

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАДИАЦИИ НА СОСТОЯНИЕ ПОЧВ

С. Г. КОТЧЕНКО, директор,
Государственная станция агрохимической службы «Тюменская»,
(625041, г. Тюмень, Рошинское шоссе, д. 2/10)
Л. Н. СКИПИН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой,
Е. В. ЗАХАРОВА, кандидат биологических наук, доцент,
В. З. БУРЛАЕНКО, аспирант,
Е. В. ГАЕВАЯ, кандидат биологических наук, доцент,
А. О. ОЗНОБИХИНА, аспирант,
Тюменский индустриальный университет
(625000, г. Тюмень, ул. Володарского, д. 38)

Ключевые слова: природные и техногенные радионуклиды, почва, стронций-90, цезий-137, гамма-излучение, удельная эффективная активность.

Техногенные радионуклиды попадают в окружающую среду при испытаниях ядерного оружия, деятельности предприятий ядерно-топливного цикла, а также в результате проведения подземных ядерных взрывов. Через территорию юга Тюменской области прошли заключительные этапы Восточно-Уральского радиоактивного следа (авария на ПО «Маяк», 1957 год). Кроме того, на территории области было осуществлено 8 подземных ядерных взрывов. Тем не менее, данные о радиологических последствиях наземных и подземных испытаний ядерной мощи, крупнейших ядерных аварий на территории Тюменской области остаются ограниченными. Задача исследования проанализировать концентрацию природных и техногенных радионуклидов в почвах административных районов изучаемой территории. В рамках исследования были рассмотрены результаты измерения гамма-фона на контрольных участках административных районов юга Тюменской области. Данные мониторинговых исследований указывали, что естественный гамма-фон на территории изучаемых районов находился в пределах нормы. Анализ активности техногенных радионуклидов стронция-90 и цезия-137 в почвах юга Тюменской области показал, что концентрация элементов находилась на разном уровне. На исследуемых территориях отмечается насыщение серых лесных почв и черноземов в большей степени цезием-137, чем стронцием-90. Содержание цезия-137 в верхнем почвенном горизонте на всех контрольных участках варьировало в диапазоне от 3,4 до 18,1 Бк/кг, значения стронция-90 находились в пределах от 0,8 до 3,4 Бк/кг. С учетом содержания природных радионуклидов в почве была рассчитана удельная эффективная активность ($A_{эфф}$) естественных радионуклидов. Данный показатель за период наблюдений не превышал 117,2 Бк/кг, что указывает на благоприятный естественный геохимический фон на контрольных участках.

STUDY OF RADIATION INFLUENCE ON SOIL STATUS

S. G. KOTCHENKO, director,
State station of agrochemical service "Tumenskaya"
(2/10 Roschinskoye highway, 625041, Tyumen)
L. N. SKIPIN, doctor of agricultural sciences, professor, head of the department,
E. V. ZAKHAROVA, candidate of biological sciences, associate professor,
V. Z. BURLAENKO, post-graduate student,
E. V. GAEVAYA, candidate of biological sciences, associate professor,
A. O. OZNOBIKHINA, post-graduate student,
Tyumen Industrial University
(38 Volodarskogo Str., 625000, Tyumen)

Keywords: natural and man-made radionuclides, soil, strontium-90, cesium-137 gamma radiation, the specific effective activity.

Man-made radionuclides are released into the environment during nuclear weapons tests, the activities of the nuclear fuel cycle, as well as a result of underground nuclear explosions. The final stages of the Eastern Ural Radioactive Trace (accident at "Mayak" in 1957) pass through the territory of the south of the Tyumen region. In addition, in the region 8 of underground nuclear explosions were carried out. However, data on the radiological effects of surface and underground tests of nuclear power, the largest nuclear accident in the territory of the Tyumen region, remain limited. The objective study to analyze the concentration of natural and man-made radionuclides in the soils of the administrative districts of the study area. The study reviewed the results of the measurement of gamma background at the sites of administrative districts of the south of the Tyumen region. These monitoring studies indicate that the natural gamma background on the territory of the studied regions was within the normal range. Analysis of the activity of man-made radionuclides strontium-90 and cesium-137 in soils of the south of the Tyumen region has shown that the concentration of these elements is at different levels. In the study area with marked saturation of gray forest soils and chernozems there is more cesium-137 than strontium-90. Cesium-137 content in the upper soil horizon at all control sites ranged from 3.4 to 18.1 Bq/kg, strontium-90 values ranged from 0.8 to 3.4 Bq/kg. With regard to the content of natural radionuclides in the soil was estimated specific effective activity (A_{eff}) of natural radionuclides. The indicator for the observation period did not exceed 117.2 Bq/kg, which indicates the favorable natural geochemical background in the study of reference sections.

