

бованиям СанПиН 2.3.4.1078-01, касающихся радиологических показателей. Почвы сельскохозяйственных угодий, находящиеся на радиоактивных пятнах названных регионов, вышли из категории радиоактивно загрязненных почв.

В настоящее время – это почвы с повышенным содержанием ^{137}Cs по сравнению с почвами России. Верхняя граница и среднее значение содержания ^{90}Sr в почвах Мордовии, имеющие повышенные уровни относительно средних по стране, тем не менее значительно меньше радиационно значимого уровня загрязнения 0,3 Ки/км² (37 Бк/кг). Поэтому и в этом случае риск получения сельскохозяйственной продукции, загрязненной по ^{90}Sr выше нормативных требований, минимален.

Таким образом, анализ современных уровней содержания техногенных радионуклидов в почвах сельскохозяйственных угодий показывает, что спустя 30 лет после аварии на Чернобыльской АЭС радиационная ситуация на восточной периферии радиоактивного загрязнения (Поволжье и Волго-Вятский регион) практически в норме.

Литература

1. Сычёв В.Г., Лунёв М.И., Орлов М.М., Белоус Н.М. Чернобыль: радиационный мониторинг сельскохозяйственных угодий и агрохимические аспекты снижения последствий радиоактивного загрязнения почв. - М.: ВНИИА, 2016. – 183 с.
2. Орлов П.М., Лунёв М.И., Сычёв В.Г. Радиационный мониторинг сельскохозяйственных угодий Российской Федерации. - М.: ВНИИА, 2015. – 175 с.
3. Данные по радиоактивному загрязнению территории населенных пунктов Российской Федерации ^{137}Cs , ^{90}Sr , $^{239+240}\text{Pu}$ / Под редакцией С.М. Вакуловского. - Обнинск: НПО Тайфун, 2015. - 225 с.

3. Содержание ^{137}Cs и ^{90}Sr в зерне пшеницы, картофеле и сене многолетних и естественных трав, выращенных на радиоактивных пятнах Поволжья и Волго-Вятского региона

Культура	Коэффициент накопления		Содержание в продукции, Бк/кг	
	среднее (К)	станд. отклон. (Δ_K)	среднее	верхняя граница
^{137}Cs				
Пензенская область	0,27	0,25	14	31
Пшеница	0,44	0,59	23	38
Сено	0,31	0,31	16	37
Картофель				
Республика Мордовия	0,24	0,22	9	23
Пшеница	0,42	0,44	15	41
Сено	0,31	0,31	11	39
Картофель				
Ульяновская область	0,27	0,24	12	25
Пшеница	0,39	0,42	17	38
Сено	0,31	0,31	14	30
Картофель				
Нижегородская область	0,24	0,22	5	10
Пшеница	0,42	0,44	8	18
Сено	0,31	0,31	6	13
Картофель				
^{90}Sr				
Республика Мордовия	0,5	0,5	8	18
Пшеница	0,74	0,75	11	26
Сено	0,31	0,29	5	12
Картофель				

RADIATION SOIL MONITORING THE VOLGA AND VOLGA-VYATKA REGION AGRICULTURAL LANDS

P.M. Orlov, M.I. Lunyov, Pryanishnikov Institute of Agrochemistry, Pryanishnikova ul. 31A, 127550 Moscow, Russia,
E-mail: CINA.OIT@g23.relcom.ru

The work was carried out according to the State task for 2018 № 0572-2014-0010

The radiation situation of agricultural lands on the eastern periphery of radioactive contamination in the Volga region and the Volga-Vyatka region 30 years later the Chernobyl accident was studied. In farmland soils of Astrakhan, Volgograd, Samara, Ulyanovsk, Nizhny Novgorod, and Kirov regions, Tatarstan, Mari El and Chuvashia republics the average ^{137}Cs content ranges from 1.5-10.4 Bq/kg according to local monitoring data. This is lower than the average content of this radionuclide in Russian soils. In the territory of Penza, Ulyanovsk, Nizhny Novgorod regions and Republic of Mordovia there are radioactive spots with average ^{137}Cs contamination density 0.44; 0.37; 0.30 Ci/km², respectively. These values are higher than one for Russian soils in general (~ 0.1 Ci/km²), however, it is below the criteria of 1 Ci/km², which is an indicator of radioactive soil contamination of ^{137}Cs .

The content of ^{137}Cs and ^{90}Sr in agricultural products grown on radioactive spots of the aforementioned regions was calculated. The upper limits and the average content of ^{137}Cs and ^{90}Sr in wheat, potato and hay of perennial and natural grasses were estimated. The average content of ^{137}Cs in agricultural production was in the range of 5-23 Bq/kg. The upper limits do not exceed the normative levels. Currently, the risks of obtaining contaminated agricultural products in the Volga and Volga-Vyatka region are minimal, the radiation situation in general for these regions is normal.

