

Медико-биологические проблемы жизнедеятельности

Научно-практический рецензируемый журнал

№ 1(13)
2015 г.

Учредитель

Государственное учреждение
«Республиканский научно-
практический центр
радиационной медицины
и экологии человека»

Журнал включен в:

- Перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования диссертационных исследований по медицинской и биологической отраслям науки (31.12.2009, протокол 25/1)
- Перечень журналов и изданий ВАК Минобрнауки РФ (редакция май 2012 г.)

Журнал зарегистрирован

Министерством информации
Республики Беларусь,
Свид. № 762 от 6.11.2009

Подписано в печать 14.04.15.
Формат 60×90/8. Бумага офсетная.
Гарнитура «Times New Roman».
Печать цифровая. Тираж 211 экз.
Усл. печ. л. 19,5. Уч.-изд. л. 9,7.
Зак. 1353.

Издатель ГУ «Республиканский
научно-практический центр
радиационной медицины и экологии
человека»
ЛИ № 02330/619 от 3.01.2007 г.
Продлена до 03.01.2017

Отпечатано в Филиале БОРБИЦ
РНИУП «Институт радиологии».
220112, г. Минск,
ул. Шпилевского, 59, помещение 7Н

ISSN 2074-2088

Главный редактор, председатель редакционной коллегии

А.В. Рожко (д.м.н., доцент)

Редакционная коллегия

В.С. Аверин (д.б.н., зам. гл. редактора), В.В. Аничкин (д.м.н., профессор), В.Н. Бемяковский (д.м.н., профессор), Ю.В. Висенберг (к.б.н., отв. секретарь), Н.Г. Власова (д.б.н., доцент, научный редактор), А.В. Величко (к.м.н., доцент), И.В. Веякин (к.б.н.), В.В. Евсеенко (к.пс.н.), С.В. Зыблева (к.м.н.), С.А. Игумнов (д.м.н., профессор), А.В. Коротаев (к.м.н.), А.Н. Лызииков (д.м.н., профессор), А.В. Макарьчик (к.м.н., доцент), С.Б. Мельнов (д.б.н., профессор), Э.А. Надыров (к.м.н., доцент), И.А. Новикова (д.м.н., профессор), Э.Н. Платошкин (к.м.н., доцент), Э.А. Повелица (к.м.н.), Ю.И. Рожко (к.м.н., доцент), М.Г. Русаленко (к.м.н.), А.Е. Силин (к.б.н.), А.Н. Стожаров (д.б.н., профессор), А.Н. Цуканов (к.м.н.), Н.И. Шевченко (к.б.н.)

Редакционный совет

В.И. Жарко (министр здравоохранения Республика Беларусь, Минск), А.В. Аклеев (д.м.н., профессор, Челябинск), С.С. Алексанин (д.м.н., профессор, Санкт-Петербург), Д.А. Базыка (д.м.н., профессор, Киев), А.П. Бирюков (д.м.н., профессор, Москва), Л.А. Бокерия (д.м.н., академик РАН и РАМН, Москва), А.Ю. Бушманов (д.м.н., профессор, Москва), И.И. Дедов (д.м.н., академик РАМН, Москва), Ю.Е. Демидчик (д.м.н., член-корреспондент НАН РБ, Минск), М.П. Захарченко (д.м.н., профессор, Санкт-Петербург), Л.А. Ильин (д.м.н., академик РАМН, Москва), К.В. Котенко (д.м.н., профессор, Москва), В.Ю. Кравцов (д.б.н., профессор, Санкт-Петербург), Н.Г. Кручинский (д.м.н., Минск), Т.В. Мохорт (д.м.н., профессор, Минск), Д.Л. Пиневиц (Минск), В.Ю. Рыбников (д.м.н., профессор, Санкт-Петербург), Н.Д. Тронько (д.м.н., профессор, Киев), В.А. Филонюк (к.м.н., доцент, Минск), Р.А. Часнойть (к.э.н., Минск), В.Е. Шевчук (к.м.н., Минск), В.Д. Шило (Минск)

Технический редактор

С.Н. Никонович

Адрес редакции

246040 г. Гомель, ул. Ильича, д. 290,
ГУ «РНИЦ РМ и ЭЧ», редакция журнала
тел (0232) 38-95-00, факс (0232) 37-80-97
<http://www.mbr.rcrm.by> e-mail: mbr@rcrm.by

© Государственное учреждение
«Республиканский научно-практический
центр радиационной медицины и
экологии человека», 2015

№ 1(13)

2015

Medical and Biological Problems of Life Activity

Scientific and Practical Journal

Founder

Republican Research Centre
for Radiation Medicine
and Human Ecology

Journal registration
by the Ministry of information
of Republic of Belarus

Certificate № 762 of 6.11.2009

© Republican Research Centre
for Radiation Medicine
and Human Ecology

ISSN 2074-2088

Обзоры и проблемные статьи

Н.Г. Власова, А.В. Рожко, Ю.В. Висенберг
Анализ данных каталога средних годовых эффективных доз облучения жителей населенных пунктов Республики Беларусь 6

Медико-биологические проблемы

В.С. Аверин
Формирование доз внешнего и внутреннего облучения объектов агроэко-системы при эксплуатации белорусской атомной электростанции 12

Т.В. Андрияшина, Е.А. Саратовских, В.С. Пятенко, И.К. Хвостунов, Е.Ф. Исакова, С.В. Котелевцев
Результаты оценки токсичности и генотоксичности почвы при обследовании загрязненных территорий Орловской области 19

Т.И. Белихина, Т.Ж. Мулдагалиев, Р.Т. Булеуханова, В.К. Нургалиева, Ж.К. Жагипарова
Сравнительный анализ показателей заболеваемости населения Казахстана, проживающего на территориях, прилегающих к ядерным полигонам 30

С.Г. Криворот, Т.Э. Владимирская, И.А. Швед, С.А. Новаковская
Гистологический, гистохимический, ультраструктурный и морфометрический анализ изменений интимы аорты кроликов на фоне холестериновой нагрузки 39

Э.В. Могилевец, П.В. Гарелик, С.С. Ануфрик, Н.И. Прокопчик
Влияние фотодинамической терапии на гистологическую структуру печени и биохимические показатели крови при CCl_4 -индуцированном гепатите, как стадии формирования цирроза 48

В.П. Невзоров, В.И. Чучко, В.Н. Сушицкий, А.П. Бирюков
Методические возможности совершенствования экспертизы оценки влияния экстремальных ситуаций на состояние здоровья населения 57

