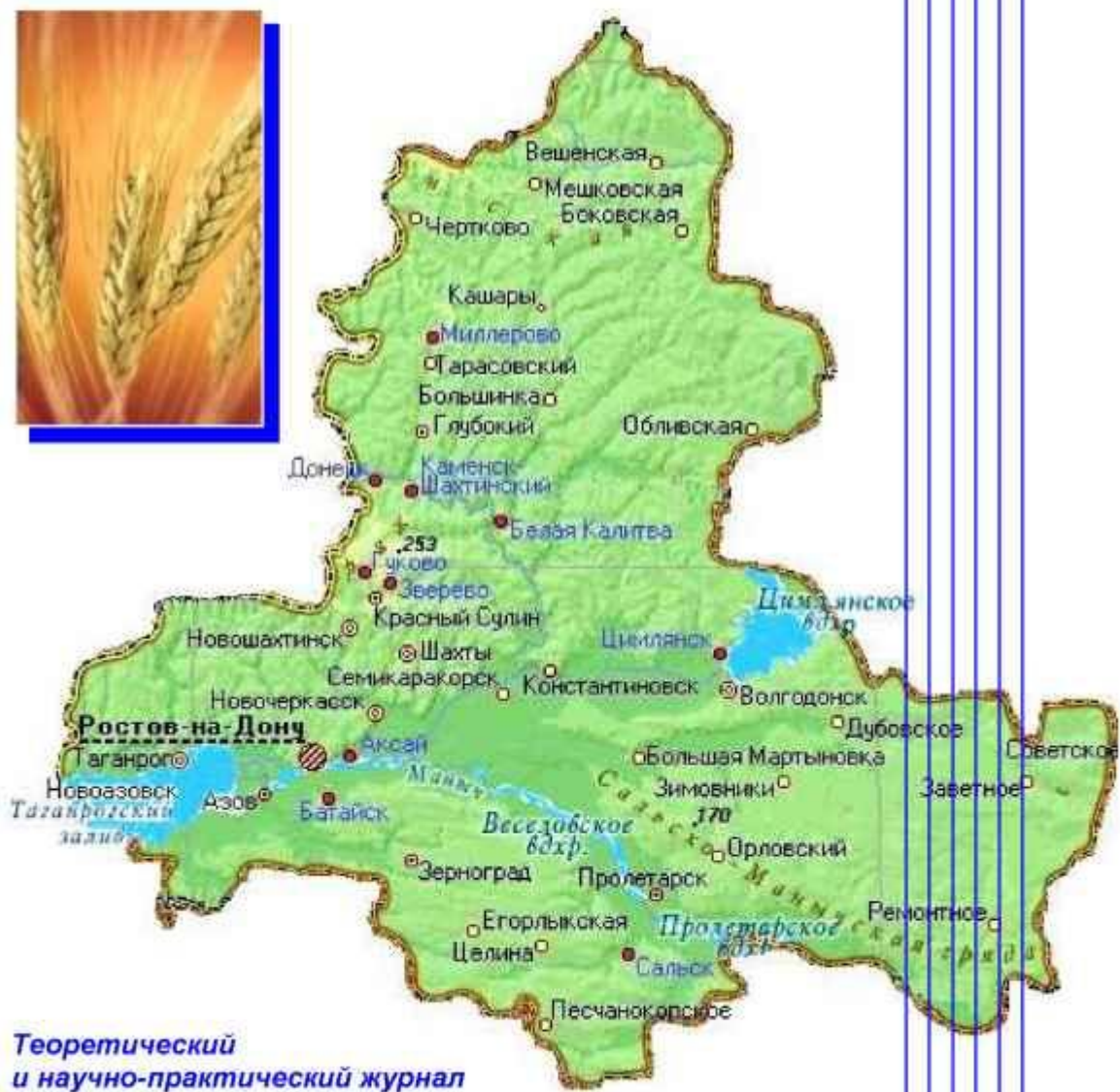


# ВЕСТНИК АГРАРНОЙ НАУКИ ДОНА

**Don agrarian science bulletin**



*Теоретический  
и научно-практический журнал*



Федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего профессионального образования «Азово-Черноморская государственная агроинженерная академия» (ныне – Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВПО «Донской государственный аграрный университет» в г. Зернограде) в 2011–2013 гг. подготовлено и издано многотомное издание «Сельскохозяйственные машины: теория, конструкция, расчет, использование».

Работа выполнялась под руководством редакционного совета в составе следующих ученых России:

Липкович Э.И. – академик РАН, д.т.н., профессор;

Долгов И.А. – академик РАН, д.т.н., профессор;

Краснощеков Н.В. – академик РАН, д.т.н., профессор;

Таранов М.А. – член-корреспондент РАН, д.т.н., профессор;

Бондаренко А.М. – д.т.н., профессор;

Зайдинер В.И. – д.и.н., профессор;

Драгайцев В.И. – д.э.н., профессор;

Бельтюков Л.П. – д.с.-х.н., профессор;

Вахрушев Н.А. – д.с.-х.н., профессор;

Краусл В.Р. – д.т.н., профессор;

Шабанов Н.И. – д.т.н., профессор;

Семенихин А.М. – д.т.н., профессор;

Карташов Б.А. – к.т.н., профессор;

Секанов Ю.П. – д.т.н., профессор.

Многотомное издание рассчитано на специалистов агроинжиниринга, создателей и пользователей сельхозтехники новых поколений, полезно аспирантам и студентам старших курсов.

Первое издание фундаментального труда «Сельскохозяйственные машины: теория, конструкция, расчет» в шести томах под редакцией Василия Прохоровича Горячкина и по его инициативе выпущено в конце тридцатых годов XX века. Оно сыграло и продолжает играть выдающуюся роль в деле подготовки кадров высшей квалификации по названному предмету, а также при проектировании сельхозмашин – и не только в нашей стране, но и в мировом сельхозмашиностроении: подобной работы в странах с развитым АПК не готовил никто.

В последней четверти прошлого века выпущена многотомная энциклопедия под редакцией и по инициативе академика РАН Ивана Павловича Коеневича. В этом издании содержались основы современного расчета конструкций сельхозмашин с включением теоретических положений.

