

Леонид Николаевич СКИПИН¹
Елена Викторовна ЗАХАРОВА²
Василя Зиннуровна БУРЛАЕНКО³

УДК 574

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВ В ЭПИЦЕНТРЕ ПОДЗЕМНОГО ЯДЕРНОГО ВЗРЫВА «ТАВДА»

¹ доктор сельскохозяйственных наук,
профессор кафедры техносферной безопасности,
Тюменский архитектурно-строительный университет
bgd@tgasu.ru

² кандидат биологических наук,
доцент кафедры техносферной безопасности,
Тюменский архитектурно-строительный университет
elena72.78@mail.ru

³ аспирант кафедры техносферной безопасности,
Тюменский архитектурно-строительный университет
burlaenko@yandex.ru

Аннотация

Одними из источников радиоактивного загрязнения компонентов окружающей среды являются подземные ядерные взрывы, которые проводились в «мирных» целях во второй половине XX века.

Основным источником поступления радионуклидов в наземные пищевые цепи является почва. В результате подземных взрывов радионуклиды попадают в почву, включаются в биогеохимические циклы миграции и становятся новыми компонентами почвы.

Авторами проведены исследования по содержанию техногенных радионуклидов в почве в районе подземного ядерного взрыва «Тавда». Представлен анализ загрязнения техногенных радионуклидов по сторонам света на расстоянии 100, 200, 300, 400 и 500

Цитирование: Скипин Л. Н. Экологическое состояние почв в эпицентре подземного ядерного взрыва «Тавда» // Л. Н. Скипин, Е. В. Захарова, В. З. Бурлаенко // Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование. 2016. Том 2. № 1. С. 20-29. DOI: 10.21684/2411-7927-2016-2-1-20-29

метров от эпицентра взрыва, также рассмотрены закономерности вертикального распространения техногенных радионуклидов стронция-90 и цезия-137.

Полученные данные говорят о том, что радиационная обстановка в эпицентре взрыва, учитывая период полураспада радионуклидов, остается повышенной.

Ключевые слова

Радионуклиды, стронций-90, цезий-137, загрязнение, почва.

DOI: 10.21684/2411-7927-2016-2-1-20-29

Радиоактивное загрязнение биосферы техногенными радионуклидами является одним из важнейших видов воздействия человека в результате его производственной деятельности в современных условиях, при котором происходит превышение содержания в окружающей среде радиоактивных веществ.

Искусственные радионуклиды попадают в окружающую среду при испытаниях ядерного оружия, деятельности предприятий ядерно-топливного цикла, а также в результате проведения взрывов в мирных целях [9]. Накопление радионуклидов различными компонентами окружающей среды в районах испытания боевого ядерного оружия и последствия загрязнения радиоактивными веществами исследуются многими отечественными учеными: С. Н. Лукашенко и Н. В. Ларионовой [5; 6], А. В. Панацким и С. Н. Лукашенко [7], Ю. Г. Сыч и Л. В. Дубинко [11], Г. А. Клевезаль [4].

Данные о радиологических последствиях деятельности предприятий ядерно-топливного цикла и аварийных ситуаций на них также вызывают интерес у современных исследователей и встречаются в работах В. К. Иванова и др. [3], Е. В. Гаевой [2], Л. М. Перемысловой [8]. Крупнейшая в мировой ядерной энергетике авария на Чернобыльской атомной электростанции, которая привела к выбросу в окружающую среду радиоактивных веществ общей активностью в десятки миллионов Кюри. Все компоненты окружающей среды оказались в зоне риска.

В работах Е. В. Гаевой и др. был представлен анализ радиационного загрязнения ягеля, мышечной и костной ткани северных оленей по содержанию стронция-90 и цезия-137 в Ханты-Мансийском и Ямало-Ненецком автономных округах [8].

Исследования, проведенные в местах «мирных» ядерных взрывов, не так часто встречаются в научных работах, в то время как по данным В. Д. Старкова на территории бывшего СССР было осуществлено 124 подземных ядерных взрывов, из которых 80 взрывов проведены в Российской Федерации [19; 10].