Reviews and problem articles

N.G. Vlasova, A.V. Razhko, Yu.V. Visenberg
Analysis of catalog of average annual effective doses in residents of settlements of the Republic of Belarus

Medical-biological problems

V.S. Averin
External and internal dose' forming for agroecosystems objects while belarusian nuclear power plant operation

T.V. Andriyashina, E.A. Saratovskikh, V.S. Pyatenko, I.K. Khvostunov, E.F. Isakova, S.V. Koteltsev
The estimation of toxicity and genotoxicity of natural soil located in the territory of Orel region by different biological benchmarks

T.I. Belikhina, T.Zh. Muldagaliev, R.T. Buleuhanova, V.K. Nurgaliev, Zh.K. Zhagiparova
Comparative analysis of morbidity rate of Kazakhstan's population living on the territory adjacent to the nuclear test site

S. G. Kryvorot, T. E. Vladimirskaia, I.A. Shved, S.A. Novakovskaya
Histological, histochemical, ultrastructural and morphometric analysis of intima in rabbit aorta during cholesterol loading

E.V. Mahiliavets, P.V. Garelik, S.S. Anufrik, N.I. Prokopchik
The effect of photodynamic therapy on histological structure of the liver and blood biochemical parameters in CCl_4 -induced hepatitis, as the stage of the development of the cirrhosis

V.P. Nevzorov, V.I. Chuchko, V.N. Sushitskiy, A.P. Biryukov
Methodological possibilities improvement examination of evaluation of extreme situations health status

Эль-Рефай Хусам, В.П. Ситников, Э.А. Надыров, С.В. Шилько
Морфологические результаты использования протезов на основе модифицированного фторопласта с алмазоподобным нанопокрывтием в хирургии уха (экспериментальное исследование) 63

Клиническая медицина

О.П. Грошева, А.В. Величко
Лабораторные предикторы вторичного гиперпаратиреоза на разных стадиях хронической болезни почек и после ренальной аллотрансплантации 71

А.Г. Карапетян
Оценка эндокринных изменений у ликвидаторов ЧАЭС в раннем и отдаленном поставарийном периоде 78

А.С. Князюк, Э.А. Надыров, Д.Н. Бонцевич, Д.А. Зиновкин
Новый антибактериальный шовный материал: морфологическая оценка биологического действия на органы и ткани 87

А.Б. Малков
Доклиническая диагностика дистальной диабетической полинейропатии нижних конечностей 96

А.Н. Михайлов, И.С. Абельская, Т.Н. Лукьяненко
Роль количественной компьютерной томографии в оценке архитектоники костных структур у пациентов с остеохондрозом шейного отдела позвоночника 104

Е.П. Науменко, И.Э. Адзериho, А.В. Коротаев
Исследование показателей сократимости миокарда левого желудочка по данным спекл-трекинг эхокардиографии у пациентов с ишемической болезнью сердца в сочетании с сахарным диабетом 2 типа 112

El-Refai Hoosam, V.P. Sitnikov, E.A. Nadyrov, S.V. Shil'ko

The morphological results use of prostheses based on modified teflon with dlc-nanocoating in ear surgery (experimental study)

Clinical medicine

O.P. Grosheva, A.V. Velichko
Laboratory predictors of secondary hyperparathyroidism at the different stages of chronic kidney disease and after renal allotransplantation 71

A.G. Karapetyan
Evaluation of endocrine changes in liquidators: the early and late post-accident period 78

A.S. Kniaziuk, E.A. Nadyrov, D.N. Bontsevich, D.A. Zinovkin
New antibacterial sutural material: morphological evaluation of biologic effect on organs and tissues 87

A. Malkov
Preclinical diagnostics of distal diabetic polyneuropathy of lower extremities 96

A.N. Mikhailov, I.S. Abelskaya, T.N. Lukyanenka
The role of quantitative computed tomography in the evaluation of the architectonics of bone structures in patients with osteochondrosis of the cervical spine 104

E. Naumenko, I. Adzeriho, A. Korotaev
Study of the parameters of myocardial contractility of the left ventricle according to the speckle-tracking echocardiography in patients with coronary heart disease combined with type 2 diabetes 112

Н.М. Оганесян, А.Г. Карапетян, К.В. Асрян, М.И. Мириджанян, М.Г. Шахмурадян, Н.Р. Давидян

Лечение жителей Армении, пострадавших в результате аварии на Чернобыльской АЭС

118

В.В. Татчихин, В.В. Аничкин

Функциональные результаты эндооральных резекций при раке языка и слизистой оболочки дна полости рта

125

Н.А. Филиптова, А.П. Сиваков, Т.С. Петренко
Влияние комбинированного воздействия гидромагнитотерапии и пневмокомпрессионной терапии на антиоксидантную систему больных сахарным диабетом

132

Обмен опытом

В.П. Невзоров, М.А. Круглова, Т.М. Буланова, С.С. Фаткина, С.В. Тхоровский, А.П. Бирюков

Основные принципы формирования учебных задач по радиационной эпидемиологии для повышения квалификации специалистов в рамках института последиplomного профессионального образования ФМБА России

138

Правила для авторов

144

N.M. Hovhannisyan, A.G. Karapetyan, K.V. Asryan, M.I. Mirijanyan, M.G. Shakhmuryan, N.R. Davidyan

Treatment of Armenian citizens injured in the Chernobyl NPP accident

V.V. Tatchihin, V.V. Anichkin

Functional results of endo-oral tongue resection and mucosa of the mouth floor in cancer

N.A. Filiptsova, A.P. Sivakov, T.S. Petrenko

The influence of combined effect of hydromagnetic and pneumocompression therapy on antioxidant system of patients with diabetes mellitus

Experience exchange

V.P. Nevzorov, M.A. Kruglova, T.M. Bulanova, S.S. Fatkina, S.V. Thorovsky, A.P. Biryukov

The basic principles of formation of learning tasks in radiation epidemiology for training at the Institute of Postgraduate Professional Education of the Federal Medical-Biological Agency of Russia

УДК 546.798:574.43(470.319)

Т.В. Андрияшина¹, Е.А. Саратовских²,
В.С. Пятенко³, И.К. Хвостунов³,
Е.Ф. Исакова⁴, С.В. Котелевцев⁴

РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ ТОКСИЧНОСТИ И ГЕНОТОКСИЧНОСТИ ПОЧВЫ ПРИ ОБСЛЕДОВАНИИ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

¹Казанский государственный технологический университет, г. Казань, Россия

²Институт проблем химической физики Российской академии наук, г. Черноголовка, Россия

³Медицинский радиологический научный центр им. А.Ф. Цыба - филиал ФГБУ «Федеральный медицинский исследовательский центр» им. П.А. Герцена Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Обнинск, Россия