Положительная рецензия представлена Г. Ш. Турсунбековой, доктором сельскохозяйственных наук, профессором кафедры общей биологии Государственного аграрного университета Северного Зауралья.

Радиоактивность имеет как природное, так и антропогенное происхождение. Естественная радиоактивность вызвана распадом ядер в земной коре и космическим излучением. Ее уровни варьируют в географическом разрезе, в зависимости от местных геологических образований [2].

Кроме природной радиоактивности существует радиоактивность, связанная с хозяйственной деятельностью человека. Основным источником антропогенной радиоактивности – выпадения в результате испытаний ядерного оружия в атмосфере, сбросы сточных вод предприятий по переработке ядерного топлива и Чернобыльская авария. Возможно также некоторое локальное загрязнение, связанное с захоронением ядерных отходов, хранением радиоактивных отходов и отработанного ядерного топлива [4, 11].

Радиационная ситуация на территории Тюменской области во многом определяется авариями в 1957 и 1967 годах на ПО «Маяк» в Челябинской области и в 1986 году на Чернобыльской АЭС; эксплуатацией предприятий ядерного топливного цикла и атомной энергетики; глобальным радиоактивным фоном вследствие проводившихся ранее испытаний ядерного оружия [5, 6, 7, 8].

Некоторые авторы отмечают, что при испытаниях около 12 % радиоактивных осадков выпадало вблизи мест их проведения и приблизительно 10 % в полосе вдоль той же широты, на которой располагались испытательные полигоны. Остальные 78 % – это глобальные, преобладающая часть которых отлагалась в том же полушарии, где находились места испытаний [2].

В связи с выше сказанным, учитывая высокую вероятность загрязнения техногенными радионуклидами компонентов природной среды, было проанализировано содержание естественных и техногенных радионуклидов по административным районам юга Тюменской области. Для экологической оценки радиационного состояния исследуемой территории изучены данные гамма-фона на контрольных участках.

Цель и методика исследований. Цель исследований – провести эколого-радиационную оценку почв по административным районам юга Тюменской области.

Оценка радиационного состояния почв юга области была проведена по данным мониторинговых наблюдений ГСАС «Тюменская» и радиологического отдела Тюменской областной ветеринарной лаборатории. Определение мощности дозы гамма-излучения, содержание природных и техногенных радионуклидов в почвах изучаемых территорий проводилось в период стабилизации глобальных выпадений, однако крупнейшие аварии на предприятиях ядерно-топливного цикла отрицательно повлияли на радиационное состояние во многих регионах России.

Результаты исследований. В результате аварий происходит загрязнение радионуклидами почвенного покрова и наземных частей растений. С поверхности почвы радионуклиды перемещаются вглубь ее. Очень медленно происходит вертикальное перемещение в целинных почвах (несколько миллиметров в год). На обрабатываемых сельскохозяйственных почвах радионуклиды распределены, как правило, равномерно в пределах пахотного слоя. В песчаных почвах радионуклиды могут проникать на большую глубину, чем в глинистых. Через корни растений радионуклиды поступают в количестве 0,1–1 %, находящейся в почвенном покрове [2, 4].

Гамма-фон на высоте одного метра от земной поверхности формируется в основном из-за естественного гамма-фона излучения горных пород, приземного воздуха и космического излучения. Данный вид излучения представляет большую опасность для здоровья человека как источник внешнего излучения, поскольку обладает высокой проникающей способностью.

Естественный радиационный фон может значительно отличаться в разных районах планеты. Есть такие места, где уровень естественного гамма-излучения превышает среднемировые показатели более чем в 100 раз [7].

Результаты измерения мощности дозы гамма-излучения в административных районах юга Тюменской области представлены в табл. 1.

Представленные данные свидетельствуют, что средняя величина мощности дозы гамма-излучения по административным районам Тюменской области за годы исследования находилась в пределах 7,4–10,5 мкР/час. Таким образом, гамма-фон во всех изучаемых районах находится в пределах нормы и не превышает 15 мкР/час.

