

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2018

УДК 631.438

Финк А.Д.¹, Шаяхметов М.Р.¹, Красницкий В.М.², Шмидт А.Г.², Макенова С.К.¹, Абакумов Е.В.³, Сулейманов Р.Р.^{4,5}, Адельмурзина И.Ф.⁵**РАДИОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА КАК ВАЖНЕЙШИЙ КРИТЕРИЙ ОЦЕНКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**¹ФГБОУ ВО «Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина», 644008, Омск;²ФГБУ «Центр агрохимической службы «Омский», 644012, Омск;³ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет», 199034, Санкт-Петербург;⁴ФГБУН «Уфимский Институт биологии РАН», 450054, Уфа;⁵ФГБОУ ВО «Башкирский государственный университет», 450076, Уфа

Одна из важнейших проблем сельского хозяйства в условиях загрязнения почвы радиоактивными элементами – максимально возможное снижение поступления этих веществ в растениеводческую продукцию и предотвращение их накопления в организмах сельскохозяйственных животных. В связи с этим огромное место в настоящее время занимает проблема внедрения новых технологий и методик не только в сфере агрохимического обследования земель, но и в агропромышленном комплексе в целом. В этой статье приведены экспериментальные данные о концентрации радионуклидов ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr, ²³²Th, ²²⁶Ra, ⁴⁰K в почвах СПК «Дружба» Горьковского района Омской области. Обследование проводилось в 2016 г. на базе ФГБУ ЦАС «Омский». Показано, что содержание ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr не превышает фоновые показатели, отмечается некоторое увеличение ⁴⁰K, ²³²Th и ²²⁶Ra, что связано с использованием калийных удобрений и составом почвообразующих пород.

Ключевые слова: радиологический мониторинг; почвенный покров; радионуклиды.

Для цитирования: Финк А.Д., Шаяхметов М.Р., Красницкий В.М., Шмидт А.Г., Макенова С.К., Абакумов Е.В., Сулейманов Р.Р., Адельмурзина И.Ф. Радиологическое состояние почвенного покрова как важнейший критерий оценки загрязнения окружающей среды. *Гигиена и санитария*. 2018; 97(2): 113-116. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-2-113-116>

Для корреспонденции: Шаяхметов Марат Рахимбердыевич, канд. биол. наук, доцент кафедры агрохимии и почвоведения ФГБОУ ВО Омский ГАУ, РФ. E-mail: schayakhmetov.marat@yandex.ru

Fink A.D.¹, Shayakhmetov M.R.¹, Krasnitskiy V.M.², Shmidt A.G.², Makenova S.K.¹, Abakumov E.V.³, Suleimanov R.R.^{3,4}, Adelmurзина I.F.⁵

THE RADIOLOGICAL STATE OF THE SOIL COVER AS THE MOST IMPORTANT CRITERIA FOR THE ESTIMATION OF THE ENVIRONMENT POLLUTION¹Omsk State Agrarian University, Omsk, 644008, Russian Federation;²Center for Agrochemical Service «Omskiy», Omsk, 644012, Russian Federation;³Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, 199034, Russian Federation;⁴Ufa Institute of Biology of RAS, 450054, Ufa, Russian Federation⁵Bashkir State University, Ufa, 450076, Russian Federation

One of the most important problems of agriculture under conditions of the soil contamination with radioactive elements is the maximum possible decrease in the supply of these substances to crop production and prevention of their accumulation in the organisms of farm animals. In connection with this, now we have a problem of introducing new technologies and techniques not only in the agrochemical survey of lands but also in the agro-industrial complex as a whole. This article presents experimental data on the concentration of radionuclides ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr, ²³²Th, ²²⁶Ra, and ⁴⁰K in the soils of agricultural enterprise «Druzha» in the Gorky District of the Omsk Region. The survey was conducted in 2016 on the basis of the Center for Agrochemical Service «Omskiy». The content of ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr was shown not to exceed background indices, whereas the use of potassium fertilizers and the composition of soil-forming rocks gives rise in the increase in the content of such radionuclides as ⁴⁰K, ²³²Th and ²²⁶Ra.

