

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЛЛИУМ-ТЕСТА В РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ

С.Ю. Синовец, С.В. Пяткова, Г.В. Козьмин

*Обнинский государственный технический университет атомной энергетики,
г. Обнинск*



Данная статья посвящена обоснованию возможности применения простой доступной и информативной методики *аллиум*-теста в радиоэкологическом мониторинге. Проведено биотестирование природных вод на территории регионального хранилища радиоактивных отходов в черте города Обнинска. Изучена экологическая обстановка и проведена оценка потенциальной опасности для природной среды. Результаты исследования показали, что негативные биологические эффекты формируются под влиянием загрязняющих веществ в воде из скважины, расположенной вблизи аварийной емкости хранилища. Для определения вклада радиационной компоненты в формирование отклика биотеста проведены дополнительные модельные эксперименты. Дана оценка радиочувствительности лука в диапазоне доз от 0,1 до 2 Гр.

Ключевые слова: экологический мониторинг, биотестирование, *аллиум*-тест, цитогенетические показатели, радиочувствительность.

ВВЕДЕНИЕ

Активно формирующаяся в настоящее время концепция экосистемного нормирования требует усовершенствования и внедрения в практику методов биологического контроля качества природной среды. Для этого необходимы исследования чувствительности организмов к внешним воздействиям, определение пороговой величины и степени потенциальной биологической опасности отдельных факторов окружающей среды. Известно, что радиочувствительность организмов резко отличается, и эта особенность может быть положена в основу экологического нормирования на уровне экосистемы [1].

Несмотря на важность химических и физических анализов, обеспечивающих получение базовой информации о концентрации различных поллютантов и физических изменениях, биологическая оценка качества среды оказывается приоритетной по двум причинам. Во-первых, биологическая оценка предоставляет возможность интегральной характеристики качества среды с учетом многообразия воздействующих факторов. Во-вторых, такая оценка дает характеристику здоро-

вья среды по биологически значимым показателям и, следовательно, определяет ее пригодность для живых организмов [2].

При проведении биологического мониторинга используют тест-реакции живых организмов на комплексное воздействие внешних факторов. При этом тесты на клеточном и генетическом уровнях позволяют оценить чувствительность организмов и опасность данного воздействия на самых ранних этапах.

Метод *аллиум*-теста для исследования токсического воздействия различных загрязнителей биосферы на живые объекты является очень удобным и широко используемым [3]. Он позволяет осуществить относительно быстрый анализ эффектов влияния различных факторов окружающей среды. К сожалению, применение данной методики для оценки уровня радиоактивного загрязнения экосистем другими исследователями выявило ряд недостатков, которые требуют уточнения [4,5]. В частности, до сих пор не разработана шкала оценки, позволяющая соотнести биологический отклик тест-объекта с полученной дозой. Для этого нами проводятся модельные эксперименты, позволяющие восполнить этот пробел и усовершенствовать данную методику для использования биологических показателей в экосистемном нормировании. Обработка данных наших экспериментов позволит оценить вклад факторов радиационной природы в биологический отклик, регистрируемый при комплексном техногенном загрязнении экосистем.

Цель данной работы – оценка возможности применения методики *аллиум*-теста в радиэкологическом мониторинге.

Проведение подобных исследований перспективно, и в будущем позволит экспериментально определить ряд чувствительности растительных тест-объектов к воздействию ионизирующего излучения низкодозового диапазона, что позволит оценить допустимые уровни этого фактора в окружающей среде, а также даст возможность внести непосредственный вклад в разработку методологии оценки и нормирования ионизирующего излучения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводились на базе учебно-исследовательского полигона в районе размещения хранилищ радиоактивных отходов (РАО) ГНЦ РФ-ФЭИ [6, 7].