Для определения природного радиационного состояния почвенного покрова был использован показатель удельной эффективной активности естественных радионуклидов ($A_{эфф}$). Показатель удельной эффективной активности естественных радионуклидов ($A_{эфф}$) (ГОСТ 30108–94 «Материалы и изделия строительные»), определяется по формуле

$$A_{эфф} = A_{Ra} + 1,31A_{Th} + 0,085A_K \leq 370Б70Бк$$

где A_{Ra} и A_{Th} - удельные активности ^{226}Ra и ^{232}Th , находящихся в равновесии с остальными членами уранового и ториевого рядов;

A_K – удельная активность К-40 (Бк/кг).

Точечная оценка ряда изучаемых районов по содержанию тория-232, калия-40 и радия-226 показала, что данная территория относится к благополучной при выборе места для проживания и строительных объектов. Так, наибольшее значение удельной эффективной активности природных радионуклидов

Таблица 1
 Мощность дозы гамма-излучения в районах юга Тюменской области, мкР/ч
 Table 1
 Gamma radiation dose power in the southern districts of the Tyumen region, $\mu\text{R}/\text{h}$

Место расположения реперного участка <i>Location of fiducial sector</i>	Годы <i>Years</i>			Среднее значение дозы гамма-излучения <i>Average dose of gamma rays</i>
	2010	2013	2014	
Заводоуковский <i>Zavodoukovskiy</i>	11,2	9,2	9,5	10,0
Исетский <i>Isetskiy</i>	8,2	7,0	6,9	7,4
Нижнетавдинский <i>Nizhnetavdinskiy</i>	9,2	9,2	10,1	9,5
Омутинский <i>Omutinskiy</i>	11,3	11,1	9,0	10,5
Тобольский <i>Tobolskiy</i>	8,7	9,3	9,5	9,2
Тобольский <i>Tobolskiy</i>	10,0	9,4	6,9	8,8
Тюменский <i>Tyumenskiy</i>	8,6	8,9	9,1	8,9
Тюменский <i>Tyumenskiy</i>	8,1	6,2	7,7	7,3
Упоровский <i>Uporovskiy</i>	10,8	9,2	9,2	9,7
Ярковский <i>Yarkovskiy</i>	9,9	9,4	10,0	9,8

Таблица 2
 Удельная эффективная радиоактивность почвы административных районов Тюменской области ($A_{\text{эфф}}$), Бк/кг
 Table 2
 Specific effective radioactivity of the soil in administrative districts of the Tyumen region ($A_{\text{эфф}}$), Bq/kg

Район <i>District</i>	Годы <i>Years</i>			Средняя $A_{\text{эфф}}$ <i>Average $A_{\text{эфф}}$</i>
	2010	2013	2014	
Заводоуковский <i>Zavodoukovskiy</i>	94,6	101,9	91,5	96,0
Исетский <i>Isetskiy</i>	77,2	83,4	82,9	81,2
Нижнетавдинский <i>Nizhnetavdinskiy</i>	102,8	108,3	107,6	106,2
Омутинский <i>Omutinskiy</i>	104,1	124,1	121,7	116,6
Тобольский <i>Tobolskiy</i>	91,5	120,5	106,3	106,1
Тобольский <i>Tobolskiy</i>	105,5	130,1	116,1	117,2
Тюменский <i>Tyumenskiy</i>	91,3	150,4	111,0	102,6
Тюменский <i>Tyumenskiy</i>	63,0	67,5	62,9	64,5
Упоровский <i>Uporovskiy</i>	99,0	110,1	117,7	108,9
Ярковский <i>Yarkovskiy</i>	97,3	109,7	108,3	105,1

в почве исследуемых районов находилось на уровне 117,2 Бк/кг (табл. 2).

Если взять за основу критерии $A_{\text{эфф}}$ для принятия решения об использовании строительных материалов, то данная территория пригодна для проживания и всех видов строительства (до 370 Бк/кг). Такой подход обусловлен тем, что при условии повышен-

ного фона радиации из почвы она может находиться внутри строительного объекта или рядом с внешней стороны. В этом случае ее качественная оценка может приравниваться к строительным материалам.