Key words: radiological monitoring; soil cover; radionuclides

For citation: Fink A.D., Shayakhmetov M.R., Krasnitskiy V.M., Shmidt A.G., Makenova S.K., Abakumov E.V., Suleimanov R.R., Adelmurзина I.F. The radiological state of the soil cover as the most important criteria for the estimation of the environment pollution. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)* 2018; 97(2): 113-116. (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-2-113-116>

For correspondence: Marat R. Shayakhmetov, MD, Ph.D., associate professor of the Chair of Agrochemistry and Soil Science of the Omsk State Agrarian University, Omsk, 644008, Russian Federation. E-mail: schayakhmetov.marat@yandex.ru

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgment. The study had no sponsorship.

Received: 15 February 2017

Accepted: 05 July 2017

Введение

В условиях усиливающихся антропогенных нагрузок, увеличения числа техногенных катастроф, оказывающих мощное негативное влияние на окружающую среду, в том числе и на почвенный покров, приводящих к загрязнению окружающей среды различными токсичными элементами, остро встает проблема получения экологически безопасной сель-

скохозяйственной продукции [1]. До недавнего времени в качестве важнейших загрязняющих веществ рассматривались, главным образом, пыль, угарный и углекислый газы, оксиды серы и азота, углеводороды, тяжёлые металлы. В то же время радионуклиды не рассматривались как источник загрязнения. На текущий момент интерес к загрязнению радиоактивными веществами значительно вырос в связи с техногенными авариями на атомных электростанциях, утечками при захороне-

Рис. 1. Содержание ^{90}Sr (стронция) в почвах.Рис. 2. Содержание ^{137}Cs (цезия) в почвах.

нии радионуклидов и повышенным содержанием в биосфере концентраций ^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{232}Th , ^{226}Ra , ^{40}K [2; 3; 4; 5]. Проблема радиоактивного загрязнения среды и воздействия радиации на флору, фауну, человека и агроэкосистемы в целом будет актуальна еще много лет [6, 7, 8; 9]. Почвенно-растительный покров является первым звеном, из которого радионуклиды, поступившие на земную поверхность, включаются в цепочки накопления и пространственно-временное перераспределение. В цепочке «почва – растение – животное» радионуклиды имеют свойство накапливаться [10, 11, 12]. Следовательно, при попадании в организм человека радионуклиды оказывают неблагоприятное воздействие на его здоровье. Отсюда следует, что проведение радиологического контроля является необходимым при решении проблемы изучения аккумуляции и распределения радионуклидов как одной из биохимических функций почвенно-растительного покрова [13].

В связи с вышесказанным, целью данной работы является оценка содержания радионуклидов в почвенном покрове земель сельскохозяйственного назначения СПК «Дружба» Горьковского района Омской области.

В физико-географическом отношении изучаемая территория представляет собой Омь-Иртышское равнинное междуречье. В ходе исследований определялась активность ^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{232}Th , ^{226}Ra и ^{40}K в почвенных образцах.

Материал и методы

Радиологическое обследование сельскохозяйственных угодий проводилось одновременно с агрохимическим и эколого-токсикологическим обследованиями. Определение удельной активности радионуклидов в почвенных и растительных образцах выполнялось с помощью радиометра-спектрометра универсального СКС-99 «Спутник». Для радиологического исследования в соответствии с почвенными разновидностями были составлены смешанные пробы с 900 элементарными участками [14; 15, 16, 17]. Была получена 21 смешанная проба по 1000 г. Почвенные образцы отбирались на чернозёме обыкновенном среднемощном среднегумусовом тяжёлосуглинистом. Активность каждой пробы на гамма- и бетта-трактах измерялась в четырех повторностях, после чего выводилось среднее значение активности радионуклидов.