⁴Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия

В работе выполнено биологическое тестирование образцов почвы девяти площадок различных районов Орловской области. С помощью модифицированного теста Эймса *Salmonella*/микросомы на штамме TA-98 без метаболической активации максимальная мутагенная активность была выявлена на площадке Лубянки Дмитровского района, где мутагенный индекс составил 3,9; а в случае метаболической активации - на площадках Лубянки Дмитровского района и Репнино Болховского района, где мутагенный индекс составил 3,0-3,1. Анализ на генотоксичность в тестах *Cricetulus griseus* (*Chinese hamster*) – хомячок китайский показал, что проба почвы с площадки пионерского лагеря «Ёлочка» Болховского района оказывает существенное мутагенное действие на клетки *Cricetulus griseus* по абберациям как хроматидного, так и хромосомного типов. Анализ экстрактов проб почв на токсичность исследовали при помощи теста цериодафний *Ceriodaphnia affinis*. Наибольшая токсичность была также выявлена на площадке пионерского лагеря «Ёлочка»: в 7-суточных экспериментах гибель рачков составила 45%, и был получен только 1 помёт при минимальной численности рачков.

Ключевые слова: загрязнение почвы, тест *Ceriodaphnia affinis*, генотоксичность, тест Эймса, тест *Cricetulus griseus*

Введение

Загрязнение окружающей среды мутагенными и канцерогенными соединениями, включая радионуклиды, является одним из важнейших факторов негативного воздействия на различные экосистемы, что представляет реальную опасность не только для растений и животных, но и для человека. Радионуклиды и мутагенные соединения могут поступать по пищевым цепочкам в биологическую ткань растений, животных и человека. Накапливаясь в организме человека, они вызывают различного рода мутации и поэтому становятся при-

чиной возникновения многих серьёзных заболеваний, прежде всего – онкологических.

В данной работе с помощью методов биологического тестирования было проведено исследование токсичности и генотоксичности почв Орловской области: как используемых в земледелии, так и заброшенных, и поэтому находящихся в категории целины. Орловская область – одна из четырех областей Российской Федерации, наиболее пострадавших в результате аварии на Чернобыльской АЭС в 1986 году. Тем не менее, именно для Орловской области имеется явное несоответствие между усто-

явшимися представлениями об экологическом благополучии региона и отклонениями от нормы, наблюдаемыми при обследовании состояния здоровья населения. Причина в том, что первоначальные оценки степени радиоактивного загрязнения центральной России в результате аварии на ЧАЭС не в полной мере отражали реальную ситуацию в Орловской области. На государственном уровне обследованию населения здесь уделялось значительно меньше внимания, в отличие от Брянской и Калужской областей РФ, в частности, не проводилось массового медико-дозиметрического обследования населения. Поэтому отсутствуют результаты начального периода после аварии в виде массового скрининга населения, а также углублённые исследования экологического состояния объектов окружающей среды, в частности, токсичности почвы и природной воды.

За прошедшие годы радиационная обстановка в пострадавших регионах России существенно изменилась [1], однако для Орловской области многие аспекты проблемы реабилитации загрязнённых территорий до сих пор являются актуальными и представляют значительный научный и практический интерес. Так, в проведенных нами ранее исследованиях [2, 3] представлены результаты измерений содержания радионуклидов и тяжёлых металлов в почве ряда районов Орловской области, а также биологическая оценка токсичности природных вод. Полученные результаты показали, что даже слабые воздействия радиационных и химических факторов могут представлять реальную опасность для проживающего населения и будущих поколений [3]. В связи с этим необходимы дальнейшие исследования и совершенствование имеющихся стандартов для предупреждения возможного увеличения неблагоприятного генотоксического воздействия на состояние здоровья населения.

Следует отметить, что в настоящее время на экологическую обстановку в обследованных районах оказывают влияние не только остаточные количества радиону-

клидов, но и содержащиеся в почве загрязняющие вещества техногенного происхождения, такие как химические средства защиты растений (в первую очередь – пестициды) и продукты их распада. На заброшенных полях они могли остаться с прошедших времен бесконтрольного применения подобных пестицидов. Существенно, что токсические свойства пестицидов значительно возрастают при переходе в комплексы с металлами [4], поэтому необходимо проводить исследование не только содержания пестицидов, но и других возможных загрязняющих веществ в одних и тех же пробах почв [5].

Цель настоящей работы - оценка токсичности и генотоксичности экстрактов проб почвы, отобранных в загрязнённых районах Орловской области и анализ вероятных причин возникновения различного рода мутагенных эффектов.

Материал и методы исследования

Отбор проб почвы

Для достижения цели работы были отобраны образцы почвы территории Орловской области: как тех, что постоянно используются в земледелии, так и заброшенных, и поэтому находящихся в категории целины. Пробы почвы были отобраны в девяти пунктах шести районов Орловской области в период 12-15 мая 2010 года. Координаты мест отбора проб почвы приведены в таблице 1. Критерием при выборе мест для отбора проб почвы служили уровни радиоактивного загрязнения на лето 1986 года согласно [1].

Для отбора проб почвы выбирали плоский участок невспаханной земли на пологом склоне, как правило, с уклоном местности к реке, дороге или пруду. Такой выбор оставлял потенциальную возможность сопоставления ожидаемых данных с результатами оценки токсичности природных вод в прилегающих водоемах [3]. Угол наклона местности колебался от 5 до 10 градусов. Пробы почв отбирали «конвертом» по ме-

Таблица 1 – Географические координаты мест отбора проб почвы и характеристика радиоактивной загрязненности на площадке отбора

