной дозы в местах отбора проб, а также результаты радиохимического анализа исследуемых образцов.

Тестирование проб воды и почвы выполняли в лабораторных условиях в двух вариантах: по классической схеме *allium*-теста [3,4] и с дополнительным  $\gamma$ -облучением, имитирующим натурные условия на исследуемых участках полигона. Луковицы помещали в кюветы так, чтобы воды касалось только донце, и предвари-

тельно проращивали в отстоянной водопроводной воде (с ежесуточной сменой воды) в течение 48 часов. Отбирали проросшие луковицы, у которых длина корня не превышала 2 см, и помещали в тестируемый образец воды на 24 часа. При тестировании почвенных образцов откалиброванные по весу и размеру луковицы помещали в кюветы с почвой на и проращивали в течение 120 часов. Для облучения кюветы с тест-объектом располагали в специализированном помещении с источником, создающим требуемую дополнительную дозу  $\gamma$ -излучения. По окончании срока экспозиции проводили фиксацию молодых корней в смеси спирта и уксусной кислоты (3:1), готовили давленные препараты по стандартной методике [10]. При выполнении цитогенетического анализа учитывали митотическую активность меристемы, а также частоту и спектр цитогенетических нарушений на стадии анателофазы. Изменение количества делящихся клеток характеризует цитотоксический эффект, а увеличение частоты нарушений деления – генотоксичность тестируемой среды.

В качестве контроля использовали отстоянную водопроводную воду, в качестве контрольной почвы – стандартную почвенную смесь для рассады. Тестирование контрольных образцов воды и почвы проходило в помещении с уровнем естественного радиационного фона  $\sim 15$  мкР/ч.

Для условий СИП дозы внешнего  $\gamma$ -облучения у поверхности почвы оценивали с использованием гамма-метода [12, 13] по формуле

$$D = \frac{2\pi\Gamma_{\delta}A_v t}{\mu_0}, \quad (1)$$

где  $\Gamma_{\delta}$  – гамма-постоянная, (аГр·м<sup>2</sup>)/(Бк·с);  $A_v$  – удельная объемная активность радионуклида, Бк/м<sup>3</sup>;  $t$  – время, с;  $\mu_0$  – коэффициент поглощения (для почвы  $\mu_0 \sim 3$  м<sup>-1</sup>) для поверхности полубесконечного объемного источника.

Оценку доз  $\alpha$ - и  $\beta$ -облучения выполняли по формуле Маринелли [15,17], [сГр] для 4 $\pi$ -геометрии в центре толстого источника:

$$D_{\beta} = 2,13\bar{E}_{\alpha,\beta}C_{p/n}t, \quad (2)$$

где  $E_{\alpha,\beta}$  – средняя энергия  $\alpha$ - или  $\beta$ -частиц, МэВ;  $C_{p/n}$  – удельная активность радионуклида, мкКи/г;  $t$  – время, ч.

Моделирование характерного для экспериментальных участков СИП гамма-фона проводили с использованием гамма-источника <sup>137</sup>Cs ( $1,45 \times 10^{-2}$  Ки). На расстояниях от источника, где мощность экспозиционной дозы соответствовала уровню гамма-фона на исследуемых участках СИП, располагали кюветы с луковицами. Мощность экспозиционной дозы определяли с помощью дозиметра ДКС АТ 11-21.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Радиоэкологическая обстановка на местности зависит от вида и количества радиоактивных элементов, присутствующих во внешней среде. Радиохимический анализ образцов воды и почвы проводился в Национальном ядерном центре Республики Казахстан. Из представленных в табл. 1 результатов измерений следует, что образцы почвы отличаются от образцов воды значительно большим разнообразием и количеством содержащихся в них радионуклидов. Понятно, что это самым непосредственным образом отразится на формировании дозовых нагрузок при биотестировании.

Результаты определения вклада каждого вида излучения в дозовую нагрузку на тест-объект представлены в табл. 2. Для тестируемых образцов воды основной вклад в формирование дозы вносят  $\gamma$ -излучающие радионуклиды. Для почв опытных участков ОП2 и Б2 вклад  $\gamma$ -излучения в дозовую нагрузку составляет 50–70%,