Учитывая накопленный к настоящему времени научно-технический материал по теории, конструкции и расчету сельхозтехники, а также положение, сложившееся в этой отрасли знаний в связи с коренным реформированием экономики России, особое значение имело срастание наук о сельхозмашинах и об их использовании. Оказалось, наконец, понятным, что не конструкция определяет параметры технологических процессов, а технологии должны определять параметры технического оснащения (хотя у нас было наоборот: «мы вам сделали, а вы научитесь использовать!»). Поэтому в настоящее время следует рассматривать создание и использование сельхозтехники одновременно. Собственно этим и вызвано появление настоящего многотомного издания.

Таким образом, у нас в стране за последние семьдесят лет подготовлено третье издание фундаментального труда – теперь уже более широкой комплектации; такой симбиоз модно называть агроинжинирингом.

Мы надеемся, что выполненная работа будет способствовать дальнейшему совершенствованию технического оснащения отечественного АПК, его эффективности и повышению качества подготовки кадров всех уровней.

*Зам. председателя редакционного совета  
академик РАН Э.И. Липкович*

**По вопросам приобретения многотомного издания обращаться по тел. (86359) 43-8-97 (НИЧ).**



# ИННОВАЦИОННЫЕ РАЗРАБОТКИ

## Азово-Черноморского инженерного института

ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет»

### Рыхлитель влагосберегающий навесной РВН-4



Влагосберегающий рыхлитель РВН-4 предназначен для рыхления почвы без оборота пласта, а также для разуплотнения почвы полей, обрабатываемых по нулевой технологии, лугов, пастбищ и глубокого рыхления на склонах и паровых полях. В сочетании с дискованием позволяет эффективно заменить отвальную обработку почвы.

Применяемые сегодня чизели имеют ряд недостатков: их долота откапывают большие глыбы почвы, стойки оставляют за собой борозды на поверхности поля. В связи с этим разработано новое орудие – навесной влагосберегающий рыхлитель РВН-4. На раме орудия рабочие органы правого и левогогиба расположены полками навстречу друг к другу, за счет чего почвенный монолит, заключенный между ними, подвергается более интенсивному разрушающему воздействию. Стойки рыхлителей второго ряда движутся за стойками первого, что позволяет сократить затраты энергии на разрушение почвы, уменьшить потери влаги через образовавшиеся за стойками борозды и увеличить пространство между стойками (это снижает вероятность забивания орудия почвой и пожнивными остатками) и повысить выравненность поверхности поля. Орудие способствует уничтожению многолетних корнеотпрысковых сорняков.

Производство рыхлителя РВН-4 начато в условиях ООО «Таганрогсельмаш». Его оригинальная конструкция защищена патентом на изобретение.

<i>Техническая характеристика</i>			
<i>Ширина захвата, м</i>	<i>4,2</i>	<i>Рабочая скорость, км/ч</i>	<i>до 12</i>
<i>Глубина обработки, см</i>	<i>до 45</i>	<i>Удельный расход топлива, кг/га</i>	<i>около 13</i>
<i>Класс трактора</i>	<i>5-7</i>	<i>Масса, кг</i>	<i>1775</i>



#### Контактная информация:

**Азово-Черноморский инженерный институт**  
**ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет»**

347740, Ростовская обл., г. Зерноград, ул. Ленина, 21,  
телефон: (86359) 43-6-07; телефон /факс: (86359) 43-3-80; e-mail: [iar@achgaa.ru](mailto:iar@achgaa.ru)

**Учредители:**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Донской государственный аграрный университет»,  
Государственное научное учреждение «Северо-Кавказский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства»,  
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-

**Гл. редактор**

КЛИМЕНКО А.И.

**Зам. главного редактора**

СЕРЕГИН А.А.

**Редакционная коллегия:**

ЛАЧУГА Ю.Ф.

СТРЕБКОВ Д.С.

ЛИПКОВИЧ Э.И.

ЩЕДРИН В.Н.

ТРУХАЧЕВ В.И.

ТАРАНОВ М.А.

АЛАБУШЕВ А.В.

ПАХОМОВ В.И.

МИНКИНА Т.М.

ВАСИЛЬЕВ А.Н.

ЛОБАЧЕВСКИЙ Я.П.

ЮДАЕВ И.В.

БОНДАРЕНКО А.М.

САДЬКОВ Ж.С.

ДАШКОВ В.Н.

ВИТЕЗЛАВ СТЫСКАЛА

РИДВАН КИЗЛИКАЯ

ПАЛЬМА ОРЛОВИЧ-ЛЕКО

ТИХОМИР ПРЕДИК

исследовательский институт проблем мелиорации»  
доктор сельскохозяйственных наук, профессор, член-корреспондент РАН, ректор ФГБОУ ВПО «Донской государственный аграрный университет»  
кандидат технических наук, профессор, директор Азово-Черноморского инженерного института ФГБОУ ВПО «Донской государственный аграрный университет» в г. Зернограде

доктор технических наук, профессор, академик РАН (г. Москва)  
доктор технических наук, профессор, академик РАН, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт электрификации сельского хозяйства» ФАНО России (г. Москва)

доктор технических наук, профессор, академик РАН, Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВПО «Донской государственный аграрный университет» в г. Зернограде

доктор технических наук, профессор, академик РАН, ФГБНУ «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации» (г. Новочеркасск)

доктор сельскохозяйственных наук, доктор экономических наук, профессор, член-корреспондент РАН, ректор ФГБОУ ВПО «Ставропольский государственный аграрный университет»

доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РАН, Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВПО «Донской государственный аграрный университет» в г. Зернограде

доктор сельскохозяйственных наук, профессор, член-корреспондент РАН, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт зерновых культур имени И.Г. Калинин» (г. Зерноград)

доктор технических наук, ФГБНУ «Северо-Кавказский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства» (г. Зерноград)

доктор биологических наук, профессор, ФГАОУ ВПО «Южный федеральный университет» (г. Ростов-на-Дону)

доктор технических наук, профессор, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт электрификации сельского хозяйства» ФАНО России (г. Москва)

доктор технических наук, профессор, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства» ФАНО России (г. Москва)

доктор технических наук, доцент, Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВПО «Донской государственный аграрный университет» в г. Зернограде

доктор технических наук, профессор, Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВПО «Донской государственный аграрный университет» в г. Зернограде

доктор технических наук, профессор, академик МАН и НАК, Научно-исследовательский институт агроинженерных проблем и новых технологий (г. Алматы, Республика Казахстан)

доктор технических наук, профессор, Институт энергетики Национальной академии наук Беларуси (г. Минск, Республика Беларусь)

кандидат технических наук, Ph.D, Технический университет (г. Острава, Чехия)

доктор почвоведения, профессор, Университет Ондокуз Майяс (г. Самсун, Турция)

кандидат геолого-минералогических наук, доцент, Университет Загреб (г. Загреб, Хорватия)

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Сельскохозяйственный институт Республики Сербия (г. Баня-Лука, Республика Сербия)

**Составитель****Редактор****Художественный редактор****Компьютерная верстка****Перевод**

Мирошникова В.В.