Отбор проб воды для биотестирования проводился в соответствии с ландшафтно-геохимическими особенностями местности. Для оценки потенциальной биологической опасности отбирались пробы воды из двух контрольных скважин на территории хранилища: скважины № 4 вблизи аварийной емкости и скважины № 7, расположенной на значительном расстоянии от локального источника загрязнения. Пробы воды для тестирования отбирались также из небольшого ручья, берущего начало на территории хранилища, и на болотистом участке в 50 м от границы охраняемой территории. Карта-схема точек пробоотбора представлена на рис. 1. В качестве контрольной пробы использовали отстоянную водопроводную воду. Тестирование природных вод проводилось в трехкратной повторности. Образцы воды для тестирования отбирались в мае, июле и октябре.

Данные радиохимического анализа свидетельствуют о наличии в тестируемых образцах воды β -радионуклида ^{90}Sr . Наибольшее содержание стронция отмечается в воде из скважины № 4 (от 22 до 40 Бк/л). Содержание радионуклидов в природных водах за пределами хранилища (ручей и болото) варьируется сезонно (в пределах от 3 до 16 Бк/л). Уровень радиоактивности в воде из скважины № 7 не является значимым (менее 0,15 Бк/л) на протяжении всего времени пробоотбора. Таким образом, вода из скважины № 7 может служить натурным контролем в тестировании воды из 4-й скважины.

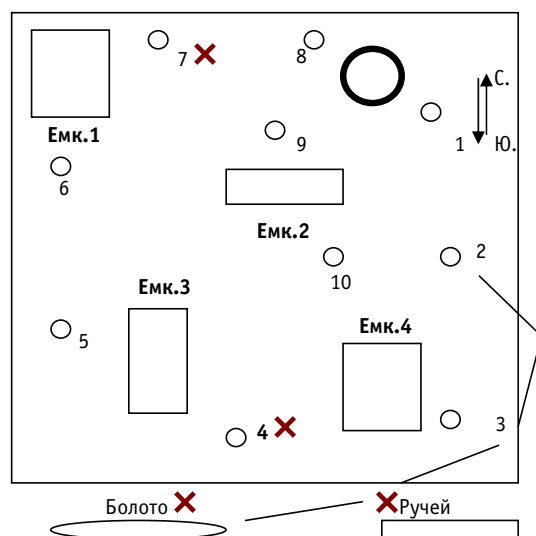


Рис. 1. Карта-схема точек пробоотбора

Радиоактивное загрязнение данной территории дополняется присутствием в воде ионов тяжелых металлов. Химический анализ показал повышенное содержание ионов Fe (0,15 мг/л), Mn (1,18 мг/л), Ni (0,32 мг/л), Cu (0,002 мг/л), Zn (1,36 мг/л) в скважине № 4. В воде из скважины № 7 отмечена высокая концентрация ионов Ni (0,18 мг/л). Для воды из ручья и болота также характерно значительное присутствие ионов Cu (0,003 мг/л).

Процедура тестирования проводилась по схеме, предложенной в работе [3]. Тест-системой для изучения биологических эффектов, индуцируемых компонентным составом проб воды, были выбраны клетки корневой меристемы лука (*Allium-sera*, сорт *Штутдгартен Ризен*). Луковицы, приблизительно одинаковые по массе (2,5–3 г) и размеру (1,8–2,2 см), помещали сначала в пластиковые кюветы с водопроводной водой на 48 ч для предварительного проращивания таким образом, чтобы воды касалось только донце луковицы. Этого времени достаточно для начала роста придаточных корней и запуска процесса активного деления клеток.

Затем отбирали проросшие луковицы с длиной корня 0,5–1 см и помещали в испытываемые пробы воды на 24 часа. В каждом варианте использовалось 15 луковиц. По окончании тестирования корешки длиной 1,5–2,0 см фиксировались в ацетоуксусном спирте. Использовали общепринятую методику приготовления давленных препаратов, окрашивание клеток проводили ацетоорсеином [8].

В качестве анализируемых показателей были выбраны митотический индекс корневой меристемы и учет клеток с абберациями хромосом на стадии анафазы [9].

Для определения радиочувствительности лука как тест-объекта аналогичная процедура тестирования проводилась в модельном эксперименте с использованием гамма-излучения в качестве воздействующего фактора.

