

РАДИОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ И ПРОДУКЦИИ РАСТЕНИЕВОДСТВА ЛЕСОСТЕПИ ОМСКОЙ ОБЛАСТИ

I.A. Bobrenko, O.A. Matveichik

RADIOLOGICAL CONDITION OF LANDS OF AGRICULTURAL PURPOSE AND PRODUCTION OF PLANT GROWING OF THE FOREST-STEPPE OF OMSK REGION

Бобренко И.А. – д-р с.-х. наук, проф. каф. агрохимии и почвоведения, проректор по образовательной деятельности Омского государственного аграрного университета им. П.А. Столыпина. E-mail: bobrenko67@mail.ru

Матвейчик О.А. – асп. каф. агрохимии и почвоведения Омского государственного аграрного университета им. П.А. Столыпина. E-mail: matvei4ik_oleg@mail.ru

Bobrenko I.A. – Dr. Agr. Sci., Prof., Chair of Agrochemistry and Soil Science, Vice-Rector of Educational Activity, Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin. E-mail: bobrenko67@mail.ru

Matveichik O.A. – Post-Graduate Student, Chair of Agrochemistry and Soil Science, Omsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin. E-mail: matvei4ik_oleg@mail.ru

На основе радиологического мониторинга в условиях лесостепной зоны Омской области были произведены исследования по определению изменения содержания экотоксикантов в пахотном горизонте почв реперных участков опытных полей. Также была изучена и проанализирована сельскохозяйственная продукция, выращенная на данных почвах реперных участков опытных полей. В основу исследований положен материал 9 лет наблюдений. Они проводились на 2 реперных участках опытных полей: в СП «Лежанский» Горьковского района и СПК «Пушкинский» Омского района Омской области. Было выявлено, что содержание опасных искусственных радионуклидов в пахотном горизонте почв реперных участков опытных полей стабильно и не превышает среднероссийские показатели. Учитывая это, а также, что исследуемая сельскохозяйственная продукция не является загрязненной, было выявлено, что радиологическая обстановка на реперных участках опытных полей благоприятна. Несмотря на благоприятную обстановку в отношении радионуклидов на реперных участках опытных полей и в лесостепной зоне Омской области, необходимость радиологического мониторинга очевидна, так как для принятия своевременных профилактических мер важно располагать системой раннего обнаружения изменений в природных экосистемах и агроландшафтах.

Ключевые слова: мониторинг, обследование, почва, сельскохозяйственная продукция,

реперные участки, опытные поля, экотоксиканты, радионуклиды.

On the basis of radiological monitoring in the forest-steppe zone of Omsk region the studies were made to determine the changes in the content of toxicants in the plow horizon of soil benchmark sites of the experimental fields. Also the agricultural production grown up on these soils of benchmark sites of experimental fields was studied and analyzed. The material of 9 years of supervision was the basis for the researches. They were carried out on 2 benchmark sites of experimental fields: in JV "Lezhansky" of Gorky area and SPK "Pushkin" of Omsk territory of Omsk region. It was revealed that the content of dangerous artificial radionuclides in arable horizon of soils of benchmark sites of experimental fields was steady and did not exceed average Russian indicators. Considering it, and also that the studied agricultural production was not polluted, it was revealed that the radiological situation on the benchmark sites of experimental fields was favorable. Despite a favorable situation concerning radionuclides on the benchmark sites of experimental fields and in the forest-steppe zone of Omsk region, the need of radiological monitoring was obvious as for the acceptance of timely preventive measures it was important to have the system of early detection of changes in natural ecosystems and agricultural landscapes.

Keywords: monitoring, inspection, soil, agricultural production, benchmark sites, experimental fields, ecological toxicants, radionuclides.

Введение. В настоящее время и в перспективе особо остро встаёт проблема экологической безопасности окружающей среды, экологически безопасного природопользования при возрастающих антропогенных нагрузках. Особое место среди основных экотоксикантов – загрязнителей окружающей среды – занимают радиоактивные вещества.

Радиоактивные вещества и их излучение стали одним из важнейших экологических факторов, воздействующих на биоту и представляющих большую потенциальную опасность для человека [10].

В результате интенсивной антропогенной деятельности и загрязнения природной среды радионуклидами могут возникать изменения в сельскохозяйственных угодьях как локального, так и регионального масштабов [1].