Лучинкина Н.П.

Вдовикова С.П.

Кудряшова Г.С.

Дуус Ю.В.

Подписано в печать 28.05.2015 г. Выход в свет 26.06.2015 г.

Формат 60×84 1/8. Уч.-изд. л. 12,6. Тираж 1000 экз. Заказ № 203.

**Адрес редакции:**

347740, Ростовская область, г. Зерноград, ул. Ленина, 21

**Телефон/факс/Е-mail:**

(863-59) 43-8-97, (863-59) 43-3-80; vand2008@mail.ru

При перечислении материалов ссылка на «Вестник аграрной науки Дона» обязательна.

В изданиях рассматриваются научные проблемы обеспечения функционирования различных отраслей АПК. Представленный материал предназначен для ученых, преподавателей, аспирантов и студентов вузов, руководителей предприятий АПК, слушателей курсов повышения квалификации и др.

Журнал включен в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ) и входит в базу данных Ulrich's Periodicals Directory американского издательства Bowker.

<b>Constitutors:</b>	Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education «Don State Agrarian University», State Scientific Institution «North-Caucasus Research Institute of Mechanization and Electrification of Agriculture», Federal State Budgetary Scientific Institution «Russian Research Institute of Melioration Problems»
<b>Editor in chief</b> KLIMENKO A.I.	Doctor of Agricultural Sciences, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences (RAS), Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education (FSBEI HPE) «Don State Agrarian University»
<b>Deputy editor in chief</b> SERYOGIN A.A.	Candidate of Technical Sciences, professor, Azov-Black Sea Engineering Institute FSBEI HPE «Don State Agrarian University» in Zernograd.
<b>Editorial staff:</b> LACHUGA Yu.Ph., STREBKOV D.S.	Doctor of Technical Sciences, professor, Academician of the RAS (Moscow) Doctor of Technical Sciences, professor, Academician of the RAS, Federal State Budgetary Scientific Institution (FSBSI) «All-Russian Research Institute for Electrification of Agriculture» Federal Agency Scientific Organizations (Moscow)
LIPKOVICH E.J.	Doctor of Technical Sciences, professor, Academician of the RAS, Azov-Black Sea Engineering Institute FSBEI HPE «Don State Agrarian University» in Zernograd
SHCHEDRIN V.N.	Doctor of Technical Sciences, professor, Academician of the RAS, FSBSI «Russian Research Institute for Land Reclamation» (Novocherkassk)
TRUKHACHEV V.I.	Doctor of Agricultural Sciences, Doctor of Economic Sciences, professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences (RAS), Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education (FSBEI HPE) «Stavropol State Agrarian University»
TARANOV M.A.	Doctor of Technical Sciences, Corresponding Member of RAS, Azov-Black Sea Engineering Institute FSBEI HPE «Don State Agrarian University» in Zernograd
ALABUSHEV A.V.	Doctor of Agricultural Sciences, professor, Corresponding Member of RAS, FSBSI «Kalinenko All-Russian Scientific Research Institute of Grain Crops» (Zernograd)
PAKHOMOV V.I.	Doctor of Technical Sciences, FSBSI «North Caucasus Research Institute of Mechanization and Electrification of Agriculture» (Zernograd)
MINKINA T.M. VASILJEV A.N.	Doctor of Biology Sciences, professor, FSBEI HPE «Southern Federal University» (Rostov-on-Don) Doctor of Technical Sciences, professor, FSBSI «All-Russian Research Institute for Electrification of Agriculture» Federal Agency Scientific Organizations (Moscow)
LOBACHEVSKIY Ya.P.	Doctor of Technical Sciences, professor, FSBSI «All-Russian Research Institute of Agricultural Mechanization» Federal Agency Scientific Organizations (Moscow)
YUDAEV I.V.	Doctor of Technical Sciences, associate professor, Azov-Black Sea Engineering Institute FSBEI HPE «Don State Agrarian University» in Zernograd
BONDARENKO A.M.	Doctor of Technical Sciences, professor, Azov-Black Sea Engineering Institute FSBEI HPE «Don State Agrarian University» in Zernograd
SADYKOV Zh.S.	Doctor of Technical Sciences, professor, Academician MAI and NAK, Research Institute of Agroengineering Problems and New Technologies (Alma-Aty, Kazakhstan)
DASHKOV V.N.	Doctor of Technical Sciences, professor, Energy Institute of the National Academy of Sciences of Belarus (Minsk, Belarus)
VITEZSLAV STYSKALA	Candidate of Technical Sciences, D. Ph., Technická univerzita Ostrava (VŠB – TUO) (Ostrava, Czech Republic)
RIDVAN KIZILKAYA PALMA ORLOVIC-LEKO	Doctor of Pedology, professor, Ondokuz Mayıs Üniversitesi (Samsun, Turkey) Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, associate professor, University of Zagreb (Zagreb, Croatia)
TIKHOMIR PREDIC	Candidate of Biological Sciences, senior researcher, Agricultural Institute of Serbian Republic (Banzha-Luka, Serbia)
<b>Compiler</b>	Miroshnikova V.V.
<b>Editor</b>	Luchinkina N.P.
<b>Art editor</b>	Vdovikina S.P.
<b>Computer editors</b>	Kudravtseva G.S.
<b>English version executive</b>	Daus Yu.V.

Signed to publishing – 28.05.2015. Published – 26.06.2015. Format 60×84 1/8. Circulation 1000 r. Order № 203.

**Editor's address:** 347740 Rostov region, Zernograd, 21, Lenin Str.  
**Tel./fax/E-mail:** (863-59) 43-8-97, (863-59) 43-3-80; vand2008@mail.ru

When recopying the materials one must refer to «Don agrarian science bulletin»  
This journal deals with the scientific problem of different fields functioning in Agro-Industrial Complex. The material is for scientists, lecturers, post-graduates, students of higher educational institutions, heads of agricultural enterprises, students of retraining courses.