Key words: radiation monitoring, soils, agricultural plants, content of ^{137}Cs and ^{90}Sr in soils and plants, radioactive spots, exposure dose of gamma radiation.

УДК 546.74:631.95

МОНИТОРИНГ СОДЕРЖАНИЯ НИКЕЛЯ В ПОЧВАХ РЕЖЕВСКОГО РАЙОНА СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

С.В. Драчук, к.б.н., Г.Н. Телегина, В.В. Тощёв, ГЦАС «Свердловский»

В 2011 г. был проведен мониторинг валового содержания никеля в почвах сельскохозяйственного назначения Режевского района Свердловской области, где ранее осуществлялась добыча никелевых руд. Выявлено преобладание кислых почв ($\text{pH}_{\text{KCl}} \leq 5,5$) над нейтральными на 83,6% обследованной территории. Установлено превышение ОДК по валовому содержанию никеля на 89,2% обследованных площадей с кислыми почвами и на 14,1% с нейтральными или близкими к нейтральным. Средневзвешенная арифметическая концентрация никеля для кислых почв составила 60,8 мг/кг, что превышает ОДК (40 мг/кг), для нейтральных – 63,3 мг/кг. Превышение ОДК по ва-

ловому содержанию кадмия выявлено на 4,2% обследованных сельскохозяйственных площадей, по валовому содержанию свинца – на 0,3% площади. Предложены мероприятия, направленные на увеличение показателя $pH_{\text{сол}}$ почв и, как следствие, на снижение токсичности никеля.

Ключевые слова: тяжёлые металлы, никель, геохимическая аномалия.

DOI: 10.25680/S19948603.2018.102.11

Никель относится к тяжёлым металлам, так как его атомная масса превышает 50 а.е. (58,70). Он участвует в ряде биохимических процессов, протекающих в живых организмах, в структурной организации и функционировании ДНК, РНК, белков, в частности является компонентом фермента уреазы. Выявлено участие никеля в стабилизации структуры рибосом [11].

Избыточная концентрация никеля может оказывать токсичное воздействие на живые организмы. Благодаря склонности к хелатообразованию, он способен вытеснять из физиологически важных центров другие металлы. Признак токсичного воздействия никеля на растения - хлороз листьев, подобен железистой недостаточности [6].

Согласно последним экотоксикологическим данным, никель более опасен, чем свинец [11]. При загрязнении кормов у животных наблюдается заболевание глаз, связанное с накоплением данного элемента в роговице. Кроме того, выявляются остеодистрофия, рахит, гастроэнтероколиты [1].

Избыточное содержание никеля в пище также отрицательно влияет на здоровье человека.

Повышенное содержание тяжёлых металлов в сельскохозяйственных почвах - важная экологическая проблема Уральского региона. Значительные концентрации этих элементов связаны как с естественными геохимическими аномалиями, так и с промышленным загрязнением [8, 9]. На территории Свердловской области шесть месторождений никелевых руд, в настоящее время разрабатывается Серовское. На рудах этого месторождения работают ОАО «Уфалейникель» и ЗАО «ПО «Режникель». В 2013 г. добыча никеля в области составила 9,8 тыс. т, или 2,5% всей добычи в России [5].

Мониторинг содержания тяжёлых металлов в почвах Свердловской области осуществляет, главным образом, ФГБУ «Уральское УГМС» на территории муниципальных образований. В 2013 г. в почвах г. Реж среднее содержание никеля (1028 мг/кг) в 29 раз превысило фоновое значение для Свердловской области (35 мг/кг) [5]. В связи с этим необходим мониторинг сельскохозяйственных почв Режевского района Свердловской области для выявления повышенных концентраций никеля, так как ранее здесь осуществляли добычу никелевых руд (Липовское месторождение) и в настоящее время производят их переработку (ЗАО ПО «Режникель», г. Реж).

Цель исследований - провести мониторинг содержания никеля, меди, цинка, свинца, кадмия в почвах сельскохозяйственного назначения Режевского района Свердловской области.

Методика. Отбор почвенных проб для агрохимической характеристики контуров проводили в соответствии с Методическими указаниями МСХ РФ [7]. Валовое содержание меди, цинка, свинца, кадмия и никеля в пробах почвы определяли методом атомно-абсорбционной спектроскопии [10]. Уровень pH солевой вытяжки из почвы устанавливали в соответствии с ГОСТом 26483-85 [4]. Тип почв и гранулометрический состав определяли по результатам исследований Института Уралгипрозем (г. Екатеринбург).