Радиологическое обследование территории было проведено в соответствии с законами: «О государственном регулировании обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения (с изменениями на 5 апреля 2016 года) (редакция, действующая с 1 июля 2016 года)»; «Об охране окружающей среды (с изменениями на 28 декабря 2016

года) (редакция, действующая с 1 марта 2017 года)»; Федеральный закон от 9 января 1996 г. № 3-ФЗ «О радиационной безопасности населения»; «Федеральный закон от 30 марта 1999 г. № 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения»; СП 2.6.1.758-99 «Нормы радиационной безопасности (НРБ-99)»; СП 2.6.1.799-99 «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99)» [18, 19].

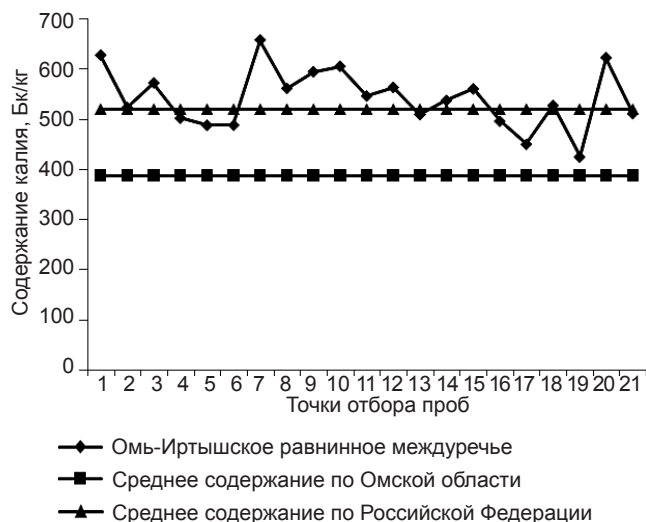
Результаты и обсуждение

В результате радиологического обследования земель СПК «Дружба» Горьковского района Омской области была получена информация о сложившейся радиологической обстановке, а именно о естественных и искусственных радионуклидах в почвах данного хозяйства. Условно за контрольный уровень было принято среднее значение содержания радионуклидов в почвах России. Сравнение проводилось со средними данными по Омской области и по России, так как отсутствовали величины предельно допустимых концентраций (ПДК) радионуклидов в почвах.

Среднее содержание ^{90}Sr в почвах исследованной территории составляет 2,4 Бк/кг (рис. 1). На переход ^{90}Sr из почвы в растение значительное влияние оказывают свойства почвы: содержание обменного кальция, биологические особенности и ряд других факторов. На почвах с высоким содержанием обменного кальция наблюдается повышение дискриминации ^{90}Sr по отношению к кальцию при переходе их из почвы в растения по сравнению с почвами с низким содержанием обменного кальция. Также на переход ^{90}Sr из почвы в растения влияет кислотность почвы. Таким образом, чем выше кислотность почвы, тем больше этот элемент накапливается в растительности.

Поведение ^{137}Cs в почве во многом зависит от содержания элемента химически сходного с ним. Для цезия таким элементом является калий. Обеспеченность почв хозяйства калием высокая. Наличие калия в почвенном растворе снижает поглощение цезия почвенно-поглощающим комплексом (ППК). Также элемент может выноситься с осадками за пределы пахотного слоя или растительными культурами при сборе урожая. Среднее содержание ^{137}Cs в почвенных образцах СПК «Дружба» составляет 12,7 Бк/кг (рис. 2).

Анализ экспериментальных данных по ^{137}Cs показывает, что отсутствует превышение среднего значения его по России. Если сравнивать со среднеобластным показателем, то содержание ^{137}Cs лишь в 8 пробах из 21 превышают его значение. Это свидетельствует о том, что в целом загрязнения почвы этим радионуклидом не наблюдается.