Таблица 1

**Результаты радиохимического анализа образцов воды и почвы Семипалатинского испытательного полигона**

Точка пробо-отбора	Активность радионуклидов, Бк/кг									
	<sup>137</sup> Cs	<sup>232</sup> Th	<sup>90</sup> Sr	<sup>40</sup> K	<sup>60</sup> Co	<sup>152</sup> Eu	<sup>154</sup> Eu	<sup>226</sup> Ra	<sup>241</sup> Am	<sup>238</sup> U
ОП2, почва	9745	43,8	1525,2	619,2	1189,2	58958	1726	44,95	247,6	<4,42
Б2, почва	13479	<0,89	4455	338,2	2987	6030	2797	<7,71	621,4	213,8
Ат.оз., вода	3,56	7,98	1,70	—**	—	—	—	—	—	—
Д5, вода	263,5	6,86	300,7	—	—	—	—	—	—	—
Д7, вода	230	5,31	933,5	—	—	—	—	—	—	—

\* для образцов почвы активность рассчитана на сухой вес,  
 \*\* концентрация ниже пределов обнаружения прибора (0,5 Бк/л)

существенный вклад вносят также  $\alpha$ -излучающие радионуклиды. Из представленных результатов следует необходимость модификации классической методики *allium*-теста дополнительным  $\gamma$ -облучением для учета внешнего  $\gamma$ -облучения в районе отбора проб.

К важнейшим биологическим показателям, характеризующим качество окружающей среды, относятся генетические изменения в соматических клетках. Используемый в настоящей работе метод биотестирования основан на изучении реакции клеток корневой меристемы лука. Меристема представляет собой асинхронно делящуюся популяцию клеток, находящихся в разных фазах клеточного цикла.

Таблица 2

**Вклад разных видов излучения в дозовую нагрузку на тест-объект**

Образец	Мощность экспозиционной дозы на исследуемых участках СИП, мкГр/ч			Время облучения, ч	Вклад дозы $\alpha$ -излучения в общую дозу, %	Вклад дозы $\gamma$ -излучения в общую дозу, %	Поглощенная доза, мкГр	
	D/ $\alpha$	D/ $\beta$	D/ $\gamma$				1*	2*
Ат. оз.	—	—	2,30	24	—	93	4	55
Д-5	—	—	17,30	24	—	99	4	420
Д-7	—	—	60,30	24	—	99	4	1450
ОП2	1,05	5,35	21,30	120	3,8	76	770	3320
Б-2	1,97	5,22	6,30	120	14,6	48	860	1620
Контроль (вода)	—	—	0,15	24	—	—	4	4
Контроль (почва)	—	—	0,15	120	—	—	20	20

1\* – вариант тестирования без учета вклада  $\gamma$ -излучения в дозу;  
 2\* – вариант тестирования с дополнительным  $\gamma$ -облучением.

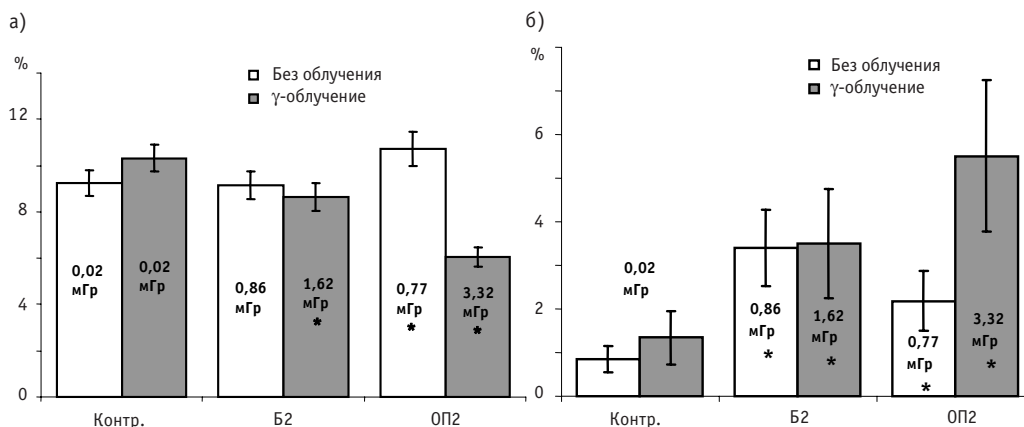


Рис.2. Сравнительная оценка показателей цитотоксичности (а) и генотоксичности (б) образцов почвы с территории СИП: по оси абсцисс представлены точки пробоотбора; по оси ординат – митотический индекс (А), частота aberrантных клеток (Б); \* – достоверное отличие от контроля при  $P=0,05$

От состояния меристемы зависит реализация генетической программы развития растения [10, 11]. Увеличение числа генетически аномальных клеток свидетельствует о высокой генотоксичности среды и снижении защитных свойств организма [3, 4].