Облучение растущих луковиц проводили на гамма-установке ОПГД-1 от источника ^{60}Co , помещенного в свинцовый коллиматор. Экспериментальные кюветы с луковицами размещались на разном расстоянии от источника ионизирующей радиации. Соответственно поглощенные дозы в этих точках составили 0,1; 0,2; 0,9; 2 Гр. Контрольные кюветы находились вне зоны ионизирующего облучения.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Реальная экологическая ситуация характеризуется одновременным воздействием на объекты окружающей природной среды малых доз и концентраций поллютантов разной (физической, химической и биологической) природы, способных в зависимости от их соотношения формировать такие ответные реакции как антагонизм и синергизм.

Возможность нелинейного отклика биологических систем на многофакторные воздействия крайне усложняет задачу корректной оценки генетического риска техногенного загрязнения. В то же время решение практических задач охраны окружающей среды невозможно без создания прочной научной основы для оценки сочетанных эффектов, что требует знания молекулярно-клеточных механизмов и закономерностей проявления многофакторных воздействий [10]. Для этого необходимо иметь хотя бы приблизительную шкалу оценки действия конкретного фактора.

По результатам биотестирования была оценена токсичность природных вод в районе хранилища радиоактивных отходов. Цитотоксичность воды (рис.2 А) характеризовалась по показателю митотической активности клеток корневой мериастемы, генотоксичность – по показателю частоты аберрантных клеток (рис.2В).

Представленные на рис. 2А данные показывают, что значимое снижение величины митотического индекса в корешках лука зафиксировано при использовании воды из скважины 4, причем этот результат повторяется независимо от даты пробоотбора.

Следовательно, компонентный состав воды из этого источника характеризуется цитотоксическим эффектом. Эти данные согласуются с результатами радиологического и химического контроля. При сравнении результатов биотестирования в разные сроки пробоотбора следует отметить, что активность клеточного деления в летний период была низкой во всех вариантах тестирования. Наблюдаемую нами сезонную динамику митотической активности можно объяснить наличием внутреннего биологического ритма тест-организма [11]. Из этого также следует, что при использовании живых организмов в эксперименте следует обращать внимание на ритмический характер природных процессов.

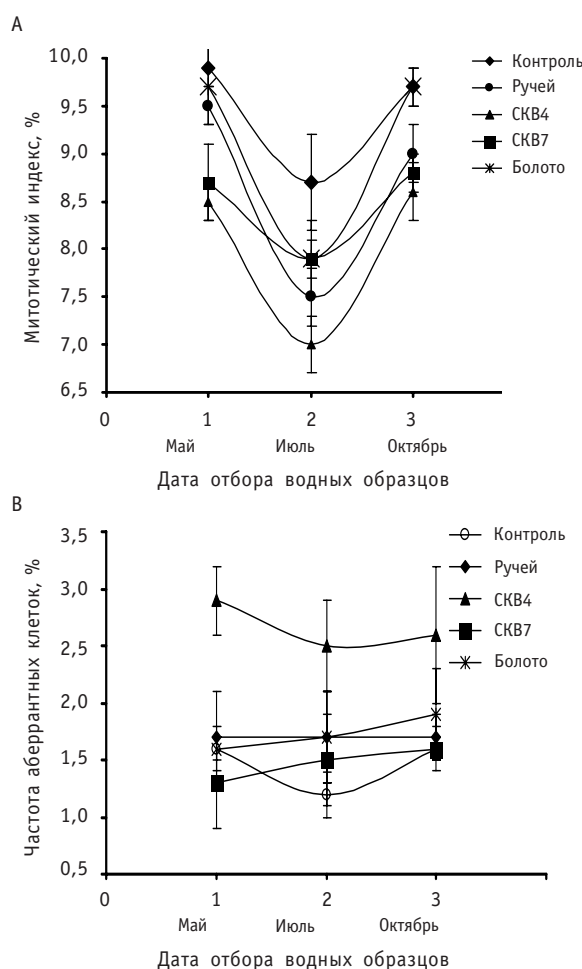


Рис. 2. Оценка цитотоксичности (А) и генотоксичности (В) водных образцов

В отличие от этого влияние компонентного состава воды на уровне генома (рис. 2В) не зависит от сезона. Процент формирования аберрантных клеток при тестировании воды из скважины № 4 в 2 раза выше, чем в контроле и других водных источниках. Таким образом, подтверждается и генотоксический эффект, индуцируемый компонентным составом воды из скважины № 4. Спектр наблюдаемых хромосомных аббераций представлен, в основном, хромосомными формами нарушений (мостами и фрагментами), присутствие геномных нарушений (отставания хромосом) незначительно.