Статистическую обработку результатов исследования проводили с использованием программ Microsoft Excel, Statistica for Windows (StatSoft), а также программы «Рабочее место агрохимика», разработанной в ГЦАС «Свердловский» А.А. Юсуповым.

Результаты и их обсуждение. Мониторинг содержания никеля и других тяжёлых металлов в почвах Режевского района Свердловской области осуществляли в 2011 г. Были обследованы сельскохозяйственные почвы 14 хозяйств (530 контуров). Общая площадь обследованных сельскохозяйственных угодий составила 29084 га.

На обследованных территориях были представлены следующие типы почв: серая лесная, светло-серая, тёмно-серая, луговая и дерново-подзолистая. Исследование гранулометрического состава показало численное преимущество суглинистых почв.

Преобладали кислые почвы по сравнению с нейтральными. Территория с кислыми почвами занимала 83,6% обследованных сельскохозяйственных угодий.

Необходимо отметить, что на суглинистых и глинистых почвах ориентировочно допустимая концентрация (ОДК) для валового содержания никеля зависит от величины солевого pH : для кислых почв ($pH_{\text{KCl}} \leq 5,5$) ОДК составляет 40 мг/кг, для нейтральных и близких к нейтральным ($pH_{\text{KCl}} > 5,5$) – 80 мг/кг [3]. Площадь обследованных сельскохозяйственных земель с кислыми почвами 24321 га, превышение ОДК по валовому содержанию никеля выявлено на площади 21703 га (89,2%). Площадь земель с нейтральными почвами составляла 4763 га, превышение ОДК по никелю выявлено на 671 га (14,1%). Доля сельхозугодий на кислых почвах с превышением по валовому содержанию никеля значительно выше, чем соответствующая доля на нейтральных почвах, ввиду того, что ОДК для кислых почв в 2 раза ниже. Общая площадь сельскохозяйственных земель с превышением ОДК по валовому содержанию никеля достигла 22374 га (76,9% от всей обследованной площади).

Средняя арифметическая взвешенная валовая концентрация никеля для кислых почв составила 60,8 мг/кг, для почв нейтральных и близких к нейтральным – 63,3 мг/кг, для всех обследованных площадей – 61,2 мг/кг. Таким образом, установлено превышение ОДК по никелю для кислых почв.

Распределение сельскохозяйственных земель Режевского района Свердловской области в зависимости от валового содержания никеля

Уровень валового содержания никеля	Площадь, га	Доля по отношению к обследованной площади, %
Очень низкий (<10 мг/кг)	-	-
Низкий (10-20 мг/кг)	-	-
Средний (20-50 мг/кг)	11713	40,3
Повышенный (50-70 мг/кг)	11331	39,0
Высокий (70-100 мг/кг)	3745	12,9
Очень высокий (>100 мг/кг)	2295	7,9

В таблице показано распределение обследованных сельскохозяйственных земель Режевского района Свердловской области согласно валовой концентрации

никеля в соответствии с градацией, предложенной А.И. Безносковым и др. [1].

Согласно данным, представленным в таблице, 20,8% обследованных сельскохозяйственных угодий Режевского района характеризуются высоким и очень высоким содержанием никеля.

В почвах обследованного района выявлено превышение ОДК также и по другим тяжёлым металлам, хотя и в значительно меньших масштабах. Превышение ОДК по валовому содержанию кадмия обнаружено на площади 1221 га (4,2% от общей площади), по содержанию свинца – на площади 101 га (0,3% от общей площади). Превышение ОДК по валовому содержанию меди и цинка не выявлено.

Обнаружены достоверные положительные корреляции между валовым содержанием никеля и меди (коэффициент непараметрической корреляции по Спирмену 0,29), а также между содержанием никеля и кадмия (коэффициент корреляции 0,24) и никеля и свинца (коэффициент корреляции 0,18). Расчёт параметрической корреляции не производили ввиду того, что распределение концентраций тяжёлых металлов не соответствовало нормальному распределению согласно критерию Колмогорова-Смирнова.

В дальнейшем при проведении мониторинга необходимо также контролировать валовое содержание кобальта, так как никель и кобальт часто находятся в одних и тех же горных породах: авгите, биотите, ильмените, магнетите, роговой обманке [2].

Заключение. При проведении экологического мониторинга сельскохозяйственных почв Режевского района Свердловской области в 2011 г. выявлено повышенное валовое содержание никеля. ОДК по никелю превышено на 76,9% обследованной площади сельхозугодий.