The journal is included into the Russian Science Citation Index (RISC) and is included into the Ulrich's Periodicals Directory database of Bowker-american publishing house.

## СОДЕРЖАНИЕ

## CONTENTS

*Технологии, средства механизации  
и энергетическое оборудование**Technology, mechanization  
and power equipment*

<b>Ефремова Е.Н.</b> Влияние энергосберегающей технологии обработки на микрофлору почвы.....	5	<b>Efremova E.N.</b> Influence of energy-saving processing technologies on soil microflora.....	5
<b>Лелешко Е.С., Несмиян А.Ю.</b> Влияние настроечных параметров высевающих аппаратов зерновых сеялок на всхожесть семян.....	10	<b>Nesmiyan A.Yu., Lepeshko E.S.</b> Influence of grain drills planting unit tuning parameters on seed germination ..	10
<b>Постникова М.В.</b> Анализ энергозатрат технологических процессов очистки зерна на триерах.....	17	<b>Postnikova M.V.</b> Analysis of energy consumption of grain cleaning technological process on triers..	17
<b>Никитченко С.Л., Смыков С.В., Жилияскова И.П.</b> Выбор исполнителей и средств технического сервиса машин в сельскохозяйственном производстве.....	21	<b>Nikitchenko S.L., Smykov S.V., Zhilyaskova I.P.</b> The choice of performers and means of technical machines service in agricultural production.....	21
<b>Курочкин В.Н., Кушчева Е.И., Полуян Н.С.</b> Исследование эффективности технического сервиса зерноперерабатывающего оборудования методом многофакторного эксперимента.	30	<b>Kurochkin V.N., Kushcheva E.I., Paluyan N.S.</b> Research of grain processing equipment technical service efficiency by multifactorial experiment method.....	30
<b>Васильев А.Н., Будников Д.А., Васильев А.А.</b> Экспериментальные исследования влияния режимов работы магнетрона на энергоёмкость и производительность обработки зерна.....	41	<b>Vasiliev A.N., Budnikov D.A., Vasiliev A.A.</b> Experimental study of influence of operating magnetron modes on power-intensity and productivity of grain processing.....	41
<b>Калинин А.Э., Токарева А.Н., Макарова М.С., Беленов В.Н.</b> Определение параметров системы воздушного лучистого отопления на базе вторичных энергетических ресурсов.....	49	<b>Kalinin A.E., Tokareva A.N., Makarova M.S., Belenov V.N.</b> Determination of parameters of the air radiant heating system on the basis of secondary energy resources.....	49
<b>Ерешко А.С., Хронюк В.Б., Сильченко А.А., Фиско А.В.</b> Урожайность и качество коллекционных образцов озимого ячменя в условиях юга Ростовской области .....	56	<b>Ereshko A.S., Hronyuk V.B., Silchenko A.A., Fisko A.V.</b> Winter barley collected samples productivity and quality under the conditions of the south of the Rostov region.....	56

<b>Сильченко А.А., Ерешко А.С., Хронюк В.Б.</b> Исходный материал в селекции озимого ячменя на зимостойкость и интенсивность весеннего роста.....	63	<b>Silchenko A.A., Ereshko A.S., Hronyuk V.B.</b> Starting material in the winter barley selection on the winter hardiness and spring growth intensity.....	63
<b>Курочкин В.Н.</b> Применение методов имитационного моделирования к решению задач повышения надежности организационных систем.....	70	<b>Kurochkin V.N.</b> Imitation modeling methods application for solving the problem of organizational systems reliability increase.....	70
<i>Техносферная безопасность</i>		<i>Technosphere safety</i>	
<b>Орешкин М.В., Калайдо А.В.</b> Исследование распределения уровней радона по высоте зданий.....	81	<b>Oreshkin M.V., Kalaydo A.V.</b> Investigation of radon levels distribution into the buildings.....	81
<i>Актуально в номер</i>		<i>Actual in the issue</i>	
<b>Гарькавый В.В.</b> Продовольственные безопасность и независимость: определения, измерение, факторы и пути повышения устойчивости. Сущность, понятия, определения.....	89	<b>Garkavy V.V.</b> Food safety and independence: definition, measurement, factors and ways of sustainability improvement. Matter, concepts, definitions.....	89

**ТЕХНОСФЕРНАЯ  
БЕЗОПАСНОСТЬ**

УДК [(613.876 : 331.45) : 546.296](4/9)

**ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ УРОВНЕЙ РАДОНА  
ПО ВЫСОТЕ ЗДАНИЙ**© 2015 г. *М.В. Орешкин, А.В. Калайдо*

Традиционно считается, что высокие уровни радона имеют место только на нижних этажах зданий. Исследования распределения уровней радона по высоте зданий в Луганском университете имени Тараса Шевченко показали высокие уровни радона на верхних этажах зданий. Это может быть объяснено переносом радона конвективными потоками внутри здания. Необходимо отметить, что радон, имеющий порядковый номер в таблице Менделеева 86 и атомный вес наиболее стабильного изотопа 222, период полураспада 3,8 суток, представляет из себя бесцветный газ без запаха и практически очень сложен в определении. Именно поэтому его опасность часто недооценивается. Исходя из этого, требуются специальные приборы и методики, а также специально обученный персонал исследователей. Накапливаясь в жилых и служебных помещениях он представляет существенную угрозу здоровью и жизни населения. Именно поэтому исследование радоновой опасности – чрезвычайно актуально. Большую часть годовой дозы облучения от источников ионизирующего излучения человек получает в закрытых помещениях, где основным дозообразующим фактором (более 50% суммарной дозы) выступают дочерние продукты распада радона. На данный момент облучение дочерними продуктами распада радона в помещениях официально признано второй по тяжести после курения причиной смертности от рака легкого. При определенной комбинации геофизических особенностей территории с конструктивными особенностями зданий и сезонными изменениями климатических параметров концентрации радона в воздухе помещений могут во много раз превышать уровни, установленные Нормами радиационной безопасности. Поэтому проведение мероприятий по уменьшению уровней радона в жилых и служебных помещениях является самым эффективным методом снижения коллективной дозы облучения, тем более, что снижение концентрации радона и его дочерних продуктов распада может быть получено при реализации достаточно простых мероприятий, не требующих больших затрат, средств и времени.

