

УДК 519.7:574

АНАЛИЗ ФУНКЦИЙ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ПОЧВ В ТЕХНОГЕННО ЗАГРЯЗНЕННЫХ РАЙОНАХ

Н.Н. Павлова, В.П. Романцов, Е.И. Сарапульцева

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



В настоящее время особую актуальность приобретают мероприятия по оценке экологических последствий техногенного загрязнения городов. Это в равной степени относится как к крупным промышленным центрам, так и к малым городам.

В г.Обнинске, расположенном в 100 км к юго-западу от Москвы, на территории Калужской области, более 50 лет действует крупный Государственный научно-исследовательский центр – Физико-энергетический институт (ФЭИ) и ряд производств, связанных с разработкой объектов атомной энергетики. Одна из промплощадок ФЭИ примыкает к массиву жилой застройки города. Санитарно-защитная зона (СЗЗ) ФЭИ рассчитана с учетом выбросов в атмосферу химических и радиоактивных веществ предприятия, состав которых зависит от характера проводимых исследований и в целом определяется инертными радиоактивными газами, а также йодом-131, короткоживущими и долгоживущими аэрозольными продуктами деления ядерного топлива и продуктами коррозии активированных нейтронами конструкционных материалов ядерных установок [1]. Радиоактивные выбросы ФЭИ в атмосферу за период исследования не превышали допустимых норм для предприятий атомной энергетики [2].

В атмосферу Обнинска выбрасываются также пыль разного состава, диоксид серы, окислы азота, оксид углерода, углеводороды. От работы автотранспорта поступают оксиды углерода и азота, а также сажа и тяжелые металлы. При преимущественно юго-западном направлении ветра на исследуемой территории значение рН в осадках несколько выше, чем в среднем по региону [1].

В Обнинском ИАТЭ накоплен теоретический и практический опыт биологического мониторинга наземных и водных экосистем, который лег в основу проводимых в 2002–2007 гг. работ, поддерживаемых Программой инновационного сотрудничества Минатома РФ и Минобразования РФ по биологической оценке влияния деятельности ФЭИ на природный биоценоз [3–5].

Известно, что антропогенные воздействия на почву могут изменять условия существования почвенных микроорганизмов, нарушать нормальное протекание процессов трансформации веществ как в почве, так и в биосфере [6]. Почвенные микроорганизмы занимают основное положение в циклах таких жизненно важ-

ных элементов, как С, N, P, S, Fe, Mn и др. На ранних стадиях развития техногенных экосистем почвенные микробоценозы являются наиболее информативной диагностической компонентой биоты, способной в силу высокой адаптации быстро реагировать на смену экологических условий и менять функциональную активность [7]. Именно эта способность микроорганизмов была использована в целях биологического мониторинга почв в районе Обнинска, на территории которого расположено предприятие атомной энергетики [8].

Существенное место в данной работе отводится обоснованию выбора показателей биологической активности почв в целях биомониторинга. Математические методы анализа позволили определить приоритетные биологические системы почвенного микробоценоза, наиболее динамично и адекватно характеризующие состояние экосистемы в техногенно загрязненном районе.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Были отобраны 60 образцов почв на территории г. Обнинска и санитарно-защитной зоны ФЭИ. Схема пробоотбора приведена на рис. 1.