Для данного спектра отмечено отсутствие тяжелых (летальных) изменений в клетке (мультиполярных митозов, К-митозов, изменений формы ядра, слипаний хромосом). Такие генетические изменения, наблюдаемые в клетках, обусловлены совместным действием радионуклидов и химических элементов в воде, присутствующих в относительно малых концентрациях. Ответная реакция на уровне генома клетки оказалась более чувствительной к радиационным факторам. Повышенный уровень радионуклидов в воде из скважины № 4 способен индуцировать более высокий процент аномальных клеток. Однако поглощенные дозы для лука, проращиваемого в этой воде, слишком малы, и не вполне корректно было бы связывать проявления генотоксического эффекта только с радиационной компонентой тестируемой воды.

Радиологические характеристики тестируемой воды нам известны, и мы можем сравнить их с показаниями биотеста, проанализировав также и уровень его чувствительности. Как уже отмечалось ранее, активность радионуклидов в воде варьируется посезонно: для природных вод ручья и болота от 3 до 16 Бк/л; для подземной воды и скважины № 7 содержание радионуклидов является незначительным; активность радионуклидов в скважине № 4 наиболее высока 22–40 Бк/л. Если рассматривать ответную реакцию биотеста, то при минимальной концентрации радионуклида в скважине № 7 отмечается цитотоксический эффект в весенних и осенних пробах воды.

При анализе взаимосвязи ответной реакции биологической ткани и содержания радиоактивного элемента в воде не обнаруживается строгой корреляционной зависимости. Довольно трудно определить основной фактор воздействия, т.к. образцы подвергаются сочетанному действию сразу нескольких факторов. Необходимо вычлени из комплекса всех действующих факторов только лишь действие ионизирующего излучения. Применение данного теста в радиоэкологическом мониторинге может быть ограничено чувствительностью тест-объекта к факторам радиационной природы. В связи с этим нами были поставлены дополнительные модельные эксперименты, позволяющие оценить чувствительность данного тест-объекта к радиационному фактору.

Под радиочувствительностью понимают степень нарушения различных процессов или поражения тканей и органов при одной и той же дозе радиации. Считается, что молодые делящиеся клетки лука довольно чувствительны к воздействию ионизирующего излучения. Крупные хорошо изученные хромосомы очень уязвимы в отношении радиационного фактора, поэтому лук мог бы стать очень удобным тест-объектом для его оценки [4].

Изменения в клетках лука, формирующиеся под действием ионизирующего излучения, представлены на рис. 3 и 4.

Цитогенетические показатели в данном случае реагировали на изменение радиационного фона неоднозначно. При дозе 0,9 Гр наблюдалось незначительное подавление митотической активности относительно фонового контроля, а дозы 0,1 и 0,2 Гр оказывали значимое стимулирующее действие. При дозе 2 Гр наблю-

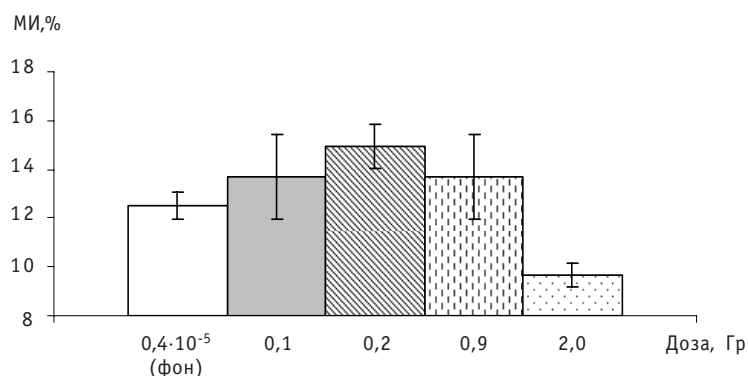


Рис. 3. Диаграмма изменения митотического индекса под воздействием ионизирующего гамма-излучения