**Ключевые слова:** радон, распределение, высота, дочерние продукты распада (ДПР), эквивалентная равновесная объемная активность (ЭРОА).

It is traditionally considered that the high levels of radon take place only on the ground floors of buildings. Researches of radon levels distribution in the Luhansk Taras Shevchenko university show high radon levels on the overhead floors of buildings. It can be explained by the transfer of radon by air streams into buildings. It should be noted that radon having a sequence number 86 in the periodic table and the atomic weight of the most stable isotope 222, the half-life of 3.8 days and is a colorless, odorless gas and is practically very difficult to define. On this basis, it requires special equipment and techniques, as well as specially trained staff of researchers. That is why the danger is often underestimated. While accumulating in accommodation and service spaces it represents a significant threat to the health and lives of the population. That is why the study of radon danger is extremely important. Most of the annual dose from sources of ionizing radiation a person receives in enclosed spaces, where the main dose-forming factor (more than 50% of the total dose) are the daughter products of radon decay. At the time of exposure to radon decay daughter products in premises officially recognized the severity of the second cause of death after smoking on lung cancer. When a certain combination of geophysical characteristics of the area with the design of the buildings and the seasonal changes of climatic parameters of radon in indoor air can be many times the levels set Radiation



Safety Standards. Therefore, carrying out measures to reduce radon levels in homes and offices is the most effective method of reducing the collective dose, the more that reducing the concentration of radon and daughter products of its decay in the order can be obtained by implementing relatively simple measures that do not require large expenditures of funds and time.

*Key words:* radon, distribution, height, progeny, equivalent equilibrium volume activity.

**Постановка проблемы.** При оценке радоноопасности зданий используются геологический и радиационно-гигиенический подходы: первый для определения потенциально опасных зон по данным активности почвенного радона, проницаемости почвы и структуры подстилающей поверхности; второй – по результатам измерений активности радона в помещениях. И хотя главным показателем является содержание радона в помещениях, окончательная оценка радоноопасности зданий возможна только после изучения распределения радона по этажам зданий.

Неравномерность распределения радона по высоте зданий объясняется его вовлечением в движение воздуха, вызванное градиентом температур и давлений, а также конструктивными особенностями строений. Кроме того, на пространственное распределение радона в здании оказывает влияние его ориентация относительно преобладающей ветровой нагрузки и степень герметизации помещений.

**Анализ предыдущих исследований.** Радоновая тематика в последнее десятилетие

очень популярна в зарубежной научной литературе, но большая часть исследований посвящена изучению временных вариаций уровней радона на определенной территории. Распределения активности по высоте зданий исследуются реже, в этом вопросе доминирует положение, что облучение радоном – проблема исключительно подвалов и первых этажей, хотя встречаются и другие точки зрения.

Нормы содержания радона в воздухе помещений устанавливаются в единицах эквивалентной равновесной объемной активности (ЭРОА), наряду с которой также используются единицы объемной активности (ОА) радона. Эти величины связаны между собой через безразмерный коэффициент равновесия  $F$ :

$$ЭРОА = F \cdot ОА.$$

Величина  $F$  определяется условиями воздухообмена в помещении, в [1] для его численной оценки предложен полином 5-й степени.

$$F = -0,001\alpha^5 + 0,0158\alpha^4 - 0,1025\alpha^3 + 0,3491\alpha^2 - 0,7093\alpha + 0,9784,$$

где  $\alpha$  – кратность воздухообмена в помещении, час<sup>-1</sup>.

Если  $F$  не определен инструментально, его принимают равным 0,4 согласно Рекомендациям МКРЗ [2]. При условии равновесия между радоном и его ДПР их объемные активности равны между собой ( $F = 1$ ), но в реальных условиях наблюдается сдвиг равновесия и  $F$  принимает значения в пределах 0,2–0,8 [3].

Всемирной организацией охраны здоровья (ВОЗ) рекомендован национальный контрольный уровень в 100 Бк/м<sup>3</sup> [4], при его недостижимости уровень не должен превышать 300 Бк/м<sup>3</sup>. В Украине уровень обязательных действий составляет 50 Бк/м<sup>3</sup> для строящихся и реконструируе-

мых зданий и 100 Бк/м<sup>3</sup> для эксплуатируемых зданий [5]; в России НРБ-99/09 установлено среднегодовое содержание радона не более 100 Бк/м<sup>3</sup> для строящихся зданий и не более 200 Бк/м<sup>3</sup> – для существующих [6, 7]; аналогичные российским нормы установлены в РБ [8].

В таблице представлены нормы уровней радона в воздухе помещений за рубежом. Если противорадоновые мероприятия не привели к снижению ЭРОА ниже 400 Бк/м<sup>3</sup>, рекомендуется перепрофилирование помещений или ограничение пребывания в них людей [9].

При строительстве нормируется также плотность потока радона (ППР) с поверхности почвы: в РФ и РБ – не более

80 мБк/(м<sup>2</sup>·с) для жилых и служебных зданий и 250 мБк/(м<sup>2</sup>·с) для производственных; в Украине введены три категории ра-

дионности по ППР: не более 25 мБк/(м<sup>2</sup>·с); от 25 до 50 мБк/(м<sup>2</sup>·с); от 50 до 75 мБк/(м<sup>2</sup>·с) [10].

#### Нормы ЭРОА в воздухе жилых зданий, Бк/м<sup>3</sup>

Страна	Существующие здания	Строящиеся здания	Год принятия норм
Швеция	100	100	1984
Дания	200	200	1986
Финляндия	400	100	1986
США	80	–	1986
Канада	200	–	1985
Германия	200	–	1986
Великобритания	200	50	1987

Исследования в Финляндии показали, что ЭРОА радона в квартирах первых этажей и в одноэтажных домах существенно не отличаются, а на остальных этажах активности приблизительно постоянны и не превышают 30% от максимального по зданию [11], что объясняется исключительно эманированием из строительных материалов.