Таким образом, места обследования распределения естественных радионуклидов в почвах юга области не вызывают отрицательного изменения ради-

Таблица 3
Содержание цезия-137 в почвенном покрове юга Тюменской области, Бк/кг

Table 3
Concentration of caesium-137 in a soil cover of the south of the Tyumen region, Bq/kg

Место расположения реперного участка <i>Location of fiducial sector</i>	Годы <i>Years</i>			Среднее значение <i>Average</i>	Cs/Sr
	2010	2013	2014		
Заводоуковский <i>Zavodoukovskiy</i>	5,4	4,9	4,8	5,0	3,1
Исетский <i>Isetskiy</i>	3,2	1,2	5,7	3,5	2,3
Нижнетавдинский <i>Nizhnetavdinskiy</i>	19,1	18,8	16,4	18,2	8,2
Омутинский <i>Omutinskiy</i>	5,6	2,0	3,6	3,7	1,1
Тобольский <i>Tobolskiy</i>	3,6	6,8	7,1	5,8	2,1
Тобольский <i>Tobolskiy</i>	1,2	5,8	5,6	4,2	5,3
Тюменский <i>Tyumenskiy</i>	9,2	12,3	11,8	11,1	6,9
Тюменский <i>Tyumenskiy</i>	13,9	16,6	6,8	12,4	5,4
Упоровский <i>Uporovskiy</i>	3,4	5,5	4,7	4,5	3,5
Ярковский <i>Yarkovskiy</i>	6,4	9,2	4,7	6,8	3,8
Среднее по зоне деятельности <i>Average acc. to the activity zone</i>	7,1	8,3	7,4	7,5	3,9

ационного фона. Данные колебания в основном связаны с различной первоначальной концентрацией их в горных породах или продуктах выветривания.

К наиболее опасным техногенным радионуклидам относят продукты распада урана – цезий-137 и стронций-90.

Цезий-137 – сравнительно долгоживущий радионуклид с периодом полураспада 30 лет. При распаде испускает бета и гамма-излучение. Изотопы цезия-137 при поступлении в организм хорошо всасываются и равномерно распределяются по органам и тканям. Затем основное его количество задерживается мышечной тканью и депонируется до определенной величины, вызывающей лучевую болезнь [4].

Стронций-90 – это долгоживущий радионуклид, имеющий период полураспада 29 лет, распадающийся с испусканием бета-частиц. Стронций-90 как аналог кальция активно участвует в обменных процессах растений и животных. На величину отложений его в скелете влияет возраст. Введение большого количества стронция-90 в организм человека приводит к развитию острой лучевой болезни [4].

Содержание радионуклида цезия-137 в почвенном покрове юга Тюменской области представлено в табл. 3.

Известно, что стронций-90 и цезий-137 сорбируются почвами по типу обменно-ионного поглощения. Однако поглощенный цезий-137 закрепляется значительно прочнее, чем стронций-90. Более поздние

исследования отечественных и зарубежных авторов указывали, что часть сорбированного цезия-137 фиксируется в почвах безобменно [5].

Результаты радиологических исследований почв административных районов показали, что из представленных техногенных радионуклидов основное накопление происходило по цезию-137. Так, содержание его в слое почвы 0–20 см по всем контрольным участкам в среднем колебалось за годы исследований (2010–2014 гг.) от 3,5 до 18,2 Бк/кг (табл. 3 и 4).

Наибольшее значение цезия-137 в почве наблюдалось в Нижнетавдинском районе, что связано с последствием Восточно-Уральского радиоактивного следа. Также повышенные концентрации техногенных радионуклидов в данном районе могут быть связаны с подземным ядерным взрывом, который был осуществлен в октябре 1967 года около с. Чугунаево. Эпицентр взрыва находился на глубине 172 метра.

В работах Е. В. Захаровой и др. проведены исследования по содержанию техногенных радионуклидов в почвах в районе взрыва «Тавда». Авторы анализируют закономерности горизонтального и вертикального распределения искусственных радионуклидов. Представленные данные указывают, что эколого-радиационное состояние в эпицентре взрыва, учитывая период полураспада радионуклидов, остается повышенной. Так, максимальная концентрация стронция-90 наблюдалась на

Таблица 4
Содержание радионуклида стронция-90 в почвах юга Тюменской области, Бк/кг
Table 4
Content of radionuclide of strontium-90 in soils of the south of the Tyumen region, Bq/kg