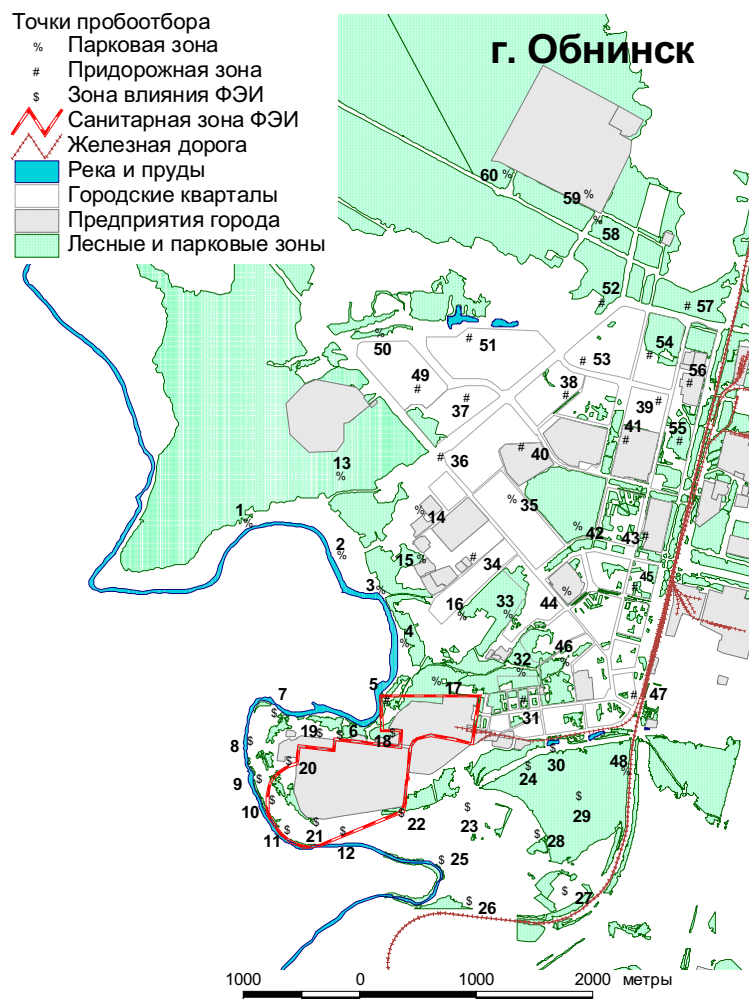


Рис.1. Карта-схема точек пробоотбора образцов почв в 2002–2007 гг. на территории Обнинска и СЗЗ ФЭИ

Для мониторинга почв использовали как биохимические показатели: оценку ферментативной активности микробоценозов по каталазной, дегидрогеназной, уреазной и инвертазной активностям, так и физиологические – изменение активности азотфиксации, денитрификации, метаногенности и эмиссии CO_2 из почв. Биологическая активность почв оценивалась по известным методикам, применяемым в почвенной микробиологии [9–11].

Для статистического анализа результатов биологического мониторинга исследуемой территории все точки пробоотбора были разделены на две зоны: «парковая» – зона 1 (точки 1 – 11, 13, 15, 19–26, 28–30, 33, 51, 52, 58–60) и «придорожная» – зона 2 (точки 12, 14, 16–18, 27, 31, 32, 34 – 50, 53–57). В основе принципа условного деления точек пробоотбора по зонам лежала их принадлежность к относительно «нетронутым» лесным и луговым районам пригорода, санитарно-защитной зоны ФЭИ, расположенной в пойме р.Протвы, парковой части города (зона 1) и почвам, отобранным вблизи центральных улиц города и железнодорожной ветки Москва–Калуга (зона 2).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные результаты биологической активности почв по восьми показателям представлены на рис. 2–3 в соответствии с зональностью. Проведен сравнительный анализ изменения исследуемых показателей активности почвенных микробоценозов по зонам наблюдения.

Из полученных результатов можно заключить, что каталазная активность почв в зонах 1 и 2 достоверно не отличается (рис.2а). Распределения можно считать нормальными по критерию Колмогорова [12], формирование результата измерений аддитивное. Функции плотности распределений имеют вид:

$$f_1(x) = \frac{1}{0,3\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(x-1,4)^2}{2 \cdot 0,3^2}\right), \quad f_2(x) = \frac{1}{0,5\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(x-1,7)^2}{2 \cdot 0,5^2}\right),$$

где $f_1(x)$ – функция плотности распределения каталазной активности в зоне 1, $f_2(x)$ – функция плотности распределения каталазной активности в зоне 2.

Статистическая обработка не позволила обнаружить достоверных отличий в исследуемых точках зон наблюдения. Каталазная активность почв не является информативным показателем преобразований почвенного микробоценоза в условиях низкоинтенсивного загрязнения почв тяжелыми металлами и радионуклидами.

Распределения значений инвертазной активности в зонах 1 и 2 являются нормальными (рис. 2б). Функции плотности распределения описываются следующими выражениями:

$$f_1(x) = \frac{1}{0,31\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(x-1,7)^2}{2 \cdot 0,31^2}\right), \quad f_2(x) = \frac{1}{0,3\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(x-1,8)^2}{2 \cdot 0,3^2}\right),$$

где $f_1(x)$ – функция плотности распределения инвертазной активности в зоне 1, $f_2(x)$ – функция плотности распределения инвертазной активности в зоне 2.

Функции $f_1(x)$ и $f_2(x)$ неразличимы при уровне значимости ($\alpha = 0,05$).