Важнейшая проблема сельского хозяйства в условиях загрязнения почвы радиоактивными элементами – это максимально возможное снижение поступления этих веществ в растениеводческую продукцию и предотвращение накопления их в организмах сельскохозяйственных животных. Решение этой задачи связано с комплексом мероприятий, которые необходимо проводить в сельском хозяйстве. Основанием для проведения данных мероприятий является увеличение заболеваемости и смертности, врожденных уродств у населения [10].

Экотоксиканты, двигаясь по цепочке «почва – растение – животное», попадают в организм человека, там накапливаются и оказывают неблагоприятное воздействие на здоровье. В связи с этим повышается роль проведения радиологического мониторинга, который предполагает систему регулярных наблюдений за состоянием агросистемы «почва – растение – вода» при проведении хозяйственной деятельности и техногенном загрязнении.

Данные радиологического мониторинга используются для рационального планирования и проведения оперативного и текущего контроля за радиоактивным загрязнением внешней среды, а также для разработки научно обоснованных методов снижения поступления радионуклидов в корма и продукцию животноводства [4].

Знание оптимальных параметров плодородия и безопасности почв при их длительном сельскохозяйственном использовании учитывается при разработке мероприятий по выявлению и устранению последствий негативных процессов.

Цель исследований. Изучение закономерностей миграции радионуклидов в почвах земель сельскохозяйственного назначения и влияние ионизирующих излучений на продукцию растениеводства лесостепной зоны Омской области.

Объекты и методы. Исследования проводились с 2007 по 2015 г. Объектами являлись почвы земель сельскохозяйственного назначения на опытных полях СПК «Пушкинский» Омского района и СП «Лежанский» Горьковского района Омской области. Также проводился анализ сельскохозяйственной продукции, выращенной на этих почвах.

В ходе исследований проводилось определение изменения содержания искусственного (^{137}Cs , ^{90}Sr) и естественного (^{232}Th , ^{226}Ra и ^{40}K) происхождения радионуклидов в почвенных и растительных образцах.

Выбор мест закладки реперных участков в зоне деятельности проводился с учетом всех природно-сельскохозяйственных и производственно-технологических условий, чтобы максимально характеризовать все многообразие факторов, влияющих на сельскохозяйственное производство [5].

Исследовались почвы: чернозем обыкновенный маломощный малогумусный тяжелосуглинистый на опытном поле СП «Лежанский» Горьковского района и лугово-черноземная среднемогучая среднегумусная тяжелосуглинистая на опытном поле СПК «Пушкинский» Омского района Омской области. Это наиболее распространенные и продуктивные почвы данной зоны, имеющие высокий балл бонитета [6, 7, 11].

При выборе участков для исследований учитывались: рельеф и геоморфология, агроклиматические условия и увлажненность территории, состав сельскохозяйственных угодий, бонитет почвы, наличие техногенных загрязнителей, роза ветров [4].

В основу исследований взят локальный мониторинг на реперных участках, заложенных на землях сельскохозяйственного назначения. В свою очередь, он представляет собой систему наблюдений за состоянием сельскохозяйственных угодий для своевременного выявления и прогнозирования изменений плодородия почвы, качества и количества сельскохозяйственной продукции, предупреждения и устранения негативных процессов, происходящих в окружающей среде под воздействием природных и антропогенных факторов [5].

Обследование почв на реперном участке проводилось ежегодно ранней весной до начала полевых работ. Отбор проводился на глубину пахотного горизонта с помощью тростевого бура БГ-25-15.

При отборе растительных проб в хозяйственных и естественных угодьях учитывались биологические особенности культур, состояние посевов, макро- и микрорельеф местности. Отбор проб растений проводили на тех же участках, что и пробы почвы, перед уборкой урожая – отдельно основную и побочную продукцию [6].

Для получения объединённой пробы растений массой 0,5–1,0 кг натуральной влажности проводился отбор 10 точечных проб. Точечные пробы отбирались с пробных площадок, закладываемых по маршруту отбора проб почвы, с типичным состоянием растений.

Определение удельной радиоактивности почвенных и растительных образцов проводилось с помощью радиометра – спектрометра универсального СКС-99 «Спутник». Установка спектрометрическая СКС-99 «СПУТНИК» МГФК.412154.001 предназначена для спектрометрических, радиометрических и дозиметрических измерений ионизирующих излучений [9].