№ пробы	Населенный пункт/ район	Координаты средней точки широта (с.ш.), долгота (в.д.)	Характеристика почвы	Доза γ -излучения* мкР/ч	Активность ^{37}Cs в почве, кБк/кг
1	с. Дросково Покровский	N 52° 29' 13,5'' E 037° 03' 15,2''	целина, чернозем оподзоленный среднесуглинистая	14,1	97,5±24,2
2	с. Коровник Залегощенский	N 52° 47' 10,1'' E 036° 46' 44,8''	целина, черноземно-луговые среднесуглинистая	20,1	627,0±114,0
3	с. Домнино Свердловский	N 52° 47' 17,1''; E 036° 23' 18,7''	целина, чернозем оподзоленный среднесуглинистая	19,8	609,0±107,0
4	с. Куракино Свердловский	N 52° 36' 18,7'' E 036° 26' 44,5''	целина, чернозем оподзоленный среднесуглинистая	15,4	91,0±34,3
5	с. Кр. Слободка Глазуновский	N 52° 28' 59,8'' E 036° 26' 03,5''	целина, серая лесная среднесуглинистая	12,3	104,2±36,4
6	с. Кр. Слободка Глазуновский	N 52° 28' 58,3'' E 036° 26' 12,9''	пахота, темно серая лесная среднесуглинистая	12,4	110,8±28,5
7	с. Лубянки Дмитровский	N 52° 33' 52,9'' E 035° 25' 016''	целина, серая лесная среднесуглинистая	14,7	378,4±80,4
7а	с. Лубянки Дмитровский	N 52° 33' 52,9'' E 035° 25' 016''	пахота, серая лесная среднесуглинистая	14,7	378,4±80,4
8	П/лагерь Ёлочка Болховский	N 53° 22' 27,4'' E 036° 07' 51,8''	целина, серая лесная среднесуглинистая	17,8	250,0±50,3
9	с. Репнино Болховский	N 53° 31' 23,2'' E 036° 10' 29,6''	пахота поле, серая лесная среднесуглинистая	19,2	317,0±56,8

Примечание: * 1,0 м над поверхностью почвы в указанных координатах.

тодике [6] со стороны 100 м, производили 5 заборов. Отбор выполняли пробоотборником диаметром 0,10 м на глубину 0-0,10 м почвы. Пробы почвы, отобранные в полевых условиях на каждой из площадок, смешивали в объединённую пробу в лаборатории. Затем объединённую пробу тщательно перебирали с целью удаления посторонних включений и органического материала. Очищенную таким образом пробу почвы перемешивали методом квартования на пластиковой поверхности и растирали в соответствии с принятой методикой [7, 8].

С помощью ряда методов биологического тестирования водные вытяжки образцов почв были исследованы на токсичность и генотоксичность.

Анализ мутагенной и токсикологической активности

Мутагенность исследуемых экстрактов проб почв определяли с помощью модифи-

цированного полуколичественного теста Эймса *Salmonella* /микросомы с системой метаболической активации на основе микросомной фракции S9 из печени крыс, индуцированных раствором препарата Aroclor 1254 [9]. В качестве индикаторных штаммов использовали штаммы *Salmonella typhimurium* TA-98 и TA-100, ауксотрофные по гистидину. Известно, что штамм TA-98 регистрирует мутации типа сдвига рамки считывания, а TA-100 – мутации типа замены оснований [10, 11]. Экстракцию проводили согласно [12]. О мутагенности судили по частоте реверсий к прототрофности по гистидину (His^+), выявляемых на чашках с минимальной средой. В опытах без метаболической активации (-МА) оценивали прямой мутагенный эффект исследуемой пробы почвы. В опытах с метаболической активацией (+МА) выявляли мутагенность продуктов метаболизма (промутагенный эффект), присутствующих в исследуемых пробах почв.

Для получения экстрактов по 50 г каждой пробы трёхкратно экстрагировали пятикратным объёмом хлористого метила. Экстракты выпаривали досуха на плёночном испарителе, затем растворяли в 5 мл диметилсульфоксида (ДМСО). В каждую чашку Петри вносили по 100 мкл экстракта испытуемой пробы и дополнительно добавляли 100 мкл ДМСО.

В качестве общего контроля использовали 100 мкл ДМСО на чашку без экстракта пробы. В качестве положительного контроля исследовали прямой мутаген азид натрия и промутаген 2-аминоантрацен (0,5 мкг на чашку). Общий контроль испытывали на обоих штаммах в пяти повторностях, остальные пробы ставили в трёх повторностях. Результаты выражали в виде мутагенного индекса (МИ): отношение числа колоний ревертантов His⁺ в опыте (среднее количество колоний на чашку в присутствии испытуемого вещества) к контролю (среднее количество колоний на чашках с ДМСО). За наличие мутагенного эффекта для штамма TA-98 принимали МИ, равный 2,0 и более хотя бы по одному из вариантов (+МА, -МА). Величины МИ от 2,0 до 10 оценивали как слабый, от 10 до 100 – как средний мутагенный эффект [13]. За наличие токсического эффекта для штамма TA-100 принимали МИ, равный 0,4 и менее хотя бы по одному из вариантов (+МА, -МА).

Достоверность различий оценивали с помощью критерия Стьюдента в программе «Статистика». Достоверность отклонения числа колоний в опыте по сравнению с контролем соответствовала вероятности $p < 0,001$ [14].

Анализ генотоксичности

Для анализа генотоксического состояния почв из отобранных проб делали вытяжки согласно [15]. В качестве экстрагента использовали физиологический раствор.

Анализ генотоксичности водных вытяжек из проб почвы выполнен на культуре клеток млекопитающих в тесте *Cricetulus griseus* (*Chinese hamster*) – хомячок китай-

ский, согласно общим принципам генетической токсикологии в отношении воздействия окружающей среды [16, 17]. В работе использовали перевиваемую культуру клеток китайского хомячка линии СНО-К1 (Панэко), находящихся в экспоненциальной стадии роста (через сутки после посева) и выращенных в монослое во флаконах Карреля без смены питательной среды. Число хромосом в клетках данной линии варьировало от 17 до 20, модальное число равно 18. Доля спонтанных полиплоидных клеток не превышала 6%.

Посев клеток производили в закрытые ватными тампонами флаконы Карреля площадью 25 см². Клетки культивировали при температуре 37°C в среде DMEM (Dulbecco-modified Eagle medium, среда Игла, модифицированная Дальбекко, Панэко) с добавлением 10% сыворотки крупного рогатого скота и антибиотиков (пенициллин и стрептомицин в концентрации 50 ед/мл и 50 мг/мл, соответственно). Для культивирования клеток использовали углекислотный инкубатор MCO-5AC, Sanyo (Япония) при температуре 37°C и 5% содержания CO₂.

Во флаконы Карреля с высеянными клетками с плотностью порядка 10⁶ клеток/флакон добавляли тестируемую вытяжку почвы, приготовленную на основе физиологического раствора без дополнительной обработки, и выдерживали в нём клетки в течение 2 часов. В качестве контроля использовали физиологический раствор. Исследование почвенных вытяжек производили 9 июня 2010 г., т.е. спустя менее месяца с момента забора проб; в течение этого времени пробы хранились в герметичной стеклянной посуде в холодильнике.

Время фиксации клеток составляло 9 часов после добавления свежей питательной среды. Для блокирования митоза на стадии метафазы за 2 часа до окончания инкубации во флаконы добавляли раствор демеколцина в концентрации 0,2 мкг/мл среды.