Анализ уреазной активности исследуемых почв выявил, что функции плотности распределения этого показателя в зоне 1 и 2 являются логнормальными:

$$f_1(x) = \frac{1}{0,03\sqrt{2\pi}} \cdot \frac{1}{x} \exp\left[-\frac{1}{2 \cdot 0,03^2} \cdot (\ln x - 0,3)^2\right],$$

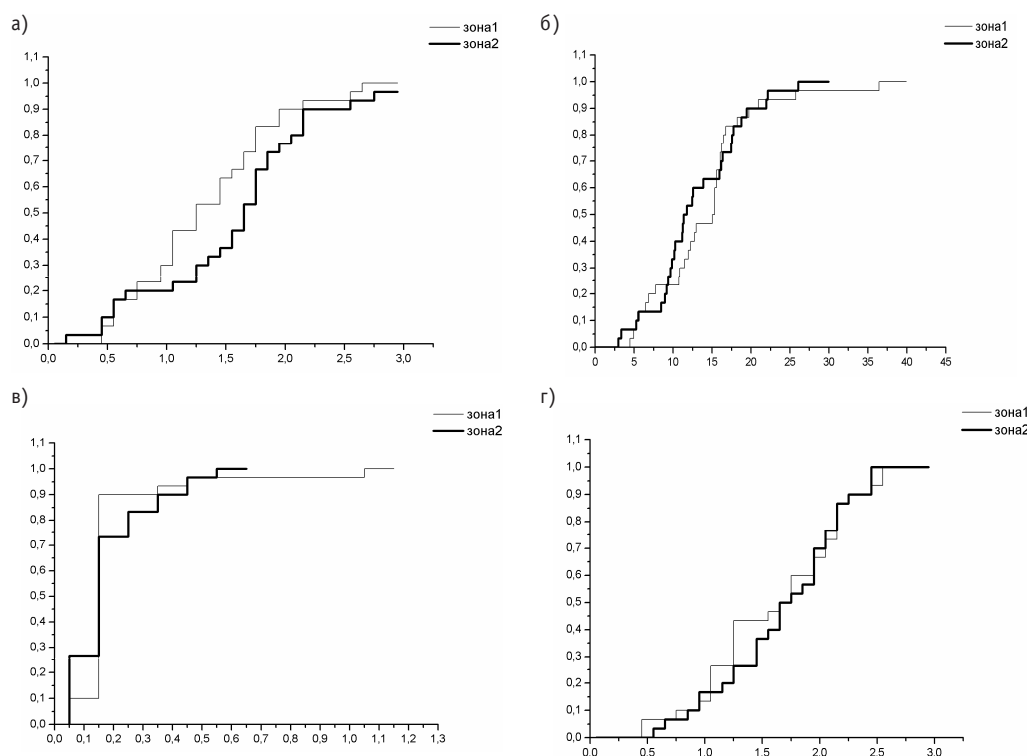


Рис.2. Интегральная функция распределения биохимических показателей биологической активности почвенного микробоценоза в точках пробоотбора.
По оси абсцисс – каталазная активность (а), см³ O₂/г·мин; инвертазная активность (б), мг гл/г·сут;
уреазная активность (в), мг NH₄/г·ч; дегидрогеназная активность (г), мг ТТФ/г·сут.
По оси ординат – значения интегральной функции распределения

$$f_2(x) = \frac{1}{0,04\sqrt{2\pi}} \cdot \frac{1}{x} \exp \left[-\frac{1}{2 \cdot 0,04^2} \cdot (\ln x - 0,3)^2 \right].$$

Характер распределений биологического показателя не различается ($\alpha=0,05$) в зонах 1 и 2 (рис. 2 в).

Распределения показателей дегидрогеназной активности в зонах 1 и 2 являются нормальными. Функции плотности распределения соответственно имеют вид:

$$f_1(x) = \frac{1}{8,52\sqrt{2\pi}} \exp \left(-\frac{(x-14,1)^2}{2 \cdot 8,52^2} \right), \quad f_2(x) = \frac{1}{7,28\sqrt{2\pi}} \exp \left(-\frac{(x-13,0)^2}{2 \cdot 7,28^2} \right).$$

Значения данного показателя биологической активности почв достоверно не различаются ($\alpha=0,05$) в зонах 1 и 2.