Только на территории Тюменской области было осуществлено 8 взрывов в мирных целях [12], одним, из которых был взрыв под кодовым названием «Тавда» на юге области около села Чугунаево Нижне-Тавдинского района в октябре 1967 года на глубине 172 м. с целью создания подземного резервуара [10].

Взрыв был камуфлетным, т. е. без выброса радиоактивных веществ в атмосферу. При высоких температурах в момент осуществления ядерного взрыва

происходит оплавление породы, в результате чего образуется полость, которую можно использовать как резервуар для закачки газоконденсата, или для хранения промышленных отходов.

Под действием перепада температур и деятельности подземных вод герметичность резервуара может быть нарушена, что приведет к стихийной миграции техногенных радионуклидов и загрязнению окружающей среды. В связи с этим возникает необходимость изучения влияния взрыва «Тавда» на прилегающие компоненты природной среды.

При рассмотрении данной проблемы в рамках исследования радиационного загрязнения был проведен отбор проб почвы как в районе эпицентра взрыва, так и на отдаленных территориях. Пробы отбирались в эпицентре взрыва (70 км северо-восточнее города Тюмени), а также по сторонам света на расстоянии 100, 200, 300, 400 и 500 метров от центральной скважины

Почвы отбирались послойно в эпицентре взрыва и в восточном направлении на глубине 0-10, 10-20, 20-40, ..., 180-200 см в южном, западном и северном направлениях в тех же послойных глубинах до 100 см в соответствии с ГОСТ 28168-89 «Почвы. Отбор почв» [1].

Данные о содержании техногенных радионуклидов в отобранных образцах были получены согласно проведенным спектрометрическим исследованиям в лаборатории «Радиационного контроля» ТюмГАСУ на гамма и бета спектрометрах спектрометрического комплекса «Прогресс 2000» в нативном материале.

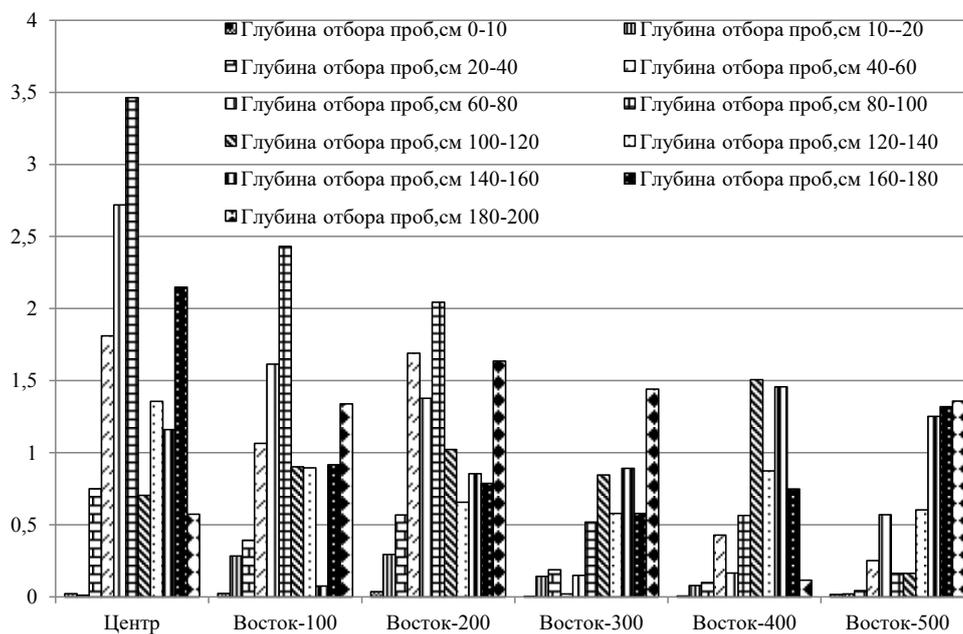


Рис. 1. Плотность выпадений стронция-90 на почву в Нижне-Тавдинском районе (эпицентр взрыва и восточное направление), Ки/км²

По результатам активности техногенных радионуклидов стронция-90 и цезия-137 плотность выпадения на почву данных элементов представлена в диаграммах на рисунках 1-4 и отражена в Ки/км², что показывает пересчет полученной концентрации в Бк/кг на площадь загрязненной территории.