На рисунках 2 и 3 сопоставлены результаты двух вариантов биотестирования (в отсутствие и при наличии дополнительного  $\gamma$ -облучения). В образце почвы ОП2, характеризующемся повышенным содержанием радиоактивных элементов, наблюдалось достоверное повышение уровня митотической активности и проявление генотоксических эффектов в клетках. Для образцов почвы с участка Балапан (Б2) также отмечено проявление генотоксического эффекта в обоих вариантах тестирования. Для тест-объекта уровень поглощенной дозы без учета  $\gamma$ -составляющей практически не отличается: в образце почвы Опытного поля он соответствует 770 мкГр, в образце почвы с участка Балапан – 860 мкГр. Использование классической методики *allium*-теста не выявило четко выраженной взаимосвязи между величиной радиационного фактора и результатами биотестирования.

Дополнительное  $\gamma$ -облучение меняет значения поглощенных доз и оказывает

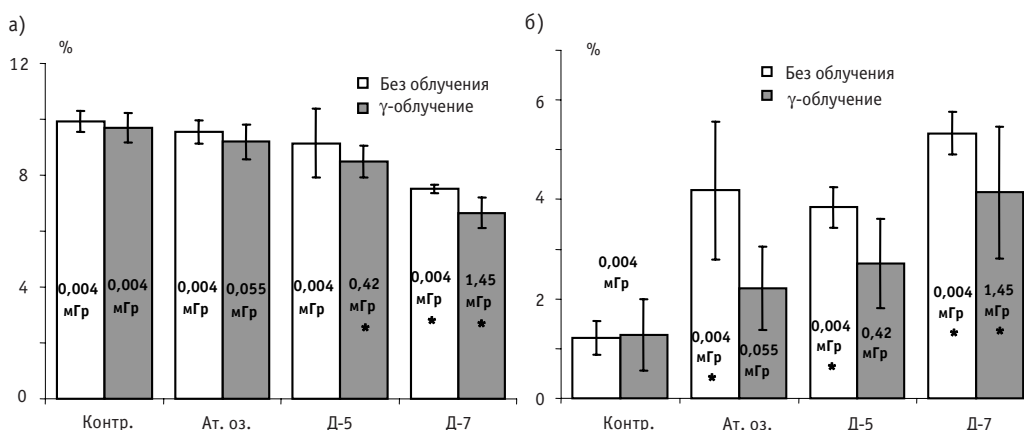


Рис. 3. Сравнительная оценка показателей цитотоксичности (а) и генотоксичности (б) образцов воды с территории СИП: по оси абсцисс представлены точки пробоотбора; по оси ординат – митотический индекс (а), частота aberrантных клеток (б); \* – достоверное отличие от контроля при  $P=0,05$



существенное влияние на результаты *allium*-теста. Величина поглощенной дозы повышается в 2–4 раза по сравнению с первым вариантом тестирования (до 1620 и 3320 мкГр соответственно). При этом достоверно меняется величина биологического отклика. Так в образцах почвы при дополнительном облучении наблюдается дозозависимое и достоверное снижение митотической активности и увеличение числа клеток с нарушениями процесса деления.

Результаты биотестирования образцов воды также свидетельствуют о проявлении цито- и генотоксических эффектов. Снижение митотической активности и увеличение частоты аномальных клеток митоза наблюдается в обоих вариантах тестирования. Однако дополнительное  $\gamma$ -облучение позволило нагляднее продемонстрировать дозозависимый характер отклика тест-системы. Характерно, что уровни поглощенных доз в условиях классического и модифицированного тестирования отличаются на целый порядок. Достоверно отличные от контроля цитотоксический и генотоксический эффекты наблюдаются лишь в пробе воды Д7, где величина поглощенной дозы соответствует 1450 мкГр. Вместе с тем, результаты модифицированного *allium*-теста демонстрируют гораздо лучшую связь с интенсивностью радиационного воздействия в местах отбора проб.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведен сравнительный анализ цито- и генотоксичности образцов воды и почвы с территории Семипалатинского испытательного полигона. Предложенная нами модификация *allium*-теста позволила значительно точнее охарактеризовать экологическую ситуацию в местах отбора проб воды и почвы, характеризующихся высоким уровнем радиоактивного загрязнения. По нашим данным достоверные биологические эффекты наблюдаются при уровнях облучения, превышающих 1000 мкГр. Воздействие на растущие корни луковиц при тестировании образцов воды и почвы является комплексным и для определения вклада каждого компонента в наблюдаемый эффект необходимо учитывать специфику его действия. Нельзя исключить и возможность возникновения синергических эффектов комплексного воздействия содержащихся в пробах воды и почвы факторов радиационной и химической природы. Основной характеристикой радиационного воздействия на организм является поглощенная доза. Авторам известны лишь несколько [18–20] работ, в которых на этом же тест-объекте (*Allium*) были установлены дозозависимые цито- и генотоксические эффекты облучения. Однако во всех этих работах были использованы гораздо более высокие дозы – от  $2 \cdot 10^6$  до  $6 \cdot 10^7$  мкГр. Особенностью настоящей работы является то, что в ней впервые на луке обыкновенном выявлены дозозависимые цито- и генотоксические эффекты в диапазоне малых доз, характерных для реальных ситуаций радиоактивного загрязнения. Следовательно, *allium*-тест в предложенной модификации может быть успешно использован при анализе не только химического, но и радиоактивного загрязнения.