Принято считать [17], что абберрации хромосомного типа отражают повреждения хромосом в предсинтетической стадии (фаза

G₁), когда хромосома представлена однонитчатой структурой, тогда как аберрации хроматидного типа возникают при повреждении хромосомы на стадии двух нитей (фазы S и G₂). В настоящем исследовании время фиксации клеток соответствовало G₁ и ранней S-стадии, что давало возможность оценки индуцированных аберраций как хромосомного, так и хроматидного типов.

Окраска препаратов хромосом проводилась по методу Гимза. Цитогенетический анализ проводили на бинокулярном световом микроскопе СЕТІ-N 101 В, SMT (Германия) под иммерсией при увеличении 100×10. Анализировали аберрации хромосомного типа (ацентрические фрагменты, центрические кольца и дицентрики) и хроматидного типа (делеции и обмены).

В качестве контроля использовались результаты культивирования клеток в питательной среде DMEM при условиях, аналогичных опытам с пробами тестируемых почвенных вытяжек. Такой контроль представлял собой суммарные данные 9 опытов с анализом 1594 метафаз, проводившимся в лаборатории параллельно с оценкой генотоксичности тестируемых почвенных вытяжек 2010 г.

Количественным критерием генотоксичности исследуемой пробы являлось повышение доли аберрантных клеток и/или частоты аберраций хромосом по сравнению с воздействием питательной среды DMEM, т.е. общего контрольного уровня.

Токсикологический анализ

Для анализа токсикологического состояния почвы из отобранных проб делали водные вытяжки согласно [15]. От каждого образца отщипывали 200 г почвы, заливали 800 мл дистиллированной воды и встряхивали при помощи шейкера в течение 2-х часов. Полученный раствор отстаивали в течение 30 мин, надосадочную жидкость сифонировали, затем фильтровали через бумажный фильтр «белая лента». Приготовленную вытяжку хранили в холодильнике в стеклянной посуде до начала тестирования.

Эксперименты на лабораторной культуре цериодафний *Ceriodaphnia affinis* были проведены в период 2-11 июня 2010 г. Исходная концентрация (ЛК-50 за 24 ч) стандартного токсиканта – бихромата калия для использованных цериодафний составляла 2,1 мг/л, что соответствует требованиям стандартных методик [18]. Определение острой токсичности проб проводили в течение 48 часов. Хроническую токсичность измеряли через 7 суток.

Для опытов отбирали молодь рачков в возрасте не старше 24 часов. В 50 мл раствора помещали по 5 рачков. Количественным критерием токсичности исследуемой вытяжки являлось изменение времени жизни цериодафний. Смену раствора проводили с интервалом в 3 суток. Пробы воды хранили в холодильнике при температуре +4°C, а перед сменой растворов необходимое количество воды доводили до комнатной температуры. Температура воды во время опытов была в пределах 20-22°C. Подкормку рачков осуществляли ежедневно суспензией водорослей (*Chlorella vulgaris*). Каждую вытяжку тестировали в четырёх повторностях.

При обработке результатов анализа генотоксичности на клетках СНО-К1 и токсикологическом анализе в качестве критерия значимости для проверки гипотезы о равенстве средних величин использовалась Z-статистика без дополнительных предположений о дисперсиях исследуемых величин. Превышение над контролем на уровне 95% (p<0,05) по одностороннему критерию проявлялось при Z>1,65.

Результаты исследования

В настоящем исследовании генотоксичность экстрактов проб почв была проанализирована при помощи теста Эймса *Salmonella*/микросомы. Полученные результаты представлены в таблице 2.

Пробы № 3, 6, 7а, 8 и 9 проявили только токсический эффект, который проявляется в виде подавления роста колоний сальмонеллы. Ни в одной из проб, тестируемых на штамме ТА-100, не был выявлен мута-

Таблица 2 – Результаты исследования экстрактов почв на мутагенную и токсикологическую активность по тесту Эймса *Salmonella typhimurium*/микросомы с системой метаболической активации (+МА) и без неё (-МА). КК. – количество колоний на чашку, среднее из 3 повторностей, МИ – мутагенный индекс

№ пробы	Штамм ТА-98				заключение	Штамм ТА-100				заключение
	+МА		-МА			+МА		-МА		
	КК	МИ	КК	МИ		КК	МИ	КК	МИ	
ДМСО	34	1	22	1	нет*	89	1	95	1	нет
2-амино-антрацен	540	16	33	1,5	М	405	4,6	65	0,7	нет
1	56	1,6	27	1,2	нет	76	0,9	89	0,9	нет
2	87	2,6	62	2,8	М	89	1,0	102	1,1	нет
3	73	2,1	60	2,7	М	32	0,4	24	0,3	Т
4	71	2,1	36	1,6	ПМ	69	0,8	77	0,8	нет
5	67	2	54	1,4	ПМ	91	1,0	146	1,5	нет
6	79	2,3	57	1,6	ПМ	34	0,4	34	0,4	Т
7	107	3,1	49	2,2	М	118	1,3	94	1,0	нет
7a	101	3,0	86	3,9	М	34	0,4	28	0,3	Т
8	54	1,6	52	2,4	ПМ	32	0,4	27	0,3	Т
9	101	3,0	39	1,8	М	42	0,5	36	0,4	Т

Примечание: * «нет» – без мутагенной активности или нетоксично, М – мутаген; ПМ – промутаген, Т – токсикант.

генный эффект. Пробы № 2, 3, 7, 7a, 8 и 9 проявили слабую прямую мутагенную активность (-МА) на штамме ТА-98. Из этого списка самой высокой мутагенной активностью обладала проба №7a (с. Лубянки, пахота) (МИ = 3,9).

Как видно из таблицы 2, по тесту на штамме ТА-98 вещества, содержащиеся в экстрактах проб почв № 4, 5 и 6, оказались промутагенами, т.е. они индуцируют мутации типа сдвига рамки считывания при использовании метаболической активации. Это означает, что метаболиты данного штамма являются более генотоксичными соединениями, чем исходные загрязняющие вещества. В частности, такими генотоксическими свойствами обладает большинство полициклических ароматических углеводородов и полихлорированных бифенилов. Анализ данных, представленных в таблицах 1 и 2, демонстрирует, что ни на одном из штаммов мутагенный индекс не показал явной корреляции с экспозиционной дозой γ -излучения и содержанием радионуклидов в почве (^{137}Cs).