Анализируя результаты полученных данных, представленных на рисунке 1, видно, что активность стронция-90 в эпицентре взрыва имела наибольшие значения в слое на глубине отбора 80-100 см, и его концентрация составила 3,4 Ки/ км². В восточном направлении от эпицентра взрыва на расстоянии 100-200 см на этой же глубине также наблюдались высокие значения концентраций.

Так, по полученным данным видно, что миграция стронция-90 в отобранных образцах от центра в восточном направлении в поверхностном слое имеет меньшую концентрацию загрязнения, в отличие от глубь лежащих слоев в которых данные значения варьируют от 1,5 до 3,4 Ки/км².

Динамика радиоактивного загрязнения стронция-90, представленная на рисунке 2, показывает, что повышенные значения плотности выпадения данного элемента в большей степени фиксируется на глубине 80-100 см, где максимальные значения находились в диапазоне от 0,4 до 2,95 Ки/км²; чуть ниже данные значения были отмечены в слое от 60 до 80 см, и концентрация данного элемента составляла от 0,2 до 2,2 Ки/км². В верхних слоях данные значения имели наименьшие показатели, следовательно уровень загрязнения горизонтального слоя был минимальным.

При анализе концентрации стронция-90 в почве исследуемых районов максимальное значение было отмечено в точке юг 200, где в слое 20-40 см данное

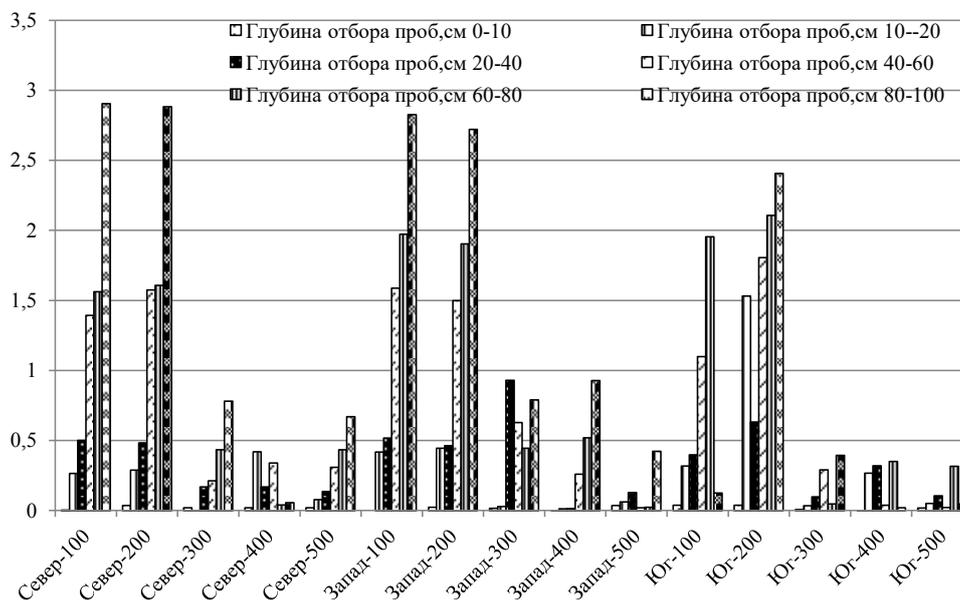


Рис. 2. Плотность выпадений стронция-90 на почву в Нижне-Тавдинском районе (южное, северное и западное направление), Ки/км²