Рис. 3. Содержание ^{40}K (калия) в почвах.

Наибольшую величину естественной радиоактивности определяет содержание в почвах ^{40}K , которое превышает среднее значение по региону и в большинстве случаев среднероссийский показатель. ^{40}K – это радиоактивный изотоп «обычного» калия. ^{40}K в достаточных количествах содержится в биосфере, как примесь вносится с калийными удобрениями, поэтому при внесении их в почву может повыситься суммарный уровень данного радионуклида в почве.

Среднее содержание ^{40}K в почвенных образцах СПК «Дружба» составляет 542 Бк/кг, что превышает среднее содержание по Омской области и примерно соответствует среднему содержанию по Российской Федерации и, вероятно, связано с применением калийных удобрений (рис. 3).

Активность тория превышает и среднероссийский, и среднеобластной показатели. Повышенное содержание ^{232}Th может быть связано с генезисом почвообразующих пород, кроме того, ^{232}Th довольно широко распространён изотоп в природе.

Среднее содержание ^{232}Th в почвенных образцах СПК «Дружба» составляет 47,3 Бк/кг (рис. 4).

Содержание другого естественного радионуклида – радия (^{226}Ra) – в почвенном покрове полей хозяйства превышает

Рис. 4. Содержание ^{232}Th (тория) в почвах.Рис. 5. Содержание ^{226}Ra (радия) в почвах.

ет и среднероссийский, и среднеобластной показатели. Можно предположить, что это связано с некоторыми свойствами почвы (пористость, плотность), с содержанием в ней физической глины, а также с тем, что радий наиболее распространённый и долгоживущий радионуклид в биосфере. Среднее содержание ^{226}Ra в почвенных образцах СПК «Дружба» составляет 57,3 Бк/кг (рис. 5).

Заключение

В результате проведенных исследований выявлено, что на изученной сельскохозяйственной территории Омь-Иртышского равнинного междуречья содержание таких радионуклидов, как ^{137}Cs и ^{90}Sr не превышает фоновые показатели, характерные для почв Омской области и Российской Федерации. Концентрация ^{40}K превышает средний показатель по Омской области и примерно соответствует среднему содержанию по Российской Федерации, что, вероятно, связано с применением калийных удобрений. Содержание ^{232}Th и ^{226}Ra превышает средние показатели по Омской области и Российской Федерации, что, скорее всего, связано с составом почвообразующих пород. По данным ЦАС Омский, фоновое содержание воздействия радионуклидов приравнивается к 13 мЗв, гамма-фон равен 11-12 мкР. Годовая доза облучения составляет 3,62 мЗв. При сравнении с данными 2013 г. следует отметить, что фоновое содержание тогда составляло по области 3,57 мЗв, когда среднероссийский показатель находился в пределах 3,86 мЗв.

В целом, в СПК «Дружба» отмечается стабильная радиологическая обстановка. Проведение специальных мероприятий по снижению содержания радионуклидов в почвах и растительной продукции не требуется.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.
Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература

1. Алексахин Р.М. Радиоактивное загрязнение почв как вид антропогенного воздействия – специфические особенности и проблемы нормирования. В кн.: Хитров Н.Б., ред. *Закономерности изменения почв при антропогенных воздействиях и регулирование состояния и функционирования почвенного покрова*. М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева; 2011: 47-54.
2. Алексахин Р.М. Радиоактивное загрязнение почв как тип их деградации. *Почвоведение*. 2009; (12): 1487-98.
3. Булатов В.И. Россия радиоактивна. Новосибирск; 1996.
4. Дерягин В.В., Левина С.Г., Суягин А.А., Парфилова Н.С. Особенности радиоактивного загрязнения почв водосборной терри-