**Работа частично финансировалась в рамках проекта МНТЦ К-1328.**

## Литература

1. Ulsh B., Hinton T.G., Congdon J.D. et al. Environmental biodosimetry: a biologically relevant tool for ecological risk assessment and biomonitoring//J. Env. Radioactivity. – 2003. – V. 66. – P. 121-139
2. Евсеева Т.И., Гераськин С.А., Шуктомова И.И., Таскаев А.И. Оценка гено- и цитотоксичности химического и радионуклидного загрязнения водоемов в районе проведения подземного ядерного взрыва на севере Пермской области//Радиационная биология. Радиоэкология. – 2004. – № 6. – С. 684-693.

3. Fiskesjo G. The *Allium* test as a standard in environmental monitoring//Hereditas. – 1985. – V. 102. – P. 99-112.
4. Rank J., Nielsen M.H. Genotoxicity testing of wastewater sludge using the *Allium cepa* anaphase-telophase chromosome aberration assay//Mutation Research. – 1998. – V. 418. – P. 113-119.
5. Довгальук А.И., Калиняк Т.Б., Блюм Я.Б. Оценка фито- и цитотоксической активности соединений тяжелых металлов и алюминия с помощью корневой апикальной меристемы лука//Цитология и генетика. – 2001. – № 1. – С. 3-8.
6. Kovalchuk O., Kovalchuk I., Arkhipov A. The *Allium cepa* chromosome aberration test reliably measures genotoxicity of soils of inhabited areas in the Ukraine contaminated by the Chernobyl accident//Mutation Research. – 1998. – V. 415. – P. 47-57.
7. Евсеева Т.И., Гераськин С.А., Шуктомова И.И., Храмова Е.С. Комплексное изучение радиоактивного и химического загрязнения водоемов в районе расположения хранилища отходов радиового промысла//Экология. – 2003. – № 3. – С. 176-183.
8. Ядерные испытания СССР: современное радиологическое состояние полигонов/Кол. авторов под рук. проф. В.А. Логачева. – М.:ИздАТ, 2002. – 639 с.
9. Мозолин Е.М., Гераськин С.А., Минкенова К.С. Радиобиологические эффекты у растений и животных Семипалатинского испытательного полигона (Казахстан)//Радиационная биология. Радиозкология. – 2008. – Т. 48. – № 4. – С. 433-442.
10. Паушева З.П. Практикум по цитологии растений. – М.: Агропромиздат, 1988.
11. Макаров В.Б., Сафронов В.В. Цитогенетические методы анализа хромосом. – М.: Наука, 1978.
12. Баранов В.Ф. Дозиметрия электронного излучения. – М.: Атомиздат, 1974.
13. Гусев Н.Г., Климанов В.А., Машкович В.П., Суворов А.П. Защита от ионизирующих излучений: в 2 т. Т. 1. Физические основы защиты от излучений: Учебник для вузов. 3-е изд., перераб. и доп./Под ред. Н.Г. Гусева. – М.: Энергоатомиздат, 1989.
14. Колобашкин В.М., Рубцов П.М., Алексанкин В.Г., Ружанский П.А. Бета-излучение продуктов деления: Справочник. – М.: Атомиздат, 1978.
15. Радиационная дозиметрия / Под ред. Дж. Хайна и Г. Браунелла, пер. с англ. – М.: Изд-во иностр. литературы, 1958.
16. Руководство по радиационной защите для инженеров/Под ред. Д.Л. Бродера и др., пер. с англ. – М.: Атомиздат, 1973. – Т. 2.
17. Cross W.G. Empirical expressions for beta ray point source dose distributions//Radiation Protection Dosimetry. – 1997. – V. 69. – № 2. – P. 85-96.
18. Куцоконь Н.К., Рашидов М.Н., Гродзинский Д.М. Цитогенетические эффекты  $^{241}\text{Am}$  в *Allium* – тесте//Радиационная биология. Радиозкология. – 2006. – Т. 42. – № 6. – С. 65-67.
19. Vajjapurkar S.G., Deepshikha Agarval S.K. et al. Gamma irradiated onions as a biological indicator of radiation dose//Radiation Measurements. – 2001. – V. 33. – P. 833-836.
20. Saghirzadeh M., Gharaati M.R., Mohammadi Sh., Ghiassi-nejad M. Evaluation of DNA damage in the root cell of *Allium cepa* seeds growing in the soil of high background radiation areas of Ramsar-Iran//J. Env. Radioactivity. – 2008. – V. 99. – P. 1698-1702.