Высокая биоиндикационная значимость в мониторинге исследуемого почвенного микробоценоза может быть отведена эмиссии CO₂. Функции плотности распределения в зонах 1 и 2 для полученных значений данного показателя следующие:

$$f_1(x) = \frac{1}{2,31\sqrt{2\pi}} \exp \left(-\frac{(x-7,4)^2}{2 \cdot 2,31^2} \right), \quad f_2(x) = \frac{1}{2,69\sqrt{2\pi}} \exp \left(-\frac{(x-9,3)^2}{2 \cdot 2,69^2} \right).$$

Распределения являются нормальными по критерию Колмогорова. Функции $f_1(x)$ (зона 1) и $f_2(x)$ (зона 2) достоверно различны даже при малых уровнях значимости ($\alpha=0,025$) (рис.3а). Эмиссия CO₂ в точках зоны 2 достоверно ниже, чем в точках зоны 1.

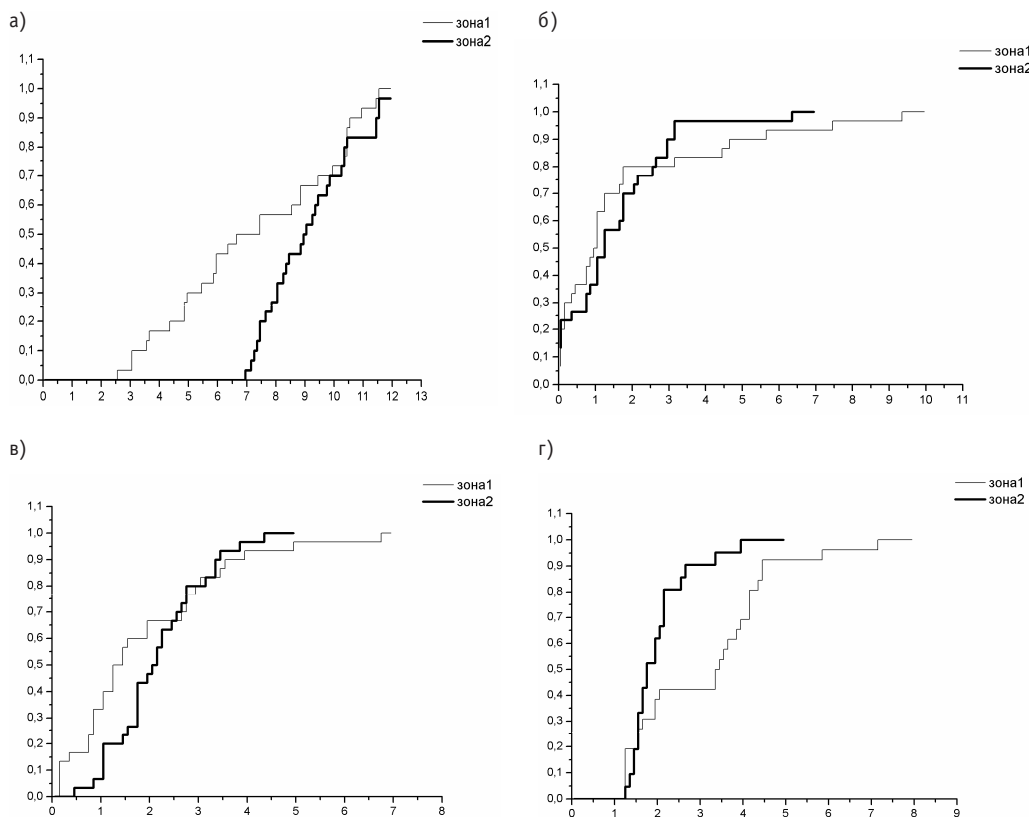


Рис.3. Интегральная функция распределения физиологических показателей биологической активности почвенного микробоценоза в точках пробоотбора.
По оси абсцисс – эмиссия CO_2 (а), $\text{мкг C-CO}_2 / \text{г} \cdot \text{ч}$; активность азотфиксации (б), $\text{мкг N}_2 / \text{г} \cdot \text{ч}$; денитрифицирующая активность (в), $\text{мкг N}_2\text{O} / \text{г} \cdot \text{ч}$; метаногенная активность (г), $\text{мкг CH}_4 / \text{г} \cdot \text{ч}$.
По оси ординат – значения интегральной функции распределения

Плотности распределений показателей активности азотфиксации в зонах 1 и 2 являются логнормальными и описываются следующими функциями:

$$f_1(x) = \frac{1}{0,81\sqrt{2\pi}} \cdot \frac{1}{x} \exp \left[-\frac{1}{2 \cdot 0,81^2} \cdot (\ln x - 1,8)^2 \right],$$

$$f_2(x) = \frac{1}{0,73\sqrt{2\pi}} \cdot \frac{1}{x} \exp \left[-\frac{1}{2 \cdot 0,73^2} \cdot (\ln x - 1,6)^2 \right].$$

Функции $f_1(x)$ и $f_2(x)$ достоверно ($\alpha=0,05$) не различимы для зон 1 и 2 соответственно (рис. 3 б).