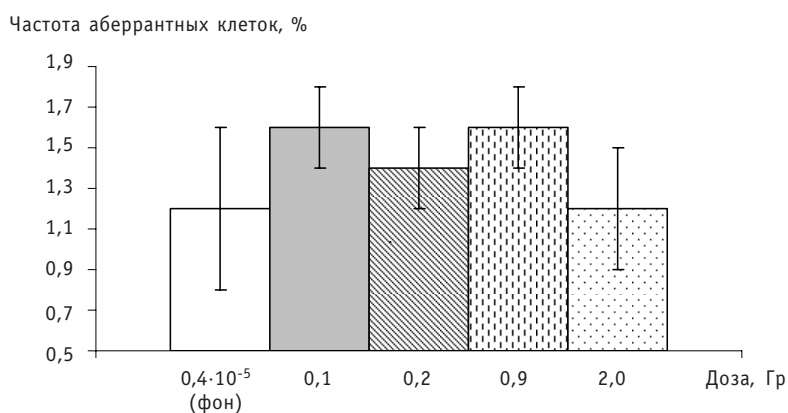


Рис. 4. Диаграмма изменения частоты абберантных клеток под воздействием ионизирующего гамма-излучения

далась депрессия митотической активности. Это говорит о том, что при более высоких дозах нарушаются все процессы жизнедеятельности в клетке, она перестает нормально функционировать, снижается процент делящихся клеток и в конечном итоге это может привести к гибели организма.

В данном диапазоне доз ионизирующей радиации генотоксический эффект не регистрируется, т.к. частота абберантных клеток не превышает соответствующих контрольных значений. Спектр наблюдаемых изменений в клетках характеризуется присутствием летальных изменений в виде К-митозов, большой долей геномных нарушений, а также заметным присутствием хроматидных и хромосомных нарушений. Отмечается принципиальное отличие от спектрального состава нарушений, наблюдаемых в биотесте [7]. В модельном эксперименте присутствуют летальные изменения и намного больше геномных. Таким образом, полученные цитогенетические изменения при использовании *аллиум*-теста, по всей видимости, связаны не только с действием ионизирующих излучений и обусловлены комплексным воздействием с учетом присутствия продуктов коррозии в составе отходов РАО [6].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполненная работа по оценке экотоксичности природных вод в районе расположения хранилища радиоактивных отходов в г. Обнинске базировалась на методике биологического контроля среды. Биотестирование позволило оценить данный природный объект интегрально, т.е. по совокупности всех возможных

воздействующих факторов на момент пробоотбора. В клетках луковиц, пророщенных в воде, отобранной вблизи хранилища РАО, были обнаружены генетические изменения, которые обусловлены совместным действием радионуклидов и химических элементов в воде, присутствующих в относительно малых концентрациях. Генотоксический эффект был подтвержден наблюдаемыми хромосомными абберациями, но четкой и закономерной связи между показателем биотеста и содержанием радионуклида обнаружено не было. Для оценки исключительно радиоактивного фактора в формировании оцениваемых биологических показателей был проведен дополнительный модельный эксперимент по облучению лука ионизирующим излучением в дозах 0,1–2 Гр, который показал, что малые дозы оказывают стимулирующий эффект, а при более высоких дозах, а именно 2 Гр, наблюдается депрессия митотической активности. На уровне генома зарегистрированы характерные отличия в спектре наблюдаемых аббераций хромосом, что может служить информативным признаком в оценке качества природной среды.

При использовании *аллиум*-теста в радиоэкологическом мониторинге необходимо учитывать чувствительность тест-объекта к радиоактивным компонентам тестируемой среды.