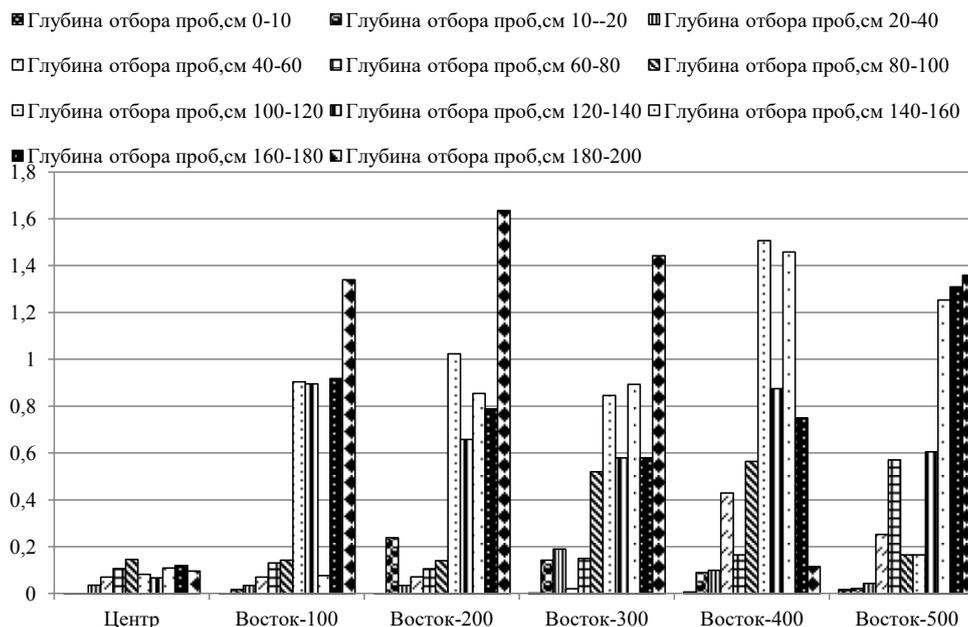


Рис. 3. Плотность выпадений цезия-137 на почву в Нижне-Тавдинском районе (эпицентр взрыва и восточное направление), Ки/км²

значение составило 1680 Бк/кг. В центре взрыва концентрации данного элемента варьировались в диапазоне от 437,2 и 544 Бк/кг в верхнем слое и до 46,7 Бк/кг в слое 180-200 см.

Рассматривая плотность выпадения цезия-137, представленную на рисунке 3, видно, что максимальный уровень распределения данного элемента от эпицентра взрыва наблюдался в восточном направлении, начиная со слоя 100-120 см и заканчивая слоем 180-200 см. Из данного графика прослеживается стабильность распространения цезия-137, где данные значения варьируются от 0,9 до 1,3 Ки/км² в точке восток-100 и от 0,2 до 1,3 Ки/км² в точке восток-500. Максимальный пик активности был отмечен в точке восток-200 на глубине 180-200 см, и данное значение составило 1,7 Ки/км² по плотности загрязнения цезием-137.

При анализе плотности выпадения цезия-137 в других исследуемых точках отбора, представленных на рисунке 4, также прослеживается плавный переход данного элемента в глубь лежащих слоев. Данные значения в исследуемых образцах почвы составляли от 0 до 0,23 Ки/км², и только в пробе запад-400 на глубине 60-80 см был отмечен пик концентрации, где данное значение составило 0,72 Ки/км².

В целом, рассматривая данные значения, видно, что взрыв «Тавда» был подземным, и максимальная концентрация техногенных радионуклидов по-прежнему сконцентрирована в большей степени в глубь лежащих слоях почвы,