Необходимо отметить, что в пробе №1 не была выявлена мутагенная активность ни на штамме ТА-100, ни на штамме ТА-98. Эта проба была отобрана на пло-

щадке Дросково с низким уровнем дозы γ -излучения и с минимальным содержанием радионуклидов ^{137}Cs . Вместе с тем, согласно полученным нами ранее результатам [5], данная площадка характеризуется одним из наиболее высоких уровней содержания пестицидов (гексахлорбензол (ГХБ); 4,4'-дихлордифенилдихлорэтан (ДДД); 4,4'-дихлордифенилдихлорэтилен (ДДЭ); 4,4'-дихлордифенилтрихлорэтан (ДДТ); γ -гексахлорциклогексан (γ -ГХЦГ), известный также как гербицид Линдан) – до 0,69 мг/кг и незначительным содержанием таких веществ-канцерогенов, как флуорантен и бензопирен (<0,05 мкг/кг). Таким образом, проведенный анализ пробы почвы показывает, что тест Эймса может быть малочувствителен к содержанию пестицидов.

Следующие три пробы проявили мутагенные свойства с различными значениями мутагенного индекса (таблица 2). Проба № 8 (п/л Ёлочка), которая характеризовалась минимальным содержанием пестицидов (порядка 0,21-0,10 мг/кг) при относительно высоком уровне содержания радионуклида ^{137}Cs – 250 Бк/кг. Проба №3 (площадка Домнино) – с максимальным среди исследованных образцов содержанием пестицидов

(1,73 мг/кг) и максимальным же содержанием радионуклида ^{137}Cs и при повышенном уровне дозы γ -излучения. Проба №2 (бывшая деревня Коровник), которая характеризовалась минимальной концентрацией пестицидов (порядка 0,06 мг/кг) при максимальном содержании радионуклида ^{137}Cs – 627 Бк/кг.

Однако полученные результаты не позволяют сделать окончательное заключение о том, какие именно загрязняющие вещества являются причиной промутагенной и мутагенной активности тест-штаммов. Вероятно, остаточная концентрация радионуклидов не влияет на проявление генотоксичности, а причиной промутагенных эффектов могут являться пестициды, продукты их разложения и другие органические соединения, содержащиеся в почве.

Для оценки влияния загрязняющих веществ на клетки млекопитающих в форме индукции хромосомных aberrаций нами были выполнены исследования с использованием клеток *Cricetus griseus* [16]. Методика основана на анализе числа aberrантных клеток и частоты aberrаций хромосом, возникающих под воздействием различных мутагенов, присутствующих в тестируемой воде, по сравнению с воздействием контрольной культуры, не содержащей токсических веществ.

Были исследованы aberrации хромосомного и хроматидного типа. Aberrации хромосомного типа отражают повреждение хромосомы на предсинтетической стадии (фаза G_1), когда хромосома представляет собой одонитевую структуру, тогда как aberrации хроматидного типа возникают при повреждении хромосомы на двунизовой стадии, то есть в фазе S и G_2 . В силу различия механизмов образования aberrаций хромосомного и хроматидного типов имеется возможность сделать заключение о природе мутагенного фактора. Так, значительное число aberrаций хроматидного типа может свидетельствовать о наличии химического мутагена, тогда как высокая частота aberrаций хромосомного типа указывает на радиационный фактор [17].

Результаты, полученные с использованием клеток млекопитающих, представлены в таблице 3 и на рисунке 1. Анализ результатов показывает, что вытяжка пробы №8 (п/л Ёлочка) оказала существенное мутагенное действие на клетки, повысив частоту aberrаций хромосомного и хроматидного типа в 6,3 и 8 раз, соответственно, по сравнению с контролем. Отличия от контроля как по доле aberrантных клеток, так и по общей частоте aberrаций, являются статистически значимыми на уровне 95%. Результаты данного анализа согласу-

Таблица 3 – Результаты оценки генотоксичности образцов почвенных вытяжек из различных районов Орловской области по тесту индукции aberrаций хромосом в клетках *Cricetus griseus* линии СНО-К1

№ пробы	Число клеток	Доля aberr. клеток, %	Частота aberrаций /100 кл.							общая частота (сумма)
			хромосомные				хроматидные			
			дицентрики	парные фрагменты	центр. кольца	всего	одиночные фрагменты	обмены	всего	
Контр	1594	0,69±0,21	0,44±0,17	0	0	0,44±0,17	0	0,25±0,13	0,25±0,13	0,69±0,21
1	200	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	200	1,0±0,7	0	0	0	0	0	1,0±0,7	1,0±0,7	1,0±0,7
3	200	1,5±0,9	0,50±0,50	0	0	0,50±0,50	0	1,0±0,7	1,0±0,7	1,5±0,9
4	анализ не проводился									
5	анализ не проводился									
6	200	2,0±1,0	1,0±0,7	0	0	1,0±0,7	0	1,0±0,7	1,0±0,7	2,0±1,0
7	анализ не проводился									
7а	анализ не проводился									
8	800	4,6±0,7*	2,0±0,5	0,25±0,18	0,50±0,50	2,75±0,59*	0	2,0±0,5*	2,0±0,5*	4,75±0,79*
9	200	0,50±0,50	0,50±0,50	0	0	0,50±0,50	0	0	0	0,50±0,50

Примечание: * – отличие от контроля на уровне 95%.

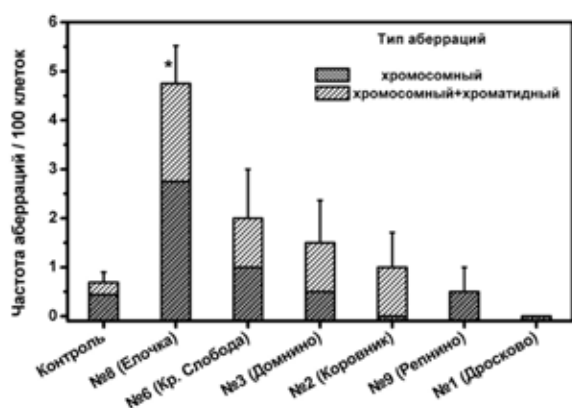


Рисунок 1 – Частота aberrаций хромосом в клетках *Cricetus griseus* линии СНО-К1 при воздействии тестируемых почвенных вытяжек из различных районов Орловской обл.

ются с выявленным мутагенным и токсичным эффектом по тесту Эймса, таблица 3.

Почвенные вытяжки проб №1 и №9 не оказали мутагенного действия на клетки *C. griseus*, частота aberrаций оказалась ниже контрольного уровня. Почвенные вытяжки проб №2, №3 и №6 индуцировали общую частоту aberrаций выше контрольного уровня, однако это превышение оказалось статистически недостоверным, таблица 3.