Наиболее вероятная причина этого - высокое содержание никеля в материнских горных породах, т.е. наличие геохимической аномалии. Однако нельзя полностью исключать и возможность загрязнения почв за счёт выбросов промышленного предприятия, осуществляющего переработку никелевых руд в г. Реж.

В дальнейшем необходимо проведение мониторинга валового содержания в почвах этого района никеля, кобальта и других тяжёлых металлов, особенно тех, для концентраций которых выявлены положительные непараметрические корреляции с концентрацией никеля в почве. Кроме того, необходим мониторинг никеля в растениеводческой продукции. Также рекомендуется определение концентрации подвижных никеля и кобальта в почвах.

Ввиду того, что никель подвижен в кислой среде, хозяйствам рекомендованы агротехнические мероприятия по повышению pH почв: известкование, внесение органических удобрений. Кроме того, возможно внесение фосфорных удобрений, которые снижают содержание никеля в продукции растениеводства, а также внесение солей магния, снижающих токсичное воздействие никеля.

Литература

1. Безносков А.И. Содержание тяжёлых металлов в пахотных почвах Удмуртской Республики/А.И. Безносков, Л.Б. Башмаков, В.Г. Нелюбин. – Ижевск: Ижевская ГСХА, 2005. – 74 с.
2. Вальков В.Ф. Почвоведение: учебник для вузов/В.Ф. Вальков, К.Ш. Казеев, С.И. Колесников. – М.: ИКЦ «МарТ», 2004. – 496 с.
3. Гигиенические нормативы ГН 2.1.7.2511-09 Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве.
4. ГОСТ 26483-85 Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение её pH по методу ЦИНАО.
5. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Свердловской области в 2013 году/Под ред. О.Н. Орлова. – Екатеринбург, 2014. – 350 с.
6. Лукин С.В. Агроэкологическое состояние и продуктивность почв Белгородской области/С.В. Лукин. – Белгород: КОНСТАНТА, 2011. – 302 с.
7. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения. – М.: Росинформагротех, 2003. – 240 с.
8. Михеева Е.В. Адаптация европейской рыжей полёвки (*Clethrionomys glareolus* Schreber) к условиям природной биогеохимической провинции с избыточным содержанием никеля, кобальта, хрома/Е.В. Михеева, О.А. Жигальский, В.П. Мамина, Е.А. Байтимова//Журнал общей биологии. – 2006. – Т. 67. №3 – С. 212-221.
9. Михеева Е.В. Экология почв. Природные биогеохимические провинции Среднего Урала/Е.В. Михеева, Е.А. Байтимова. – Екатеринбург.: Издание УГГУ, 2015. – 78 с.
10. РД 52.18.191-89 Методические указания. Методика выполнения измерений массовой доли кислоторастворимых форм металлов (меди, свинца, цинка, никеля, кадмия) в пробах почвы атомно-абсорбционным анализом.
11. Чимитдоржиева Г.Д. Никель лесостепных экосистем западного Забайкалья в системе порода-почва-гумусовые вещества-растения/Г.Д. Чимитдоржиева, Ю.Б. Цыбенков и [др.]//Агрохимия. – 2016. - № 3. – С. 58 – 64.

MONITORING OF NICKEL CONTENT IN THE SOILS OF REZHEVSKY DISTRICT, SVERDLOVSK REGION

S.V. Drachuk, G.N. Telegina, V.V. Toschjov

GCAS "Sverdlovsky", Furmanova ul. 109, 620144 Ekaterinburg, Russia, E-mail: agrohim_66@mail.ru

The monitoring of nickel gross content was carried out in agricultural soils in the year 2011 in Rezhevsky District of Sverdlovsk region where previously the extraction of the nickel ore was held. Study revealed the predominance the soils with acid reaction ($\text{pH}_{\text{KCl}} \leq 5.5$) over neutral soils – 83.6% of investigated areas. The exceeding of tentative allowable concentration (TAC) of gross nickel content was revealed on 89.8% of investigated areas with sour soils, and only on 14,1% of areas with neutral soils. The weighted arithmetic mean of nickel concentration in sour soils reached 60.8 mg/kg and exceeded TAC (40 mg/kg), for neutral soils – 63.3 mg/kg. The TAC overdraft of the gross cadmium concentration was revealed on the 4.2% of investigated agricultural areas, the TAC exceeding of gross lead content in the soils was revealed on 0.3% of the territory. The suggestions were given for increase of pH_{KCl} meaning and consequently to decrease the toxic effect of high nickel concentration.

Keywords: heavy metals, nickel, geochemical anomaly.