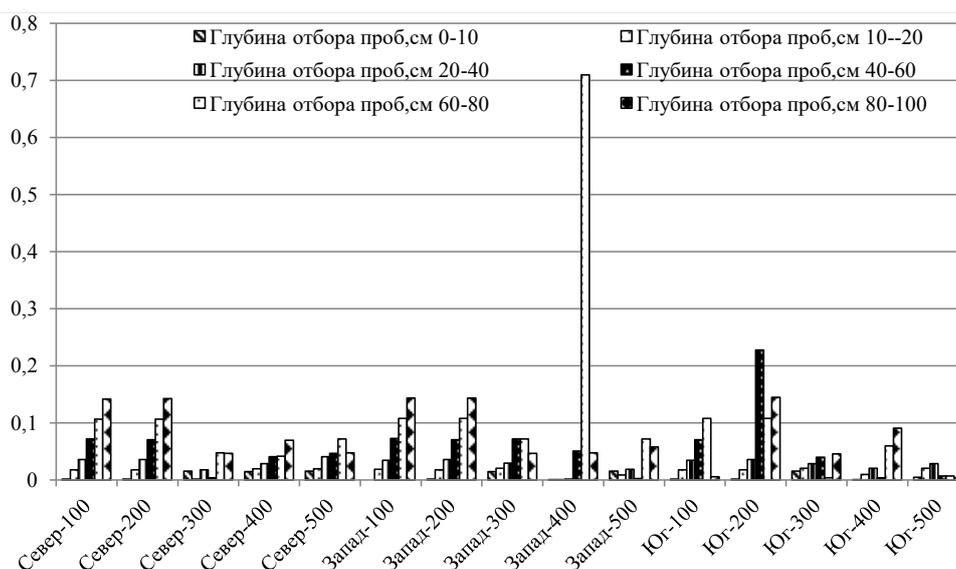


Рис. 4. Плотность выпадений цезия-137 на почву в Нижне-Тавдинском районе (южное, северное и западное направление), Ки/км²

а уровень мощности взрыва распределил техногенные радионуклиды по всем сторонам в зависимости от удаленности от эпицентра взрыва.

Рассматривая уровень активности цезия-137 в полученных концентрациях, видно, что активность в центре взрыва на глубине 0-10 см имела максимальные значения 97 Бк/кг, а на глубине 180-200 см данные концентрации заметно снизились и составили 11,3 Бк/кг. Аналогично снижение концентрации было отмечено в точке север-300 от 156,8 до 12 Бк/кг в слое 100 см, и от 99,5 до 11,4 Бк/кг на западе-300. В точке юг-300 данные значения составили от 174 Бк/кг, а в дальнейшем сократились до 16,1 Бк/кг. В точке восток-300 диапазон значений варьировался от 212 до 12,2 Бк/кг в слое 180-200 см.

Из полученных значений прослеживается территория максимального загрязнения, которая сконцентрирована на расстоянии 300 м от эпицентра взрыва.

Анализируя содержание техногенных радионуклидов по плотности выпадений на почву, видно, что концентрация стронция-90 значительно отличается от содержания цезия-137 в почве и в некоторых точках отбора превышает его в 1,5-2 раза.

В целом, рассмотрев динамику загрязнения почвы техногенными радионуклидами в районе взрыва «Тавда», видно, что данные элементы до сих пор имеют высокие значения и нуждаются в постоянном периодическом наблюдении с целью предотвращения выхода радионуклидов на поверхность в максимальных концентрациях из глубь лежащих слоев почвы и дальнейшего загрязнения других компонентов природной среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 28168-98. «Почвы. Отбор почв»
2. Захарова Е. В. Экологическая оценка радиационной обстановки автономных округов в следствии влияния Восточно-Чернобыльского следа / Е. В. Захарова, Е. В. Гаевая, Л. Н. Скипин // Агропродовольственная политика России. 2013. № 9. С 88-92.
3. Иванов В. К. Уроки Чернобыля и Фукусима: прогноз радиологических последствий / В. К. Иванов, В. В. Кашеев, С. Ю. Чекин, А. М. Корело, А. Н. Меняйло, М. А. Максютков, А. И. Горский, К. А. Туманов, Е. А. Пряхин // Радиация и риск. 2011. Том 20. № 3.
4. Клевезаль Г. А. Исследование истории жизни особей и структуры популяций млекопитающих и рептилий на основе анализа регистрирующих структур организма / Г. А. Клевезаль // отчет о НИР/НИОКР № 96-04-48734. 1998.
5. Ларионова Н. В. Параметры накопления радионуклидов растениями в местах испытания боевых радиоактивных веществ на территории бывшего Семипалатинского полигона / Н. В. Ларионова, С. Н. Лукашенко, Н. И. Санжарова // Радиация и риск. 2013. Том 22. № 4.
6. Ларионова Н. В. Поступление радионуклидов из почвы в растение в зоне радиоактивных выпадений на территории бывшего Семипалатинского полигона / Н. В. Ларионова, С. Н. Лукашенко // Радиация и риск. 2013. Том 22. № 3.
7. Панацкий А. В. Характер перераспределения радионуклидов в системе вода-почва в экосистемах, сопряженных с радиоактивно-загрязненными водотоками из штолен, на испытательной площадке «Дегелен» Семипалатинского испытательного полигона / А. В. Панацкий, С. Н. Лукашенко // Радиация и риск. 2013. Том 22. № 4.
8. Перемыслова Л. М. Радиационно-экологическое состояние 30 км зоны ПО «МАЯК» / Л. М. Перемыслова, И. Я. Попова, В. А. Костюченко, Н. Н. Казаченок // Тяжелые металлы и радионуклиды в окружающей среде. Материалы VII Международной научно-практической конференции. 2012. Том II. 713 с.
9. Сапожников Ю. А. Радиоактивность окружающей среды. Теория и практика / Ю. А. Сапожников, Р. А. Алиев, С. Н. Калмыков. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. 286 с.
10. Старков В. Д. Радиационная экология / В. Д. Старков, В. И. Мигунов. Тюмень: ОАО «Тюменский дом печати», 2007. 400 с.
11. Сыч Ю. Г. Радиоэкологическая обстановка на архипелаге Новая Земля / Ю. Г. Сыч, Л. В. Дубинко // Арктика: Экология и экономика. 2012. 1(5). С. 48-59.
12. Яблоков А. В. Миф о безопасности и эффективности мирных подземных ядерных взрывов / А. В. Яблоков. Москва, 2003.