Экспоненциальная зависимость активности радона от уровня этажа обнаружена в [12], а линейная в [13]. В [14] показано, что распределение ЭРОА радона внутри многоэтажных зданий с монолитным фундаментом подчиняется нормальному закону, а в зданиях без монолитного фундамента уровни радона для первого этажа в 2,5 раза выше, чем в помещениях верхних этажей. В [15] вообще отмечены более высокие уровни радона на верхних этажах, чем на промежуточных, что позволяет говорить о его переносе по зданию.

Исследование многоэтажных зданий Екатеринбурга показало наименее однородные условия поступления радона на нижних этажах, что объясняется существенным вкладом в общее поступление его переноса из подпочвенного воздуха [16]. Диффузионный механизм поступления радона преобладает на верхних этажах, а более высокие ЭРОА по сравнению со зданиями, построенными до 1989 года, объясняются использованием мелкодисперсных наполнителей несущих конструкций и стеновых материалов [17].

При мониторинге жилого фонда Оренбурга установлено, что влияние почвенного радона ограничивается подвалами и первыми этажами, для более высоких этажей ЭРОА определяется выделением из стройматериалов, причем влияние типа материала незначительно [18]. Аналогичные исследования зданий Исык-Кульской области не выявили связи уровней радона с этажом измерений для летнего сезона и показали слабую тенденцию к уменьшению ЭРОА с увеличением номера этажа для зимнего [19].

**Методика измерений.** Изучение распределения уровней радона по высоте зданий проводилось в трех главных учебных корпусах Луганского университета имени Тараса Шевченко:

– № 1, возведенном в 1939 году (4 этажа, отсутствие монолитного фундамента, материал стен – мергель, без цокольного этажа);

– № 2, возведенном в 1974 году (5 этажей, монолитный фундамент, материал стен – силикатный кирпич, учебные аудитории на цокольном этаже);

№ 3, возведенном в 1997 году (5-7 этажей, фундамент, материал стен – огнеупорный кирпич, учебные аудитории на цокольном этаже).

Данные учебные корпуса образуют единый архитектурный ансамбль, то есть имеют общий тип почвы и геофизическую структуру подстилающей поверхности. Первый и второй корпуса ориентированы

нормально по отношению к доминирующим ветрам восточного направления.

Измерение ЭРОА радона в воздухе помещений проводилось на каждом этаже корпусов в 25% аудиторий, сходных по объему, но отличных по качеству герметизации (стеклопакет и деревянные рамы).

Все аудитории на момент проведения измерений не открывались не менее 24 часов, сами измерения проводились на средней высоте расположения органов дыхания. Также проводилось по два измерения

ЭРОА радона в коридорах каждого из этажей. Всего было проведено два полных цикла исследований высотного распределения уровней радона в теплый и холодный период года.

Измерения ЭРОА радона проводились экспресс-методом с помощью радиометра ДПР радона «АТЛЕШ-1М» (рисунок 1) путем прокачки воздуха через фильтр с последующим анализом его активности фильтра. Приборная погрешность радиометра не превышала  $\pm 5 \text{ Бк/м}^3$ .



Рисунок 1 – Радиометр дочерних продуктов радона «АТЛЕШ-1М»

Ветровая нагрузка на здание учитывалась путем измерения давления внутри и снаружи помещения при помощи метеостанции, параллельно фиксировалась температура воздуха снаружи и в помещении.

**Результаты исследований.** На рисунке 2 показано распределение уровней радона по этажам учебных корпусов № 1–3, полученное в результате проведения радиационного мониторинга. Сравнительный анализ в 17 случаях из 19 показал более высокие значения ЭРОА в коридорах, чем в закрытых помещениях на данном этаже. Причиной тому может быть различие механизмов поступления радона: в аудитории он поступает только из строительных ма-

териалов, тогда как в коридоры еще и из почвы под зданием.

Не выявлено снижения уровней радона с увеличением этажа, наоборот, максимальные значения отмечены на верхних этажах. Поскольку измерения ЭРОА радона проводились в отопительный сезон, имела место значительная разность температур между верхними и нижними этажами (для корпуса № 3 – 25,7 °С на седьмом и 18,9 °С на первом).

Поэтому доказанным можно считать факт вовлечения радона в движение конвективных потоков внутри здания.

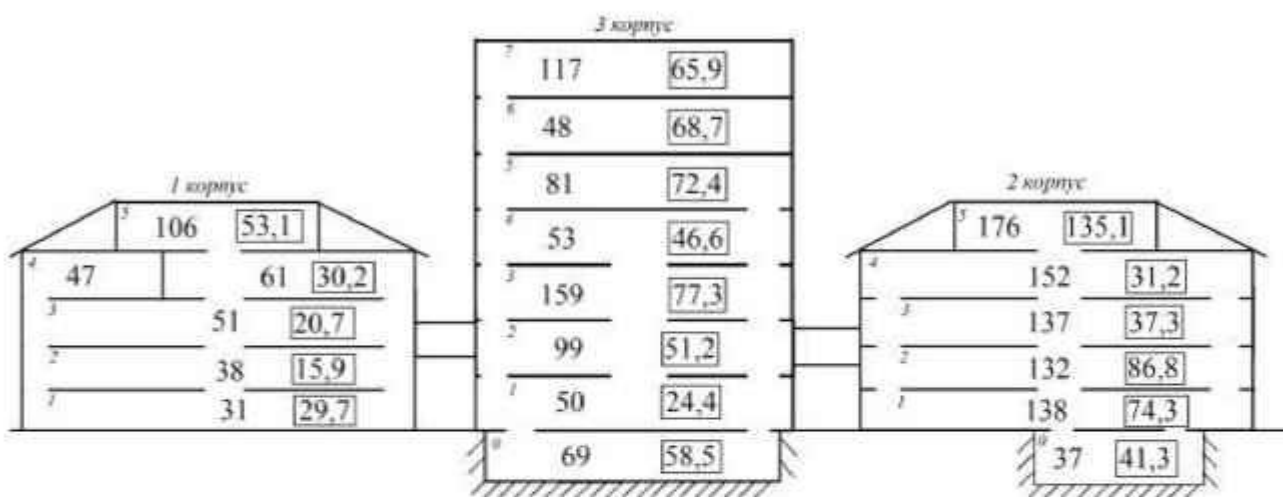


Рисунок 2 – Распределение уровней радона по этажам в коридорах и в закрытых помещениях (в прямоугольнике)

**Выводы.** Результаты проведенных исследований позволяют сделать следующие выводы:

1. Значения ЭРОА радона в учебных корпусах университета сопоставимы с национальным контрольным уровнем для зданий, находящихся в эксплуатации ( $200 \text{ Бк/м}^3$ ), хотя и не превышают его.