Литература

1. Пяткова С.В., Горшкова Т.А., Сынзыныс Б.И. Экосистемное нормирование: Учебное пособие по курсам «Общая экология», «Техногенные системы и экологический риск». – Обнинск: ИАТЭ, 2007. – 68с
2. Захаров В.М., Кларк Д.М. Биотест: интегральная оценка здоровья экосистем и отдельных видов. Московское отделение международного фонда «Биотест». – М., 1993. – 67. – С. 4.
3. Fiskesjo G. The *Allium*-test as a standard in environmental monitoring//Hereditas. – 1985. – V. – 102. – P. 99-112.
4. Vaijapurkar S.G. Radiation Measurements 33 (2001) 833-836, Gamma-irradiated onions as a biological indicator of radiation dose.
5. 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// J. Mutat. Research. – 1998. – 415: 47-57.
6. Васильева А.Н., Козьмин Г.В., Латынова Н.Е., Старков О.В., Вайзер В.И. Общие закономерности загрязнения геосистем в районе размещения регионального хранилища радиоактивных отходов// Известия вузов. Ядерная энергетика. – 2007. – № 2. – С. 64-74.
7. Васильева А.Н., Сынзыныс Б.И., Ульянова Л.П. и др. Оценка загрязнения биоценоза в районе размещения регионального хранилища радиоактивных отходов и его влияния на грызунов// Радиационная биология. Радиоэкология. – 2007. – Т. 47. – № 2. – С. 623-630.
8. Паушева З.П. Практикум по цитологии растений. – М.: Колос, 1970. – С. 255.
9. Grant W.F. Chromosome aberration assays in *Allium*. A report of the US Environmental Protection Agency Gene-Tox program// Mutation Research. – 1982. – V. 99. – P. 273-291.
10. Гераськин С.А., Дикарев В.Г., Евсеева Т.И. Цитогенетические эффекты слабых и сочетанных воздействий у растений в связи с проблемой экологического нормирования// Вестник НЯЦ РК «Радиоэкология и охрана окружающей среды». – 2002. – Вып. 3. – С. 90-97.
11. Гриф В.Г., Мачс Е.М. Ритмы митотической активности клеток в растительных меристемах// Цитология. – 1994. – Т. 36. – С. 1069-1085.
12. WHO. World Health Organization. Guidelines for Drinking-water Quality. Recommendations. Vol. 1: 3rd ed. Geneva, 2004. 546 p.

Поступила в редакцию 8.12.2008

ABSTRACTS OF THE PAPERS

УДК 621.039.58

The Microprocessor Unit Controlling the Complex Diagnostic Test Bench for Vibration Examination of Pipelines of Nuclear Power Plants \V.I. Velkin, D.S. Komoza, A.Y. Krutikov, V.V. Khnikina; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2009. – 5 pages, 5 illustrations. – References, 4 titles.

The examination results of passive swirlers for decreasing a level of vibration in the pipelines with two-phase flow were presented. Designs of the swirlers were shown. Metering characteristics providing formation of parameters of a two-phase mixture were described. The results characterizing a relative decreasing of vibration displacement of the pipelines used swirlers were exhibited. The view of the microprocessor unit controlling the experimental diagnostic test bench was exhibited. The scheme and the functioning algorithm were described.

УДК 621.039.548

Development of Automatic System by Expose Fuel Channel with Non-Hermetic Assemblies \A.M. Zagrebayev, I.V. Oghegin; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2009. – 8 pages, 6 illustrations. – References, 6 titles.

Scrutinize problem expose non-hermetic fuel assemblies. Description principles of function automatic system by expose fuel channel with non-hermetic assemblies.

УДК 621.039.534

Methods and Control Facilities the Resource of the Capital Equipment on the Nuclear Power Plant \A.V. Nekrasov, K.N. Proskurjakov; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2009. – 10 pages, 2 tables, 7 illustrations. – References, 12 titles.

Algorithms and software product for calculation of eigen frequencies of coolant pressure oscillations in the equipment of the first contour of the nuclear power plant with BB3P-1000, good quality factor of a contour of the coolant, a pass band of frequencies of fluctuations and factors of attenuations are developed. Results of calculations are resulted at presence and at absence in the coolant of products radiolysis in a gaseous status. The analysis of results allows to reveal the conditions resulting in raised vibrations, and also to develop managers of influences in ordinary system of management information system of the block for their prevention.