Таким образом, результаты анализа проб почв с помощью цитогенетического теста на клетках *C. griseus* позволили выделить две пробы с выраженными генотоксичными свойствами. Это экстракты из пробы №8 (п/л Ёлочка) и пробы №6 (с. Кр. Слобода), которые продемонстрировали наиболь-

шую общую частоту aberrаций, превышающую контроль в 2,9 раз. Помимо высокой общей частоты aberrаций, соотношение типов aberrаций в этих двух пробах указывает на возможность наличия факторов не только химической, но и радиационной природы, особенно для пробы №8, рисунок 1.

Помимо клеточных культур оценка влияния почвенных вытяжек была выполнена стандартным методом биотестирования на основе выживаемости ракообразных цериодафний. При проведении опытов с продолжительностью содержания рачков в тестируемой среде до 48 часов, исследуемые пробы не проявили острой токсичности, гибель рачков не превышала 10%.

В экспериментах на протяжении семи суток была выявлена токсичность пробы №8 (п/л Ёлочка), в которой гибель рачков составила 45%, тогда как в пробах №1 (с. Дросково) и №3 (с. Домнино) снижение выживаемости рачков не превышало 15%. Результаты проведенного исследования приведены в таблице 4. Статистический анализ показал, что в целом отличие данных в контроле и в опыте не было статистически достоверным, за исключением пробы №8, для которой отличие по одностороннему критерию оказалось значимым на уровне $p < 0,05$.

Дополнительно следует отметить, что в ходе опытов у контрольных цериодафний было получено 3 помёта молоди. В пробах №9 (с. Репнино), №1 (с. Дросково) и №6

Таблица 4 – Результаты оценки выживаемости рачков *Ceriodaphnia affinis* в вытяжках из образцов почвы

№ пробы	Срок опыта, сутки					Выживаемость, % от контроля	t_d
	1	2	3	5	7		
Контроль	20	20	20	20	20	100	-
1	20	19	19	19	17	85±2,45	2,34
2	20	20	20	20	19	95±2,45	0,92
3	20	19	19	19	17	85±2,45	2,34
4	анализ не проводился						
5	анализ не проводился						
6	20	20	20	20	20	100	-
7	анализ не проводился						
7a	анализ не проводился						
8	20	19	19	14	11	55±8,35	2,12
9	20	20	20	20	20	100	-

(с. Кр. Слободка, пашня) рачки размножались, как и в контроле. Проба №8 (п/л Ёлочка) оказала существенное влияние на размножение цериодафний, поскольку был получен только один помёт при минимальной численности. Пробы №2 (б/д. Коровник) и №3 (с. Домнино) также снижали плодовитость, уменьшая приплод до 2 помётов.

Полученные результаты свидетельствуют, что по показателям выживаемости и размножения наибольшее влияние на цериодафний оказала проба №8. Заметное, хотя и менее выраженное, действие оказала проба №3. В остальных пробах существенной токсичности по данному тесту не было выявлено.

При анализе всей совокупности результатов по трем различным тестам следует отметить, что наибольшая токсичность была выявлена у пробы №8 (п/л Ёлочка), что обусловлено, скорее всего, не повышенным содержанием радионуклидов (250 Бк/кг ^{137}Cs [2]), а высоким содержанием в этой пробе химических токсикантов. Действительно, по данным работы [5], в данной пробе содержались: 2,4-дихлорфенолукусная кислота (2,4-Д), ГХБ, ДДД, ДДЭ, ДДТ и γ -ГХЦГ в общем количестве 0,206 мг/кг. Такой уровень концентрации химических токсикантов существенно превышает допустимые значения.

Для того, что бы установить наиболее вероятные радиационные или химические составляющие факторов и провести анализ причин формирования токсичности проб почв, мы провели сравнение приведённых выше данных и результатов, представленных в выполненном нами ранее исследовании [5]. В работе [5] представлены результаты анализа содержания пестицидов и других органических загрязняющих веществ в пробах почв, отобранных на тех же площадках, что и в настоящей работе. Все пробы, как пахотных, так и целинных почв, содержат практически одни и те же пестициды. Наиболее низкий уровень содержания пестицидов показали пробы №5 (с. Кр. Слободка, целина), №9 (с. Репнино) и №7 (с. Лубянки).

Интересные данные были получены при исследовании пробы №2 (б/д. Коров-

ник). Люди из этой деревни были отселены в 1986 г. за 30 км зону, и поэтому на этих сельхоз угодьях в течение 25 лет не проводились посевные работы. Поэтому и пестициды в почву не вносились. В результате содержание пестицидов в пробе №2 составило 0,055 мг/кг, в состав которых входили различные соединения – ДДД, ДДЭ, ДДТ и γ -ГХЦГ. Концентрация пестицидов в пробе №8 (п/л Ёлочка) и пробе №7 (с. Лубянки) оказалась значительно выше – 0,2 мг/кг, в том числе на почве, не подвергавшейся вспашке. Кроме того, как показывают данные хроматомасс-спектрометрического анализа, в большинстве образцов почв могли содержаться токсичные соединения техногенного происхождения, мутагенные свойства которых были выявлены при помощи теста Эймса (таблица 2).

После снижения радиационного фона на загрязненных территориях возобновлена регулярная агропромышленная деятельность с интенсивным земледелием, что приводит к дополнительному поступлению в почву различных пестицидов, обладающих, как правило, мутагенными свойствами. Поэтому выявленная при помощи теста Эймса генотоксичность почвы может быть связана как с внесением в почву пестицидов, так и с присутствием в почве загрязняющих веществ, поступающих либо с воздушным переносом, либо присутствовавших в этих местах ранее в период применения ДДТ в сельскохозяйственной практике.

Таким образом, и через 25 лет после аварии на ЧАЭС, биологическое тестирование проб почвы загрязненных районов Орловской области при помощи трех различных тест-объектов (штаммы ТА-98, ТА-100, клетки *C. griseus* и цериодафнии *C. affinis*) всё ещё выявляет мутагенные и генотоксичные свойства исследованной почвы, таблицы 2-4.

Заключение

Часть проб почв, собранных в Орловской области, оказывала достоверное токсикологическое действие на клетки китайского хомячка *C. griseus* по тесту индук-

ции aberrаций хромосом и проявила тенденцию к такому действию на цериодафнии *S. affinis* по показателям выживаемости и размножения. Наиболее выраженный эффект на рачках установлен для пробы из п/л Ёлочка Болховского района, и в меньшей степени – для пробы из с. Домнино Свердловского района.