- тории озера Шаблиш (дальняя зона Восточно-Уральского радиоактивного следа). *Радиационная биология. Радиоэкология*. 2015; (6): 655-66.
- Дьяконова Н.В., Панфилов А.В., Попов В.Г. Агроэкологический мониторинг почв и посевов. В кн.: Воротников И.Л., ред. *Современные тенденции формирования и развития агропромышленного рынка*. Саратов: Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова; 2010: 158-63.
 - Кочегарова Н.Ф., Чуянова Г.И. *Практикум по основам сельскохозяйственной радиоэкологии*. Омск; 2004.
 - Красницкий В.М., Шмидт А.Г., Березин Л.В., Шаяхметов М.Р. Новый способ почвенно-агрохимического обследования земель равнинных регионов. *Плодородие*. 2016; (1): 24-30.
 - Круглов С.В., Лаврентьева Г.В., Пивоварова Ю.А., Анисимов В.С. Поглощение радиоактивных и стабильных изотопов Со и Zn растениями ячменя при смешанном радиоактивном и химическом загрязнении почв. *Почвоведение*. 2010; (3): 369-75.
 - Методические указания по агрохимическому обследованию почв сельскохозяйственных угодий и продукции растениеводства на содержание тяжелых металлов, остаточных количеств пестицидов и радионуклидов. М.; 1982.
 - Методы и средства радиологического контроля в сельском хозяйстве. М.: 1995.
 - Нормы радиационной безопасности (НРБ - 99): Гигиенические нормативы. М.; 1999.
 - Нуждин М.В., Корнеева С.А. Последствия радиационных аварий на Урале. *Агрохимический вестник*. 2008; (2): 15-9.
 - Польский О.Г., Зайцев В.В., Гордеев С.К., Квасникова Е.В. Радиоэкологический мониторинг радиоактивного загрязнения почв России. В кн.: Харитон А.Г., ред. *Земля и почвы России: проблемы и решения*. М.; 2010: 98-103.
 - Ситнов Д.М., Высоцкий И.Г. Влияние разных уровней и сочетаний навоза, минеральных удобрений и известкования на урожайность картофеля в условиях радиоактивного загрязнения на дерново-подзолистой почве. В кн.: *Производство экологически безопасной продукции растениеводства и животноводства. Материалы международной научно-практической конференции*. Брянск; 2004: 79-82.
 - Тошев В.В., Андреева О.Г. Результаты радиологического обследования сельскохозяйственных земель Свердловской области. *Агрохимический вестник*. 2008; (2): 20-1.
 - Федеральный закон № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды». М.; 2002.
 - Федеральный закон № 101-ФЗ «О государственном регулировании обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения». М.; 2016.
 - Чевычелов А.П., Собакин П.И., Молчанова И.В. Радиоактивное загрязнение мерзлотных почв ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr - продуктами аварийного подземного ядерного взрыва. *Почвоведение*. 2006; (12): 1512-19.
 - Sato I., Natsuhori M., Sasaki J., Satoh H., Murata T., Nakamura T., et al. Local variation of soil contamination with radioactive cesium at a farm in Fukushima. *Jpn J. Vet. Res.* 2016; (1): 95-9.
 - vennogo pokrova]. Moscow: Soil Science Institute named after V.V. Dokuchaev; 2011: 47-54. (in Russian)
 - Aleksakhin R.M. Radioactive contamination as a type of soil degradation. *Pochvovedenie*. 2009; (12): 1487-98. (in Russian)
 - Bulatov V.I. *Russia is Radioactive [Rossiya radioaktivnaya]*. Novosibirsk; 1996. (in Russian)
 - Deryagin V.V., Levina S.G., Sutyagin A.A., Parfilova N.S. Specific Features of Radioactive Pollution of Soils of Catchment Areas of Lake Shablisch (Distant Zone of the East Ural Radioactive Trace). *Radiatsionnaya biologiya. Radioekologiya*. 2015; (6): 655-66. (in Russian)