Поступила в редакцию 8.12.2008



equipment of the Smolensk NPP's first power unit were used.

#### **УДК 621.791.16: 621.791.05**

*Ultrasonic Method of Removal of Residual Pressure in Welded Connections of Circulating Pipelines and the Atomic Power Station Equipment* \ A.I. Trofimov, S.I. Minin, V.N. Dementev, M.A. Trofimov, A.I. Osipov; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2009. – 6 pages, 1 table, 4 illustrations. – References, 5 titles.

The analysis of a condition of works on decrease in residual pressure in welded connections of the equipment of the atomic power station is carried out. Results theoretical and experimental researches of an ultrasonic method of removal of residual pressure in welded connections in the course of welding of circulating pipelines of the atomic power station are resulted.

#### **УДК 504.5: 621.039**

*Use of Allium-test for Toxicity Assessment of Water and Soil Sampled from Radioactively Contaminated Sites* \ S.V. Pyatkova, S.A. Geraskin, A.N. Vasileva, G.V. Kozmin, N.N. Lyannoy; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2009. 8 pages, 2 tables, 3 illustrations. – References, 20 titles.

The presented results of the estimation to toxicity sample water and soil from Semipalatinsk Experimental Test Site with use Allium-test. The factors of cyto- and genotoxicity natural sample from area STE, contrasting on level and spectrum radioactive contamination were compared. It is shown need of the modification of the biotesting for account of the external gamma-irradiations in region of the selection of the tests sample.

#### **УДК 628.31**

*The Sorption Properties of the Thermal Resistant Amorphous Alum Silicate Adsorbent* \ A.S. Shilina, V.K. Milunchuk; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2009. – 8 pages, 2 tables, 4 illustrations. – References, 8 titles.

The structure formula of new type alum silicate adsorbent was determined. The sorption properties of the thermal modified amorphous alum silicate adsorbent are present. After heating at 600°C the static sorption capacity adsorbent (mg/g) is increasing at 1.5 time and is equal for the nickel cations 220 and for the lead cations 660. Alum silicate adsorbent effectively removes these cations from the boiling water solutions. It is testify about the perspective of the adsorbent for the water cleaning at high temperature.

#### **УДК 621.039.51**

*Information Interactive System for Preparation and Verification Nuclear Data in the High-Energy Range* \ A.A. Angrianov, Yu.A. Korovin, I.S. Kuptsov, A.Yu. Konobeev, A.Yu. Stankovskiy; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2009. – 11 pages, 1 table, 6 illustrations. – References, 11 titles.

The article concerns the developing of information interactive system code for the preparation, verification and validation nuclear data in the high range. This complex enables users without special skills, produce activation nuclear-physical data, statistically assess them on existing experiments, verify the high energy reactions models using a flexible parameters selection system and visualize the results.

#### **УДК 621.039.512**

*On Use of Perturbation Theory for Analysis of Periodic Pulsed Solutions in Problems of Reactor Dynamics* \ A.V. Gulevich, O.F. Kukharchuk; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2009. – 11 pages, 2 illustrations. – References, 10 titles.

Principal relationships for estimation of linear functionals due to the changes in parameters of the initial boundary-value problem on the period have been formulated based on the traditional approach of perturbation theory and the adjoint function apparatus. The emphasis has been upon the case when the problem perturbation is the change of the period itself. Numerical and analytical examples of the use of perturbation theory relationships in the simplest problems of neutronic kinetics and non-stationary heat exchange in fuel element of periodic pulsed reactor have been considered.

#### **УДК 621.039**

*Calculation Study of Neutron-Physics Material Characteristics for Therapy Beams Forming* \ A.V. Korobeynikov, V.P. Ginkin; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2009. – 9 pages, 1 table, 7 illustrations. – References, 14 titles.