Практически все пробы почв проявили прямую мутагенную активность на штамме салмонеллы *S. typhimurium* ТА-98. Самой высокой прямой мутагенной активностью обладает проба, отобранная на пахоте в с. Лубянки Дмитриевского района. В нескольких пробах почвы обнаружена промутагенная активность типа сдвига рамки считывания.

Повышенная токсичность исследованных проб почв может быть обусловлена присутствием остатков пестицидов, внесенных непосредственно в почву или вследствие их естественной миграции. Генотоксичность проб почвы может быть обусловлена присутствием стабильных канцерогенных соединений, таких как флуорантен и бензопирен.

Приведенные в настоящей статье результаты еще раз показывают, что даже слабые мутагенные и генотоксичные свойства компонент окружающей среды могут представлять опасность для проживающего населения и будущих поколений [19]. Поэтому необходимы дальнейшие исследования и совершенствование имеющихся методов биологического тестирования. Одним из них является комплексная оценка экологического состояния окружающей среды при помощи различных биологических тест-объектов.

Библиографический список

1. Атлас современных и прогнозных аспектов последствий аварии на Чернобыльской АЭС на пострадавших территориях России и Белоруссии / под ред. Ю.А. Израэля, И.М. Богдевича. – Минск: фонд «Инфрасфера» – НИА «Природа». 2009. – 140 с.

2. Содержание радионуклидов в почве Орловской области / Т.В. Андрияшина

[и др.] // Вестник КНИТУ. 2012. – № 10. – С. 81-85.

3. Оценка токсичности и генотоксичности водной среды различными методами биоиндикации на примере обследования природных водоемов Орловской области / Т.В. Андрияшина [и др.] // Медико-биологические проблемы жизнедеятельности. 2013. – № 2(10). – С. 38-52.

4. Разложение гербицида лонтрел биологическими и фотохимическими методами / Е.А. Саратовских [и др.] // Прикладная биохимия и микробиология. 2006. – Т. 42, № 1. – С. 44-51.

5. Исследование содержания техногенных загрязняющих веществ в почвах Орловской области / Т.В. Андрияшина [и др.] // Вестник КНИТУ. 2013. – Т. 16, №4. – С. 67-72.

6. Руководство по организации контроля состояния природной среды в районе расположения АЭС / под ред. К.П. Махонько. – М.: Гидрометеиздат. 1990. – 264 с.

7. Радиация / О.И. Василенко [и др.]. – М.: МГУ. 1996. – 357 с.

8. ГОСТ 17.4.3.01-83 Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб.

9. Тест-система оценки мутагенной активности загрязнителей среды на *Salmonella* (Методическое указание) / Л.М. Фонштейн [и др.]. – М.: МГУ. 1977. – 36 с.

10. The detection of chemical mutagens with enteric bacteria / B.N. Ames // in: Chemical Mutagens: Principles and Methods for their detection / Ed. A. Hollaender. – N.Y.: Plenum Press. 1971. – P. 267-282.

11. An improved bacterial test system for the detection and classification of mutagens and carcinogens / B.N. Ames [et al.] // Proc. Nat. Acad. Sci., USA. 1973. – V. 70. – P. 782-786.

12. Biomonitoring of Genotoxicity in Coastal Water / S.V. Kotelevtsev [et al.] // Biomonitoring of coastal waters and estuaries / Ed. Kramer. – K.J.M. CRC Press Inc. 1993. – P. 227-245.

13. Критерии учета мутагенных эффектов в тесте Эймса / А.М. Дуган [и др.] // Цитология и генетика. 1990. – Т. 24, № 6. – С. 41-45.

14. Тюрин, Ю.Н. Статистический анализ данных на компьютере / Ю.Н. Тюрин, А.А. Макаров. – М.: ИНФРА, 1998. – 528 с.
15. Вавилова, В.М. Условия отбора и подготовки проб для некоторых методов биотестирования вод, почв и отходов. Учебно-методическое пособие / В.М. Вавилова, В.А. Терехова. – М.: МГУ-ИПЭЭ, 2009. – С. 28.
16. Бочков, Н.П. Генетический мониторинг популяций человека в связи с загрязнением среды / Н.П. Бочков // Цитология и генетика. 1977. – Т. XI. № 3. – С. 195-206.
17. Бочков, Н.П. Наследственность человека и мутагены внешней среды / Н.П. Бочков, А.Н. Чеботарев / М.: Медицина, 1989. – 272 с.
18. Действие тиазинового красителя метиленового синего на дафний / О.Ф. Филленко [и др.] // Токсикологический вестник. 2011. – №5. – С. 53-56.
19. Научно-методические и законодательные основы обеспечения генетической безопасности факторов и объектов окружающей и производственной среды в целях сохранения здоровья человека // Материалы объединенного Пленума Научных советов Минздравсоцразвития Российской Федерации и РАМН по экологии человека и гигиене окружающей среды и по медико-экологическим проблемам здоровья работающих 15-16 декабря 2010 г. / под ред. Ю.А. Рахманина, Н.Ф. Измерова. – М.: РАМН, 2010. – С. 192.

**T.V. Andriyashina, E.A. Saratovskikh, V.S. Pyatenko, I.K. Khvostunov,
E.F. Isakova, S.V. Kotelevtsev**

**THE ESTIMATION OF TOXICITY AND GENOTOXICITY OF
NATURAL SOIL LOCATED IN THE TERRITORY OF OREL
REGION BY DIFFERENT BIOLOGICAL BENCHMARKS**

The condition monitoring of nine natural areas located in the territory of Orel region was carried out using different biological benchmarks: modified *Ames* test, *Cricetulus griseus* mammalian cells-test and *Ceriodaphnia affinis* test. By means of Ames test using *Salmonella* TA-98 cell culture without metabolic activation the highest mutagenic activity was found at Lubyanka village, Dmitrovskii district where mutagenic index was 3,9. The same test with metabolic activation showed mutagenic index 3,0 and 3,1 for Lubyanka village, Dmitrovskii district and Repnino village, Bolkhovskii district, respectively. The analysis of genotoxicity using *Cricetulus griseus* mammalian cells-test resulted to significant mutagenic activity at Elochka children's campus, Bolkhovskii district, which manifested in the enhanced level of chromosomal and chromatid aberrations in test-cells. The analysis of toxic level using *Ceriodaphnia affinis* test resulted to enhanced toxicity at Elochka children's campus, Bolkhovskii district also. The survival of *Ceriodaphnia affinis* was 45% and only one progeny was observed with minimal number of *affinis*.

Key words: *Genotoxicity, toxicity of the soil, Ceriodaphnia affinis test, salmonella\microsome Ames test, Cricetulus griseus test*

Поступила 29.12.14