УДК 621.18.021

Designing of Electronic Passport for Forecast of Condition of the Pipe-Heater Steam Generator \V.K. Semenov, D.S. Rumyantsev; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2009. – 5 pages, 3 illustrations. – References, 3 titles.

We designed a system of organizational and technical steps, which carry out in exploration time of heat-and power engineering equipment of NPP (nuclear power plant) with PWR (power water reactor). This system was designed for the new equipment and can be apply only when the all devices have identical starting condition. If starting conditions are difference, then said approach is not correct. Therefore we are creating methodology, which permit to made prognosis of tubing steam generator longevity and work out a guidelines, which will be helped to raise a safety of steam generator and prolong its resource.

We designed a semi empirical mathematical model and computer program which permit to make forecast of chemical washing terms in steam generator.

УДК 502/504:57.08

Ecological bases of Application the Allium-Test in Ecological Monitoring \S.Y. Sinovets, S.V. Pyatkova, G.V. Kozmin; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika»

(Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2009. – 7 pages, 4 illustrations. – References, 12 titles.

The article is devoted to opportunity of application the methods of the Allium-test in radioecological monitoring. It is carried out biotestings of natural waters from territories of Obninsk regional radioactive repository. Ecological conditions is investigated and the estimation of potential danger to the natural environment is carried out. Results have shown, that negative biological effects are formed under influence of polluting substances in water of well located near to emergency capacity. For determination of the contribution radioactive components in formation of the biotests response are carried out additional modelling experiments. The estimation of radiosensitivity of an onions in a range of doses from 0,1 up to 2 Гр is given.

УДК 621.039.5

Development of Calculation Model and Analysis of Some Transition Processes in KLT-40S Reactor with SERPENT Code \P.E. Kaplar, I.S. Lisitsin, P.V. Markov, N.A. Marchikhina; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2009. – 9 pages, 10 illustrations. – References, 5 titles.

Calculation model of KLT-40S reactor with concern of stationary and transition regimes of reactor by means of heat-hydraulic code SERPENT had developed. Results of calculation of stationary regime at the rated power level with code had compared with the reactors developers data, which indicates that calculation model was highly valid. Calculation analysis of transition regimes had performed. These transition regimes are: shutdown of 2 steam generators sections; shutdown of 2 circulation pumps of first circuit. The fact that position of control rods was invariable must be in parenthesis. Alterations of power, heat carrier temperature, fuels and dispersive fuel compositions coats had specified.

УДК 621.039.512

Spatial Neutron Kinetic Module of ROSA Code \A.L. Cherezov, N.V. Shchukin; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2009. – 8 pages, 1 table. – References, 5 titles.

A spatial neutron kinetic module was developed for the computer code ROSA. The paper describes the numerical scheme used in the module for resolving neutron kinetic equations. Two methodologies (analytical integration and Gears method) were compared each other on their efficiency and accuracy. Both methodologies were verified on the test problems. The paper presents the results obtained in the verification studies.

УДК 621.039.59: 621.039.7

Control System of Extraction Column \A.G. Gorunov, Y.A. Chursin, K.V. Turetskov; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2009. – 10 pages, 7 illustrations. – References, 14 titles.

The universal multicomponent model of extraction in pulsating Column was presented. Check of adequacy of model was made and the system of automated control by concentration of uranium in pulsating Column is synthesised.

УДК 621.183.371

Calculation of Main Joint of MCPA-1391 under Different Operation Conditions \A.A. Mukhlynin, V. I. Slobodchyk; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2009. – 8 pages, 2 tables, 5 illustrations. – References, 4 titles.

Results of stress calculation of studs of the main joint of the main circulation pump MCPA-1391 both under steady state, and under transient conditions are presented. The thermal stress arising in the studs of the main joint under the warming up and under shut-down conditions are estimated. It is shown, that the thermal stress is an insignificant part of the total stress, and the total stress of the studs of the main joint does not exceed the limit value under all considered conditions.