Результаты исследований. Исследования, полученные после радиологического обследования за 2007–2015 гг., дали возможность проанализировать радиологическую обстановку почв земель сельскохозяйственного назначения на опытных полях СПК «Пушкинский» Омского района и СП «Лежанский» Горьковского района Омской области. Были получены количественные данные содержания естественных и искусственных радионуклидов в почвах (табл. 1).

Таблица 1

Содержание радионуклидов в пахотном горизонте почв реперных участков опытных полей Омской области (2007–2015 гг.), Бк/кг

Год исследования	⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs	⁴⁰ K	²²⁶ Ra	²³² Th
СП «Лежанский» Горьковского района					
2007	2,25	10,3	425	38,0	40,9
2008	2,0	11,8	461	36,4	54,3
2009	2,1	6,9	502	39,4	29,9
2010	3,4	12,2	385	24,7	35,6
2011	2,5	12,4	374	60,2	58,7
2012	2,4	12,8	582	70,0	34,8
2013	2,9	12,2	562	71,7	50,8
2014	2,5	13,3	488	39,3	53,3
2015	2,7	12,7	496	34,6	52,3
Среднее	2,5	11,6	475	46,0	45,6
СПК «Пушкинский» Омского района					
2007	1,77	7,9	471	28,8	44,9
2008	2,4	11,0	498	22,3	46,4
2009	2,4	7,6	402	28,1	27,5
2010	4,1	13,1	515	37,2	41,5
2011	4,1	13,1	529	52,8	56,7
2012	3,0	13,0	520	59,5	41,7
2013	2,3	12,3	548	68,4	40,3
2014	2,3	13,0	487	58,1	38,1
2015	2,8	12,9	568	64,9	42,2
Среднее	2,8	11,5	504	46,7	42,1
Среднее по Омской области	1,2	12,6	388	20,7	24,9
Среднее по России	6,5	22	520	27	30

Основой системы контроля радиационной обстановки в зоне обслуживания подразделений агрохимической службы является проведе-

ние систематических наблюдений на стационарных контрольных и реперных участках локального мониторинга. За большой срок време-

ни проведения данных мероприятий были установлены средние многолетние данные по содержанию радионуклидов в почве как на федеральном, так и на региональном уровне. По этим данным и проводится сравнительный анализ, так как величины ПДК радионуклидов в почве нет [6, 11].

Результаты исследований показали, что содержание опасных искусственных радионуклидов стронция-90 и цезия-137 не превышает контрольные среднероссийские значения. Среднее содержание калия-40 в пахотном горизонте почв составляет: на реперном участке опытного поля СП «Лежанский» Горьковского района – 475 Бк/кг почвы, на реперном участке опытного поля СПК «Пушкинский» Омского района –

504 Бк/кг почвы. Данные показатели не превышают среднероссийские показатели, но превышают средние по Омской области. Это связано с типом почвы и высоким содержанием калия в почве. Содержание радия-226 и тория-232 превышает средний по Омской области и средний по России показатели, но они прочно связаны иллой частью почвы и слабо переходят в растения. Их превышение связано с изначальным присутствием их в почвообразующей породе.

Для более точного определения содержания радиоактивных элементов была изучена характеристика метрового слоя почв реперных участков опытных полей по радиологическим показателям (табл. 2).

Таблица 2

Характеристика метрового слоя почв реперных участков опытных полей Омской области по радиологическим показателям, Бк/кг почвы

Место расположения реперного участка опытного поля	Глубина отбора, см	⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs	⁴⁰ K	²²⁶ Ra	²³² Th
СП «Лежанский» Горьковского района	0-20	2,5	12,4	535	70,6	41,9
	20-40	2,6	13,7	616	52,9	41,8
	40-60	2,7	12,6	558	62,4	60,6
	60-80	2,8	12,6	421	71,2	46,3
	80-100	2,4	12,7	560	71,4	63,2
СПК «Пушкинский» Омского района	0-20	2,4	12,2	692	58,3	39,3
	20-40	2,4	12,4	648	63,8	46,9
	40-60	3,4	12,4	890	63,0	56,3
	60-80	2,4	13,7	739	45,9	51,1
	80-100	2,2	12,9	551	69,9	62,9

Значительная часть радионуклидов находится в почве, как на поверхности, так и в нижних слоях, при этом их миграция во многом зависит от типа почвы, её гранулометрического состава, водно-физических и агрохимических свойств. Миграция искусственных радионуклидов в почвах протекает медленно и занимает десятки и сотни лет, однако перераспределение их по профилю почвы в большей степени происходит в результате сельскохозяйственной деятельности [1].