Значения денитрифицирующей активности почвенного микробоценоза имеют следующие функции плотности распределения в зонах 1 и 2:

$$f_1(x) = \frac{1}{1,32\sqrt{2\pi}} \cdot \exp \left[-\frac{(x-2,0)^2}{2 \cdot 1,32^2} \right], \quad f_2(x) = \frac{1}{0,8\sqrt{2\pi}} \cdot \exp \left[-\frac{(x-2,2)^2}{2 \cdot 0,8^2} \right].$$

Показатели денитрификации в зонах 1 и 2 достоверно ($\alpha=0,1$) различаются (рис. 3в). Таким образом, денитрифицирующая активность почв является информативным показателем при проведении биологического мониторинга территорий с низким уровнем загрязнения почв тяжелыми металлами и радионуклидами.

Распределения показателей метаногенной активности микробоценоза исследуемых почв в зонах 1 и 2 являются нормальными и описываются функциями:

$$f_1(x) = \frac{1}{2,4\sqrt{2\pi}} \cdot \exp\left[-\frac{(x-3,2)^2}{2 \cdot 2,4^2}\right], \quad f_2(x) = \frac{1}{0,8\sqrt{2\pi}} \cdot \exp\left[-\frac{(x-2,1)^2}{2 \cdot 0,8^2}\right].$$

Функции $f_1(x)$ (зона 1) и $f_2(x)$ (зона 2) достоверно ($\alpha=0,05$) отличаются (рис.3г). Метаногенная активность почвенных микробоценозов может быть использована при биодиагностике почв с низким уровнем загрязнения тяжелыми металлами и радионуклидами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные результаты позволяют судить о различной степени биологической активности почвенных микробоценозов на техногенно загрязненных почвах с низким содержанием тяжелых металлов и радионуклидов. Анализ функций распределения биохимических показателей почвенного микробоценоза в зонах 1 и 2 не выявил достоверных различий. Данные показатели не являются информативными при проведении биологического мониторинга почв с низкоинтенсивным уровнем загрязнения тяжелыми металлами и радионуклидами.

Из физиологических показателей биологической активности, полученных в данной работе, статистически значимыми ($\alpha=0,05$) для биологического мониторинга техногенно загрязненных территорий являются эмиссия CO_2 и метаногенность. С меньшим уровнем значимости ($\alpha=0,1$) может быть использована денитрифицирующая активность почвенного микробоценоза.

Литература

1. Силин И.И. Экология и экономика природных ресурсов бассейна р.Протвы (Калужская и Московская области). – Калуга: ВИЭМС, 2003.
2. Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств в 1999-2005 гг.: Ежегодники/Под. ред. К.П. Махонько. – Обнинск: НПО «Тайфун», 1999-2005.
3. Егорова Е.И., Цыба А.Ф. Биолого-эпидемиологический мониторинг ГНЦ РФ-ФЭИ/Тез. докл. научной сессии МИФИ-2003. – М., 2003. – С.28-29.
4. Егорова Е.И., Иголкина Ю.В., Степанов А.Л. Мониторинг почв в районе размещения предприятия атомной промышленности //Успехи современного естествознания, – 2003. – №12. – С.92-93.
5. Егорова Е.И., Цыба А.Ф. Биологический мониторинг ГНЦ РФ-ФЭИ Минатома РФ: Тезисы докладов научной сессии МИФИ – 2004. – М., 2004. – С.213-214.
6. Егорова Е.И., Козьмин Г.В., Трофимов А.И. Проблемы экологической оценки состояния природной среды в районах размещения атомных станций//Вестник РАЕН. – 2002. – №2. – С.355-358.
7. Соколов М.С., Филиппчук О.Д., Цаценко Л.В. Биоекологические критерии экологического нормирования. Сельскохозяйственная биология. – М.: РАСН, 1998. – №3. – С. 3-24.
8. Егорова Е.И. Оценка экологического состояния рекреационной зоны г. Обнинска в районе расположения ГНЦ РФ-ФЭИ им. А.И. Лейпунского методами биологического мониторинга //Известия вузов. Ядерная энергетика. – 2005. – №2 – С. 48-56.
9. Хазиев Ф.Х. Методы почвенной энзимологии. – М.: Наука, 1990. – С. 15-17, 33-35.
10. Умаров М.М. Ацетиленовый метод изучения азотофиксации в почвенно-микробиологических исследованиях//Почвоведение. – 1976. – №11. – С.92-95.
11. Степанов А.Л., Лысак Л.В. Методы газовой хроматографии в почвенной микробиологии: Уч.-метод. пособие. – М.: МАКС Пресс, 2002.
12. Айвазян С.А., Енюков И.С., Мешалкин Л.Д. Прикладная статистика. Основы моделирования и первичная обработка данных: Справочное издание. – М.: Финансы и статистика, 1983.