Место расположения реперного участка <i>Location of fiducial sector</i>	Годы <i>Years</i>			Среднее значение <i>Average</i>	Sr /Cs
	2010	2013	2014		
Заводоуковский <i>Zavodoukovskiy</i>	1,9	2,7	0,1	1,6	0,3
Исетский <i>Isetskiy</i>	0,9	2,5	1,1	1,5	0,4
Нижнетавдинский <i>Nizhnetavdinskiy</i>	1,0	2,0	3,5	2,2	0,1
Омутинский <i>Omutinskiy</i>	2,2	4,3	3,6	3,4	0,9
Тобольский <i>Tobolskiy</i>	2,9	4,0	1,4	2,8	0,5
Тобольский <i>Tobolskiy</i>	0,8	0,4	1,1	0,8	0,2
Тюменский <i>Tyumenskiy</i>	1,8	2,2	0,8	1,6	0,1
Тюменский <i>Tyumenskiy</i>	1,5	3,6	1,8	2,3	0,2
Упоровский <i>Uporovskiy</i>	1,2	2,6	0,1	1,3	0,3
Ярковский <i>Yarkovskiy</i>	1,4	1,8	2,1	1,8	0,3
Среднее по зоне деятельности <i>Average acc. to the activity zone</i>	1,6	2,6	1,6	1,9	0,3

глубине 10–20 см. в точке отбора «юг-200» и составила 1680 Бк/кг [1, 3, 9, 10].

Среднее количество радиостронция в слое почвы 0–20 см колебалось в пределах 0,8–3,4 Бк/кг. Повышенное накопление техногенных радионуклидов в верхнем слое почвы, очевидно, следует связывать с их выпадением с атмосферными осадками. Фактические значения изучаемых излучателей не превышают ПДК. Однако соотношение Sr/Cs в почвах административных районов юга Тюменской области составляло 0,1–0,9, что, по данным авторов, соответствует Уральскому региону и свидетельствует о более высоком соотношении по сравнению с глобальным содержанием радиоцезия. Последнее ученые связывают как с относительно низкой миграционной способностью цезия-137, так и с дополнительным его поступлением в почвенно-растительный покров в результате деятельности промышленных предприятий ядерно-энергетического комплекса Уральского региона [11].

Повышенное соотношение Cs/Sr на изучаемых участках административных районов – 1,1–6,9 – было характерно для радиоцезия в почве. Силь-

ное закрепление цезия-137 почвами по сравнению со стронцием-90 связано, прежде всего, с прочной сорбируемостью радиоцезия минеральной частью почвы, в частности, высокодисперсными фракциями. При этом цезий-137 не может быть замещен ионами водорода, натрия, кальция, магния или бария, так как эти ионы не входят в кристаллическую решетку трехслойных минералов [6].

Содержание радионуклида стронция-90 в почвах юга Тюменской области представлено в табл. 4.

Выводы. Проанализировав содержание радионуклидов цезия-137 и стронция-90 в почвах Тюменской области, мы сделали вывод о том, что почвенный покров содержит радионуклиды в количествах, не превышающих ПДК, а естественный гамма-фон находится в пределах нормы. Данные результаты не вызывают серьезных опасений в экологической обстановке юга Тюменской области. Удельная эффективная активность ($A_{эфф}$) как комплексный показатель наличия природных радионуклидов (^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K) свидетельствует о благоприятном естественном геохимическом фоне на изучаемых реперных участках.

Литература

- Бурлаенко В. З., Захарова Е. В. Экологическое состояние почв и растительности в эпицентре взрыва «Тавда» // Земля, вода, климат Сибири и арктики в XXI веке: проблемы и решения : мат. междунар. науч.-практ. конф. 2014. С. 209–213.
- Гаевая Е. В., Захарова Е. В., Скипин Л. Н. Биогеохимия элементов в системе почва-растение-животное // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2013. № 11. С. 149–153.