Leonid N. SKIPIN¹
Yelena V. ZAKHAROVA²
Vasilia Z. BURLAENKO³

THE ENVIRONMENTAL STATE OF SOILS IN THE EPICENTRE OF THE UNDERGROUND NUCLEAR EXPLOSION “TAVDA”

¹ Dr. Sci. (Agricult.), Professor,
Department of Technosphere Safety,
Tyumen State University of Architecture and Civil Engineering
bgd@tgasu.ru

² Cand. Sci. (Biol.), Associate Professor,
Department of Technosphere Safety,
Tyumen State University of Architecture and Civil Engineering
elena72.78@mail.ru

³ Post-Graduate Student,
Department of Technosphere Safety,
Tyumen State University of Architecture and Civil Engineering
burlaenko@yandex.ru

Abstract

One of the sources of environment components radioactive contamination is underground nuclear explosions that were conducted for “peaceful” purposes in the second half of the XX century.

The main source of radionuclides intake into surface food chains is soil. As a result of underground explosions, radionuclides infiltrate soil, enter biogeochemical migration cycles, and become new soil components.

The authors of the article have carried out a research of the content of the technogenic radionuclides in the soil of the underground nuclear explosion called area “Tavda”. The authors have presented the analysis of the technogenic radionuclides contamination according to compass points within the distance of 100, 200, 300, 400 and 500 meters from the epicentre of the explosion, patterns of vertical distribution of strontium-90 and cesium-137 are also considered.

Citation: Skipin, L. N., Ye. V. Zakharova, and V. Z. Burlaenko. 2016. “The Environmental State of Soils in the Epicentre of the Underground Nuclear Explosion ‘Tavda’”. Tyumen State University Herald. Natural Resource Use and Ecology, vol. 2, no. 1, pp. 20-29.
DOI: 10.21684/2411-7927-2016-2-1-20-29

The obtained data, taking into account radionuclides half-life, show that the radioactive situation in the epicentre of the explosion remains high.

Keywords

Radionuclides, strontium-90, cesium-137, contamination, soil.