 - Dyakonova N.V., Panfilov A.V., Popov V.G. Agroecological monitoring of soils and crops. In: Vorotnikov I.L., ed. *Modern Trends in the Formation and Development of the Agro-industrial Market [Sovremennye tendentsii formirovaniya i razvitiya agropromyshlennogo rynka]*. Saratov: Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov; 2010: 158-63. (in Russian)
 - Kochegarova N.F., Chuyanov G.I. *Workshop on the Basics of Agricultural Radioecology [Praktikum po osnovam sel'skokhozyaystvennoy radioekologii]*. Omsk; 2004. (in Russian)
 - Krasnitskiy V.M., Shmidt A.G., Berezin L.V., Shayakhmetov M.R. A new way of soil-agrochemical survey of the lands of the plains regions. *Plodородие*. 2016; (1): 24-30. (in Russian)
 - Kruglov S.V., Lavrent'eva G.V., Pivovarova Y.A., Anisimov V.S. Uptake of radioactive and stable Co and Zn isotopes by barley plants under mixed radioactive and chemical contamination of soils. *Pochvovedenie*. 2010; (3): 369-75.
 - Methodical instructions for agrochemical survey of agricultural soils and crop production for heavy metals, residual amounts of pesticides and radionuclides. Moscow; 1982. (in Russian)
 - Methods and means of radiological control in agriculture. Moscow; 1995. (in Russian)
 - Norms of radiation safety (NRB - 99): Hygienic standards. Moscow; 1999. (in Russian)
 - Nuzhdin M.V., Korneeva S.A. Consequences of radiation accidents in the Urals. *Agrokhimicheskii vestnik*. 2008; (2): 15-9. (in Russian)
 - Pol'skiy O.G., Zaitsev V.V., Gordeev S.K., Kvasnikova E.V. Radioecological monitoring of radioactive contamination of Russian soils. In: *Land and Soils of Russia: Problems and Solutions [Zemlya i pochvy Rossii: problemy i resheniya]*. Moscow; 2010: 98-103. (in Russian)
 - Sitnov D.M., Vysotskiy I.G. Influence of different levels and combinations of manure, mineral fertilizers and liming on potato yield in conditions of radioactive contamination on sod-podzolic soil. In: *Production of Ecologically Safe Products of Plant Growing and Animal Husbandry. Materials of the International Scientific-Practical Conference [Proizvodstvo ekologicheski bezopasnoy produktsii rastenievodstva i zhivotnovodstva. Materialy mezhduнародnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii]*. Bryansk; 2004: 79-82. (in Russian)
 - Toshchev V.V., Andreeva O.G. Results of radiological survey of agricultural lands in the Sverdlovsk region. *Agrokhimicheskii vestnik*. 2008; (2): 20-1. (in Russian)
 - Federal Law № 7-FZ «On Environmental Protection». Moscow; 2002. (in Russian)
 - Federal Law of the Russian Federation № 101-FZ «On state regulation of the provision of fertility of agricultural lands». Moscow; 2016. (in Russian)
 - Chevychelov A.P., Sobakin P.I., Molchanova I.V. Radioactive contamination of permafrost-affected soils with ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr, the products of an accidental underground nuclear explosion. *Pochvovedenie*. 2006; (12): 1512-19. (in Russian)
 - Sato I., Natsuhori M., Sasaki J., Satoh H., Murata T., Nakamura T., et al. Local variation of soil contamination with radioactive cesium at a farm in Fukushima. *Jpn J. Vet. Res.* 2016; (1): 95-9.

References

- Aleksakhin R.M. Radioactive pollution of soils as anthropogenic impact type - specific features and problems of rationing. In: Khitrov N.B., ed. *Regularities of Soil Changes under Anthropogenic Influences and Regulation of the State and Functioning of the Soil Cover [Zakonomernosti izmeneniya pochvy pri antropogennykh vozdeystviyakh i regulirovanie sostoyaniya i funktsionirovaniya poch-*

Поступила 15.02.17
Принята к печати 05.07.17