3. Захарова Е. В., Гаевая Е. В., Бурлаенко В. З. Воздействие техногенных радионуклидов на компоненты природной среды юга Тюменской области // Плодородие. 2014. № 6. С. 46–48.
4. Захарова Е. В., Гаевая Е. В., Скипин Л. Н. Экологическая оценка радиационной обстановки автономных округов в следствии влияния Восточно-чернобыльского следа // Агропродовольственная политика России. 2013. № 9. С. 88–92.
5. Кузьмин С. В. и др. Восточно-Уральский радиоактивный след: Свердловская область // Радиационная гигиена. 2012. № 3. С. 48–52.
6. Ужгин Ю. В., Залесов С. В., Крюк В. И. Формирование искусственных насаждений в районе Восточно-Уральского радиоактивного следа // Аграрный вестник Урала. 2012. № 10. С. 44–46.
7. Молчанова И. В. Техногенные радионуклиды в почвах Восточно-Уральского радиоактивного следа и их накопление растениями различных таксономических групп // Радиационная биология. Радиоэкология. 2014. Т. 54. № 1. С. 77–84.
8. Перемыслова Л. М. Радиационно-экологическое состояние 30 км зоны ПО «Маяк» // Тяжелые металлы и радионуклиды в окружающей среде : мат. VII междунар. науч.-практ. конф. 2012. Т. II. С. 249–254.
9. Скипин Л. Н., Захарова Е. В., Бурлаенко В. З. Анализ содержания техногенных радионуклидов в почве исследуемых районов юга Тюменской области // Актуальные проблемы архитектуры, строительства, экологии и энергосбережения в условиях Западной Сибири : мат. междунар. науч.-практ. конф. 2015. С. 274–280.
10. Скипин Л. Н., Захарова Е. В., Бурлаенко В. З. Эколого-радиационный анализ почв юга Тюменской области // Мат. междунар. науч.-практ. конф. мол. исслед. им. Д. И. Менделеева. 2016. С. 218–221.
11. Хусайнов А. Т., Скипин Л. Н., Софронова Л. И. Влияние отходов ураноперерабатывающих предприятий на состояние компонентов экосистем Северного Казахстана : монография. Кокшетау, 2012. 115 с.

References

1. Burlayenko V. Z., Zakharova E. V. An ecological condition of soils and vegetation in explosion epicenter Tavda // Earth, water, climate of Siberia and the Arctic in the 21st century: problems and decisions : proc. of intern. scient. and pract. symp. 2014. P. 209–213.
2. Gayevaya E. V., Zakharova E. V., Skipin L. N. Biogeochemistry of elements in system the soil–plant–animal // Bulletin of the Krasnoyarsk State Agricultural University. 2013. № 11. P. 149–153.
3. Zakharova E. V., Gayevaya E. V., Burlayenko V. Z. Impact of technogenic radionuclides on components of the environment of the South of the Tyumen region // Fertility. 2014. № 6. P. 46–48.
4. Zakharova E. V., Gayevaya E. V., Skipin L. N. An ecological assessment of a radiation situation of autonomous areas in a consequence of influence of the East Chernobyl trace // Agrofood policy of Russia. 2013. № 9. P. 88–92.
5. Kuzmin S. V. et al. East Ural radioactive trace: Sverdlovsk region // Radiation hygiene. 2012. № 3. P. 48–52.
6. Uzhgin Yu. V., Zalesov S. V., Kryuk V. I. Formation of artificial plantings around the East Ural radioactive trace // Agrarian Bulletin of the Urals. 2012. № 10. P. 44–46.
7. Molchanova I. V. Technogenic radionuclides in soils of the East Ural radioactive trace and their accumulation by plants of various taxonomical groups // Radiation biology. Radio ecology. 2014. Vol. 54. № 1. P. 77–84.
8. Peremyslova L. M. Radiation and ecological condition of 30 km of the zone of ON “Mayak” // Heavy metals and radionuclides in the environment : proc. of intern. scient. and pract. symp.. 2012. Vol. II. P. 249–254.
9. Skipin L. N., Zakharov E. V., Burlayenko V. Z. The analysis of content of technogenic radionuclides in the soil of the explored regions of the South of the Tyumen region // Urgent problems of architecture, construction, ecology and energy saving in the conditions of Western Siberia : proc. of intern. scient. and pract. symp. 2015. P. 274–280.
10. Skipin L. N., Zakharov E. V., Burlayenko V. Z. Ecological and radiation analysis of soils of the South of the Tyumen region // Proc. of intern. scient. and pract. symp. of young scientists of D. I. Mendeleev. 2016. P. 218–221.
11. Khusainov A. T., Skipin L. N., Sofronova L. I. Influence of waste of the uranium-processing enterprises on a condition of components of ecosystems of Northern Kazakhstan : monograph. Kokshetau, 2012. 115 p.