Удержание радионуклида происходит благодаря высокому содержанию в верхнем слое мелкодисперсных фракций, повышающих сорбционные свойства почвы. Переход по содержа-

нию естественных радионуклидов не постепенный, их количество увеличивается с глубиной, так как происходит вынос радиоактивных элементов из почвообразующих пород грунтовыми водами и перенос их в нижние горизонты почвы.

Накопление радионуклидов сельскохозяйственными растениями во многом зависит от свойства почвы и биологической особенности растений [3].

В ходе исследования растительных проб, отобранных с реперных участков опытных полей, были получены данные о содержании радионуклидов в продукции растениеводства (табл.3).

Таблица 3

Содержание радионуклидов в продукции растениеводства с реперных участков опытных полей Омской области (2007–2015 гг.), Бк/кг почвы

Год исследования	Культура	Продукция	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr
СП «Лежанский» Горьковского района				
2007	Овес	Зерно	5,1	1,5
		Солома	6,2	1,3
2008	Пшеница	Зерно	5,6	2,3
		Солома	6,5	2,7
2009	Овес	Зерно	7,1	2,4
		Солома	6,9	2,0
2010	Кукуруза	Зерно	-	-
		Зеленая масса	12,6	2,9
2011	Овес	Зерно	12,6	2,5
		Солома	12,0	2,4
2012	Овес	Зерно	11,4	2,3
		Солома	11,4	2,3
2013	Яровая пшеница	Зерно	11,8	2,2
		Солома	11,8	2,5
2014	Яровая пшеница	Зерно	11,7	2,2
		Солома	11,9	2,3
2015	Яровая пшеница	Зерно	11,8	2,3
		Солома	12,1	2,4
СПК «Пушкинский» Омского района				
2007	Люцерна	Сено	8,1	1,6
		Зеленая масса	-	-
2008	Люцерна	Сено	-	-
		Зеленая масса	6,7	2,7
2009	Люцерна	Сено	-	-
		Зеленая масса	6,9	2,0
2010	Люцерна	Сено	12,6	2,4
		Зеленая масса	-	-
2011	Люцерна	Сено	-	-
		Зеленая масса	12,2	2,2
2012	Люцерна	Сено	-	-
		Зеленая масса	11,6	2,3
2013	Кукуруза	Зерно	-	-
		Зеленая масса	12,4	2,4
2014	Кукуруза	Зерно	-	-
		Зеленая масса	12,4	2,4
2015	Овес	Зерно	11,8	2,3
		Солома	14,9	2,3
КУ* грубые корма (сено, солома, зеленая масса)			100	600
ПДК товарное зерно			80	140

* – СанПин №13-7-2/216 от 1.12.94 «Контрольные уровни (КУ) содержания радионуклидов ^{134,137}Cs и ⁹⁰Sr в кормах и кормовых добавках, импортируемых и произведённых в России».

Из полученных данных, в культурах, выращенных с реперных участков опытных полей в период 2007–2015 гг., изменялось содержание:

- радиоактивного стронция: 1) в СП «Лежанский» Горьковского района – от 1,3 до 2,9 Бк/кг; 2) в СПК «Пушкинский» Омского района – от 1,6 до 2,7 Бк/кг (ПДК на стронций -90 – от 50 до 140 Бк/кг);

- радиоактивного цезия: 1) в СП «Лежанский» Горьковского района от 5,1 до 12,6 Бк/кг; 2) в СПК «Пушкинский» Омского района – от 6,7 до 14,9 Бк/кг (ПДК на цезий-137 – от 80 до 320 Бк/кг).

Данные показали, что содержание искус-

ственных радионуклидов в полученной сельскохозяйственной продукции не превысило контрольные уровни и ПДК, установленные на них. Используя полученные данные, определили коэффициент накопления искусственных радионуклидов в растениях (табл. 4).

Величина коэффициента накопления позволяет предположить, какое количество радионуклида присутствует в растениях, по его содержанию в почве. Значения коэффициентов накопления для одних и тех же почв изменяются во времени, это существенно влияет на точность, а иногда и на возможность выполнения прогнозных оценок [8].