2. Снижение ЭРОА радона в коридорах учебных корпусов является эффективным мероприятием по уменьшению годовой коллективной дозы облучения сотрудников университета.

3. Наиболее высокие уровни были зафиксированы на самых верхних этажах, что доказывает участие конвективных потоков внутри здания в процессе формирования пространственного распределения ЭРОА радона.

4. В холодный период уровни радона в коридорах учебных корпусов значительно превышают уровни в закрытых помещениях данных этажей, что указывает на преобладание механизма поступления из почвы под зданием над эманированием из строительных материалов.

5. Статистический анализ результатов экспериментов показал лог-нормальный характер распределения помещений университета по величине ЭРОА и нормальное распределение данных помещений по величине МЭД.

6. По результатам измерений средняя геометрическая ЭРОА в отопительный пе-

риод в помещениях университета составила  $53,3 \pm 3,8 \text{ Бк/м}^3$ .

## Литература

1. Трифонова, Т.А. Радиационный риск и ущерб здоровью от радонового облучения в помещениях городских зданий / Т.А. Трифонова, Л.А. Ширкин // Сборник материалов II юбилейной научно-практической конференции «Экология Владимирского региона». – Владимир, 2008. С. 6–19.
2. ICRP: Protection against radon-222 at home and work. International Commission on Radiological Protection Publication 65. Pergamon, 1994. – 89 p.
3. Крисюк, Э.М. Радиационный фон помещений / Э.М. Крисюк. – Москва: Энергоатомиздат, 1989. – 119 с.
4. World Health Organization handbook on indoor radon. WHO. Geneva, 2009. – 110 p.
5. ДБН В.1.4-1.01-97. Система норм и правил снижения уровня ионизирующих излучений естественных радионуклидов в строительстве. Регламентированные радиационные параметры. Допустимые уровни. – Киев: Государственный комитет Украины по делам градостроительства и архитектуры, 1997. – 2 с.
6. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОС-ПОРБ-99): 2.6.1. Ионизирующее излучение, радиационная безопасность СП

2.6.1. 799-99. – Москва: Минздрав России, 2000. – 98 с.

7 Нормы радиационной безопасности (НРБ-99): Гигиенические нормативы СП 2.6.1.758-99. Москва: Центр санитарно-эпидемиологического нормирования гигиенической сертификации и экспертизы Минздрава России, 1999. – 116 с.

8 ГН 2.6.1.8-127-2000: Нормы радиационной безопасности (НРБ-2000). Минск: Постановление Главного государственного санитарного врача РБ, 25.01.2000, № 5. – 89 с.

9 Нормы радиационной безопасности (НРБУ-97). Государственные гигиенические нормативы. – Киев: Комитет по вопросам гигиенического регламентирования МЗ Украины, 1997. – 110 с.

10 Гупало, О.С. Підвищення радіаційної якості будівництва житлових будівель з урахуванням впливу інноваційних напрямків: автореф. дис. на здобуття наукового ступеня канд. тех. наук. 05.26.01 / О.С. Гупало; Придніпровська державна академія будівництва та архітектури. – Дніпропетровськ, 2009. – 23 с.

11 Valmarhttp://rpd.oxfordjournals.org/content/152/1-3/146.abstract – corresp-1 T Radon in Finnish apartment buildings / T. Valmarhttp://rpd.oxfordjournals.org/content/152/1-3/146.abstract – corresp-1, H. Arvela, H. Reisbacka // *Radiat. Prot. Dosim.* – 2012. № 152 (2-3). Pp. 146-149.

12. Сердюкова, А.С. Изотопы радона и короткоживущие продукты их распада в природе / А.С. Сердюкова, Ю.Т. Кампанов. – Москва, 1979 – 294 с.

13 Arvela, H. Radon prevention in new construction in Finland: a nationwide sample survey in 2009 / H. Arvela, O. Holmgren, H. Reisbacka // *Radiat. Prot. Dosim.* 2010. № 148 (4). Pp. 465-474.

14 Яковлева, В.С. Процессы переноса радона в неравновесных средах: автореферат, 01.04.01 ВАК РФ Яковлева Валентина Станиславовна, кандидат физико-математических наук. – Томск, 2002. – 16 с.

15 Кургуз, С.А. Влияние физических свойств радона на его распределение внутри зданий и помещений / С.А. Кургуз // Радиозащита XXI века материалы междунар. науч.-практ. конф., Красноярск, 14-16

мая 2012. – Красноярск: СФУ, 2012. – С. 145-150.

16. Ярмошенко, И.В. Обследование уровней накопления радона в жилых зданиях города Екатеринбурга / И.В. Ярмошенко, А.Д. Онищенко, М.В. Жуковский // *Вопросы радиационной безопасности.* 2010. № 3 (59). С. 62-69.

17. Жуковский, М.В. Определение механизмов и параметров поступления радона в помещение / М.В. Жуковский, А.В. Васильев // *АНРИ* – 2012. – № 1 – С. 3-12.

18. Боев, В.М. Содержание радона в почве и воздушной среде жилых зон г. Оренбурга / В.М. Боев, А.П. Воробьев, В.И. Дунаев // *Вестник ОГУ.* 2005. – № 5. С. 65-67.

19. Термечикова, Р.Б. Результаты радоновых исследований в Иссык-Кульской области Киргизии / Р.Б. Термечикова, М.В. Жуковский // X Международный экологический симпозиум «Урал атомный, Урал промышленный 2002»: тезисы докладов. – Екатеринбург, 2002. – С. 186-188.

## References

1. Trifonova T.A. Radiacionnyj risk i ushherb zdorov'ju ot radonovogo obluchenija v pomeshhenijah gorodskih zdanij [Radiation risk and health damage from radon exposure in urban buildings rooms], Sbornik materialov II jubilejnoj nauchno-prakticheskoj konferencii «Jekologija Vladimirskogo regiona». Vladimir, 2008, pp. 6-19.

2. ICRP: Protection against radon-222 at home and work. International Commission on Radiological Protection Publication 65. Pergamon, 1994, 89 p.