13. *Романцов В.П.* Статистические методы обработки данных в экспериментальной ядерной физике: Уч. пособие по курсу «Экспериментальные методы ядерной физики». – Обнинск: ИАТЭ, 1993.

Поступила в редакцию 3.12.2007

ABSTRACTS OF THE PAPERS

УДК 621.039.58

Methodology of Erosion-Corrosion Wear Prediction by Neuron Net Modeling \ V.I. Baranenko, O.M. Gulina, D.A. Dokukin; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher School. Nuclear Power Engineering). – Obninsk, 2008. – 6 pages, 1 table, 3 illustrations. – References – 5 titles.

There is discussed the problem of ECW in NPP equipment, also the classification of prediction models is performed. The methodology of NPP equipment ECW prediction by using of neuron net models is observed.

УДК 621.039.5

The Conservatism Estimations Providing of Reliability of Nuclear Technologies Objects Including Low Statistics of Failures \ Y.V. Volkov, D.S. Samohin; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher School. Nuclear Power Engineering). – Obninsk, 2008. – 8 pages, 1 table, 5 illustrations. – References – 7 titles.

The method of the analysis of a degree of the conservatism estimations of reliability and safety parameters of nuclear technologies objects is developed and shown on data of reactor VVR-C emergency shutdowns. Opportunities of the offered approach are shown by the analysis of statistical data on failures of the equipment, including low statistics of failures.

УДК 621.039.564

Automatic Complex Control System of Condition of Technological Channels of the RBMK-1000 Reactor \ A.I. Trofimov, A.V. Nahabov, M.G. Kalenishin, S.I. Minin; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher School. Nuclear Power Engineering). – Obninsk, 2008. – 6 pages, 5 illustrations. – References – 2 titles.

The results of development the algorithm and software for the complex control system have been shown in the article. The system allows to control diameter, linearity and thickness of technological channels. Also defects of a channel's metal are detected by the system.

УДК 519.7:574

Analyze of the Distribution Functions Soils Biological Activity in Technogenic Contaminated Areas \ N. Pavlova, V. Romancov, E. Sarapul'seva; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher School. Nuclear Power Engineering). – Obninsk, 2008. – 7 pages, 3 illustrations. – References – 13 titles.

In this work a lot of biological activity parameters have been analyzed. The results were processed statistically. This work demonstrates that CO₂ flux, metanogenic and denitrificated activities of soil microorganisms are statistically significant for biological analysis of technogenic contaminated areas.

УДК 621.039.5

Georeactor in Bowels of the Earth \ A.A. Bezborodov, N.V. Gusev, I.R. Suslov, V.I. Folomeev; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher School. Nuclear Power Engineering). – Obninsk, 2008. – 11 pages, 4 illustrations, 3 tables. – References – 40 titles.

The possibility of long proceeding of nuclear fission chain reactions in Earth's bowels during 4 gygarears up to date is researched. Natural fast breeder in state of "lakes" may have been formed in settling down of uranium oxides or uranium carbides from liquid layer onto a solid Earth's core. Mechanism of uranium concentration at the Earth's core have been given. Corresponding experiments have carried out. In this layer chain nuclear reaction could occurred with new fissile nuclides breeding. Neutron physics performance data of the georeactor have been calculated. It is possible that it takes place pulse mode operation haw it was in case of natural nuclear reactor in Oklo (Gaboon). International set neutrino detectors are available to detect georeactor characteristics.