Таблица 4

Коэффициенты накопления радионуклидов в продукции растениеводства реперных участков опытных полей Омской области (2007–2015 гг.)

Год исследования	Культура	Продукция	Коэффициент накопления	
			¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr
1	2	3	4	5
СП «Лежанский» Горьковского района				
2007	Овес	Зерно	0,50	0,67
		Солома	0,60	0,58
2008	Пшеница	Зерно	0,47	1,15
		Солома	0,55	1,35
2009	Овес	Зерно	1,03	1,14
		Солома	1,00	0,95
2010	Кукуруза	Зерно	-	-
		Зеленая масса	1,03	0,85
2011	Овес	Зерно	1,02	1,00
		Солома	0,97	0,96
2012	Овес	Зерно	0,89	0,96
		Солома	0,89	0,96
2013	Яровая пшеница	Зерно	0,97	0,76
		Солома	0,97	0,86
2014	Яровая пшеница	Зерно	0,88	0,88
		Солома	0,89	0,92
2015	Яровая пшеница	Зерно	0,93	0,85
		Солома	0,95	0,89
СПК «Пушкинский» Омского района				
2007	Люцерна	Сено	1,03	0,90
		Зеленая масса	-	-
2008	Люцерна	Сено	-	-
		Зеленая масса	0,61	1,13
2009	Люцерна	Сено	-	-
		Зеленая масса	0,91	0,83
2010	Люцерна	Сено	0,96	0,59
		Зеленая масса	-	-
2011	Люцерна	Сено	-	-
		Зеленая масса	0,93	0,54

Окончание табл. 4

1	2	3	4	5
2012	Люцерна	Сено	-	-
		Зеленая масса	0,89	0,77
2013	Кукуруза	Зерно	-	-
		Зеленая масса	1,01	1,04
2014	Кукуруза	Зерно	-	-
		Зеленая масса	0,95	1,04
2015	Овес	Зерно	0,91	0,82
		Солома	1,16	0,82

Коэффициент накопления стронция-90 сельскохозяйственными культурами, выращенными на реперных участках опытных полей в 2007–2015 гг., изменяется в пределах:

- с реперного участка № 1 – от 0,58 до 1,15;
- с реперного участка № 2 – от 0,54 до 1,13;
- и для цезия-137:
- с реперного участка № 1 – от 0,47 до 1,03;
- с реперного участка № 2 – от 0,61 до 1,03.

Исходя из градации накопления радионуклидов растениями, мы делаем вывод, что на данных опытных участках в определенные годы происходило слабое накопление ^{90}Sr и ^{137}Cs (Кн от 1,0–10,0). Коэффициент накопления радионуклидов растениями показал, что аккумуляция радионуклидов или отсутствует, или происходит слабо. Следовательно, сельскохозяйственная продукция не является загрязнённой, и ее качество соответствует санитарно-гигиеническим нормам.

Заключение. Проведение многолетнего радиологического мониторинга почв постоянных реперных участков опытных полей лесостепной зоны Омской области дает возможность получить постоянные и объективные данные по их радиологическому состоянию. Полученные результаты после обследования пахотного горизонта реперных участков опытных полей свидетельствуют о благоприятной агроэкологической ситуации в отношении содержания радионуклидов. Отсутствие случаев превышения предельной концентрации и контрольных уровней радионуклидов, а также незначительной аккумуляции их в полученной сельскохозяйственной продукции свидетельствует об удовлетворительной радиационной обстановке.