3. Krisjuk Je.M. Radiacionnyj fon pomeshhenij [The radiation facilities background], Moskva, Jenergoatomizdat, 1989. 119 p.

4. World Health Organization handbook on indoor radon. WHO, Geneva, 2009. – 110 p.

5. DBN V.1.4-1.01-97. Sistema norm i pravil snizhenija urovnja ionizirujushhijh izluchenij estestvennyh radionuklidov v stroitel'stve. Reglamentirovannye radiacionnye parametry. Dopustimye urovni [The system of rules and regulations of the natural

radionuclides ionizing radiation level reduction in building construction. Regulated radiation parameters [Permissible levels]. Kiev, Gosudarstvennyj komitet Ukrainy po delam gradostroitel'stva i arhitektury, 1997, 2 p.

6 Osnovnye sanitarnye pravila obespechenija radiacionnoj bezopasnosti [Basic sanitary rules for radiation safety ensuring], (OSPORB-99), 2.6.1. Ionizirujushhee izluchenie, radiacionnaja bezopasnost' SP 2.6.1. 799-99, Moskva, Minzdrav Rossii, 2000, 98 p.

7 Normy radiacionnoj bezopasnosti (NRB-99) [Radiation safety standards], Gigienicheskie normativy SP 2.6.1.758-99, Moskva, Centr sanitarno-jepidemiologicheskogo normirovanija gigienicheskoj sertifikacii i jekspertizy Minzdrava Rossii, 1999, 116 p.

8. GN 2.6.1.8-127-2000. Normy radiacionnoj bezopasnosti (NRB-2000) [Radiation safety standards], Minsk, Postanovlenie Glavnogo gosudarstvennogo sanitarnogo vracha RB, 25.01.2000, No 5, 89 p

9. Normy radiacionnoj bezopasnosti (NRBU'-97) [Radiation safety standards], Gosudarstvennye gigienicheskie normativy, Kiev, Komitet po voprosam gigienicheskogo reglamentirovanija MZ Ukrainy, 1997, 110 p

10 Gupalo O.S. Pidvishhennja radiacijnoj jakosti budivnictva zhitlovih budivel' z urahuvannjam vplivu innovacijnih naprjamkiv [Increasing the radiation quality of residential buildings construction with the influence of the innovative trends], avtoref. dis. na zdobuttja naukovoogo stupenja kand. teh. nauk: 05.26.01, Pridniprovs'ka derzhavna akademija budivnictva ta arhitekturi, Dnipropetrovs'k, 2009, 23 p

11 Valmari T., Arvela N., Reisbacka N. Radon in Finnish apartment buildings, *Radiat. Prot. Dosim.*, 2012, No. 152 (2-3), pp.146-149.

12. Serdjukova A.C., Kapitanov Ju.T. Izotopy radona i korotkozhyvushhie produkty ih raspada v prirode [Radon isotopes and short-lived products of their decay in nature], Moskva, 1979, 294 p.

13. Arvela N., Holmgren O., Reisbacka N. Radon prevention in new construction in Finland: a nationwide sample survey in 2009, *Radiat. Prot. Dosim.*, 2010, No. 148 (4), pp. 465-474.

14. Jakovleva V.S. Processy perenosa radona v neravnovesnyh sredah [Radon transfer processes in nonequilibrium media], Avtoreferat, 01.04.01 VAK RF Jakovleva, Valentina Stanislavovna, kandidat fiziko-matematicheskikh nauk, Tomsk, 2002, 16 p.

15. Kurguz S.A. Vlijanie fizicheskikh svojstv radona na ego raspredelenie vnutri zdaniy i pomeshhenij [Effect of radon physical properties on its distribution within the buildings and premises]. Radiojekologija XXI veka. materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf., Krasnojarsk, 14-16 maja 2012, Krasnojarsk, SFU, 2012, pp. 145-150.

16. Jarmoshenko I.V., Onishhenko A.D., Zhukovskij M.V. Obsledovanie urovnej nakoplenija radona v zhilyh zdaniyah goroda Ekaterinburga [Radon accumulation levels research in residential buildings of Yekaterinburg], *Voprosy radiacionnoj bezopasnosti*, 2010, No 3 (59), pp. 62-69.

17. Zhukovskij M.V., Vasil'ev A.V. Opredelenie mehanizmov i parametrov postuplenija radona v pomeshhenie [Determination of mechanisms and parameters of radon getting into the room], *ANRI*, 2012, No 1, pp. 3-12.

18. Boev V.M., Vorob'ev A.P., Dunaev V.N. Soderzhanie radona v pochve i vozduшной srede selitebnyh zon g. Orenburga [The concentration of radon in the soil and air of residential areas in Orenburg], *Vestnik OGU* No 5, 2005, pp. 65-67.

19. Termechikova R.B., Zhukovskij M.V. Rezultaty radonovyh issledovanij v Issyk-Kul'skoj oblasti Kirgizii [The results of radon research in the Issyk-Kul region of Kyrgyzstan], X Mezhdunarodnyj jekologicheskij simpozium «Ural atomnyj. Ural promyshlennyj 2002», tezisy dokladov, Ekaterinburg, 2002, pp. 186-188.

**Сведения об авторах**

**Орешкин Михаил Вильевич** – член-корреспондент Российской академии естествознания, доктор с.-х. наук, старший научный сотрудник, профессор кафедры экономики и организации сельского хозяйства, Витебская государственная академия ветеринарной медицины (ВГАВМ) (Беларусь). E-mail: [fid04@yandex.ru](mailto:fid04@yandex.ru).

**Калайдо Александр Витальевич** – старший преподаватель, в.и.о. зав. кафедрой БЖД, охраны труда и гражданской защиты, Луганский университет имени Тараса Шевченко (Украина). Тел.: 8-099-71-77-682. E-mail: [kalaydo1@mail.ru](mailto:kalaydo1@mail.ru).

**Information about authors**

**Oreshkin Mikhail Vilievich** – Doctor of Agricultural Sciences, Senior researcher, Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine (Republic of Belarus). E-mail: [fid04@yandex.ru](mailto:fid04@yandex.ru).

**Kalaydo Alexander Vitalievich** – Senior lecturer of Life safety, labor protection and civil protection department, Lugansk National University Taras Shevchenko name (Ukraine). Phone: 8-099-71-77-682. E-mail: [kalaydo1@mail.ru](mailto:kalaydo1@mail.ru).