DOI: 10.21684/2411-7927-2016-2-1-20-29

REFERENCES

1. GOST 28168-98. "Pochvy. Otkor pochv" ["Soils. Soil Selection"].
2. Ivanov, V. K., V. V. Kascheev, S. Yu. Chekin, A. M. Korelo, A. N. Menyaylo, M. A. Maksyutov, A. I. Gorskiy, K. A. Tumanov, and Ye. A. Pryahin. 2011. "Uroki Chernobylya i Fukusima: prognoz radiologicheskikh posledstviy" [The lesson of Chernobyl and Fukushima: Forecast of radiological consequences]. *Radiatsiya i risk [Radiation and Risk]*, vol. 20, no. 3.
3. Klevezal, G. A. 1998. "Issledovanie istorii zhizni osobey i struktury populyatsiy mlekopitayuschih i reptily na osnove analiza registriruyuschih struktur organizma" [The Study of Animal Units Life Cycles and Mammals and Reptiles Population Structure on the Basis of the Registering Body Structures Analysis]. *Otchet o NIR/NIOKR No. 96-04-48734 [Research Report No. 96-04-48734]*.
4. Larionova, N. V., and S. N. Lukashenko. 2013. "Postuplenie radionuklidov iz pochvy v rastenie v zone radioaktivnykh vypadeniy na territorii byvshego Semipalatinskogo poligona" [Radionuclides Intake from Soil into the Plant in the Zone of Radioactive Fallout on the Territory of the Former Semipalatinsk Testing Area]. *Radiatsiya i risk [Radiation and Risk]*, vol. 22, no. 3.
5. Larionova, N. V., S. N. Lukashenko, and N. I. Sanzhariva. 2013. "Parametry nakopleniya radionuklidov rasteniyami v mestah ispytaniya boevykh radioaktivnykh veschestv na territorii byvshego Semipalatinskogo poligona" [Parameters of Radionuclide Accumulation in Plants on the Radioactive Warfare Agents Test Sites on the Territory of the Former Semipalatinsk Testing Area]. *Radiatsiya i risk [Radiation and Risk]*, vol. 22, no. 4.
6. Panatsky, A. V., and S. N. Lukashenko. 2013. "Kharakter pereraspredeleniya radionuklidov v sisteme voda-pochva v ekosistemah, sopryazhennykh s radioaktivno-zagryaznennymi vodotokami iz shtolen, na ispytatelnoy ploschadke 'Degelen' Semipalatinskogo ispytatelnogo poligona" [The Nature of Radionuclides Redistribution in the Water-Soil System in the Ecosystems Associated with Radioactively-Contaminated Waterways from Tunnels on the Test Site "Delegen" of the Semipalatinsk Testing Area]. *Radiatsiya i risk [Radiation and Risk]*, vol. 22, no. 4.
7. Peremyslova, L. M., I. Ya. Popova, V. A. Kostyuchenko, and N. N. Kazachyonok. 2012. "Radiatsionno-ekologicheskoe sostoyanie 30 km zony PO 'Mayak'" [Radiation-Environmental Status of the 30 km Zone of the Production Enterprise "Mayak"]. *Tyazhelye metally i radionuklidy v okruzhajuschey srede. Materialy VII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii [Heavy Metals and Radionuclides in the Environment. Proceedings of the VII International Scientific-Practical Conference]*, vol. II.

8. Sapozhnikov, Yu. A., R. A. Aliev, and S. N. Kalmykov. 2006. Radioaktivnost okruzhajushey sredy. Teoriya i praktika [Environment Radioactivity. Theory and Practice]. Moscow: BINOM. Laboratoriya znaniy [Knowledge Laboratory].
9. Starkov, V. D., V. I. Migunov. 2007. Radiatsionnaya ekologiya [Radiation Ecology]. Tyumen: OAO "Tyumenskiy dom pečati" [JSC "Tyumen Publishing House"].
10. Sych, Yu. G., and L. V. Dubinko. 2012. "Radioekologicheskaya obstanovka na arhipelage Novaya Zemlya" [Radioecological Situation in the Novaya Zemlya Archipelago]. Arktika: Ekologiya i ekonomika [The Arctic: Ecology and Economy], no. 1(5), pp. 48-59.
11. Yablokov, A. V. 2003. Mif o bezopasnosti i effektivnosti mirnyh podzemnyh yadernykh vzryvov [The Myth of the Safety and Efficiency of Peaceful Underground Nuclear Explosions]. Moscow.
12. Zakharova, Ye. V., Ye. V. Gaevaya, and L. N. Skipin. 2013. "Ekologicheskaya otsenka radiatsionnoy obstanovki avtonomnykh okrugov v sledstvii vliyaniya Vostochno-Chernobyl'skogo sleda" [Environmental Assessment of the Autonomous Regions Radiation Situation as a Consequence of the East Chernobyl Trace Influence]. Agroprodovolstvennaya politika Rossii [Agrofood Policy of Russia], no 9, pp. 88-92.