Литература

1. Анненков Б.Н., Юдинцева Е.В. Основы сельскохозяйственной радиологии. – М.: Агропромиздат, 1991. – 287 с.
2. Красницкий В.М. Агрохимическая и экологическая характеристика почв Западной Сибири. – Омск: Изд-во ОмГАУ, 2002. – 144 с.
3. Красницкий В.М. Радиологическая характеристика почв и растений Омской области// Вестник ОмГАУ. – 2000. – № 1. – С. 19–21.
4. Красницкий В.М., Дубина Н.В. Радиологический мониторинг почвенного покрова степной и лесостепной зон Омской области// Мат-лы V съезда Всерос. общества почвоведов им. В.В. Докучаева. – Ростов-н/Д: ЗАО «Ростиздат», 2008. – С. 47.
5. Методические указания по проведению локального мониторинга на реперных и контрольных участках. – М.: ФГНУ «Росинформатех», 2006. – 76 с.
6. Методические указания по агрохимическому обследованию почв сельскохозяйственных угодий и продукции растениеводства на содержание тяжелых металлов, остаточных количеств пестицидов и радионуклидов. – М.: ЦИНАО, 1982. – 59 с.
7. Мищенко Л.Н. Почвы Омской области и их сельскохозяйственное использование: учеб.пособие. – Омск: Изд-во ОмСХИ, 1991. – 164 с.
8. Пивоваров Ю.П. Радиационная экология: учеб.пособие. – М.: Академия, 2004. – 240 с.
9. Ряполов А.В., Шмидт А.Г., Красницкий В.М. Радиационная характеристика пахотных почв Омской области и система агрохимических мероприятий по ее улучшению// Мат-лы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 125-летию со дня рождения К.П. Горшенина и 100-летию со дня рождения Н.Д. Градобоева (24–25 сентября 2013 г.). – Омск, 2013. – 104 с.

10. Сахаров В.К. Радиоэкология. – М.: Изд-во МИФИ, 2010. – 320 с.
11. Шмидт А.Г., Матвейчик О.А., Красницкий В.М. Экологические проблемы АПК Омской области // Зеленая экономика: риски, выгоды и перспективы с точки зрения устойчивого развития: мат-лы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. III Манякинским чтениям. – Омск, 2014. – С. 419–426.

Literatura

1. Annenkov B.N., Judinceva E.V. Osnovy sel'skhozjajstvennoj radiologii. – М.: Agropromizdat, 1991. – 287 s.
2. Krasnickij V.M. Agrohimičeskaja i jekologičeskaja harakteristika pochv Zapadnoj Sibiri. – Омск: Изд-во ОмГАУ, 2002. – 144 s.
3. Krasnickij V.M. Radiologičeskaja harakteristika pochv i rastenij Omskoj oblasti// Vestnik ОмГАУ. – 2000. – № 1. – С. 19–21.
4. Krasnickij V.M., Dubina N.V. Radiologičeskij monitoring pochvennogo pokrova stepnoj i lesostepnoj zon Omskoj oblasti// Mat-ly V s#ezda Vseros. obshhestva pochvovedov im. V.V. Dokuchaeva. – Rostov-n/D: ZAO «Rostizdat», 2008. – С. 47.
5. Metodičeskie ukazanija po provedeniju lokal'nogo monitoringa na reperyh i kontrol'nyh uchastkah. – М.: FGNU «Rosin-formagroteh», 2006. – 76 s.
6. Metodičeskie ukazanija po agrohimičeskomu obsledovaniju pochv sel'skhozjajstvennyh ugodij i produkcii rastenievodstva na soderzhanie tjazhelyh metallov, ostatočnyh količestv pesticidov i radionuklidov. – М.: CINAО, 1982. – 59 s.
7. Mishhenko L.N. Pochvy Omskoj oblasti i ih sel'skhozjajstvennoe ispol'zovanie: ucheb.posobie. – Омск: Изд-во ОмSHI, 1991. – 164 s.
8. Pivovarov Ju.P. Radiacionnaja jekologija: ucheb.posobie. – М.: Akademija, 2004. – 240 s.
9. Rjapolov A.V., Shmidt A.G., Krasnickij V.M. Radiacionnaja harakteristika pahotnyh pochv Omskoj oblasti i sistema agrohimičeskikh meroprijatij po ee uluchšeniju// Mat-ly Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvjashh. 125-letiju so dnja rozhdenija K.P. Gorshenina i 100-letiju so dnja rozhdenija N.D. Gradoboeva (24–25 sentjabrja 2013 g.). – Омск, 2013. – 104 s.
10. Saharov V.K. Radiojekologija. – М.: Изд-во МИФИ, 2010. – 320 s.
11. Shmidt A.G., Matvejchik O.A., Krasnickij V.M. Jekologičeskie problemy APK Omskoj oblasti // Zelenaja jekonomika: riski, vygody i perspektivy s točki zrenija ustojchivogo razvitija: mat-ly Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvjashh. III Manjajnskimi čtenijami. – Омск, 2014. – С. 419–426.

