

4. Ступакова Г.А., Панкратова К.Г., Игнатьева Е.Э. и др. Проблемы разработки и применения стандартных образцов почвы, загрязненных тяжелыми металлами // Плодородие. -2017.- №6. – С. 41-43.
5. ГОСТ ISO Guide 35-2015. Стандартные образцы. Общие и статистические принципы сертификации (аттестации). Издание официальное. – М.: Стандартинформ, 2017.- 58 с.
6. ГОСТ 8.532–2002. Государственная система обеспечения единства измерений. Стандартные образцы состава веществ и материалов. Межлабораторная метрологическая аттестация. Содержание и порядок проведения работ. Издание официальное. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2003.- 12 с.
7. Р 50.2.031-2003 «ГСИ. Стандартные образцы состава и свойств веществ и материалов. Методика оценивания характеристики ста-

- бильности». Издание официальное. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2004. – 10 с.
8. РМГ 93-2015. Государственная система обеспечения единства измерений. Оценивание метрологических характеристик стандартных образцов. Издание официальное. – М.: Стандартинформ, 2016. – 28 с.
9. РД 52.18.289 – 90. Методические указания. Методика выполнения измерений массовой доли подвижных форм металлов (меди, свинца, цинка, никеля, кадмия, кобальта, хрома, марганца) в пробах почвы атомно-абсорбционным анализом. – М.: Государственный Комитет СССР по гидрометеорологии, 1990. – 37 с.
10. М-МВИ-80-2008. Методика выполнения измерений массовой доли элементов в пробах почв, грунтов и донных отложениях методами атомно-эмиссионной и атомно-абсорбционной спектроскопии. – Санкт-Петербург, 2008. – 36 с.

EVALUATION OF METROLOGICAL CHARACTERISTICS OF MULTICOMPONENT REFERENCE SOIL SAMPLE POLLUTED WITH HEAVY METALS

G.A. Stupakova, E.E. Ignatyeva, T.I. Schiplecova, S.A. Dengina, D.K. Mitrofanov
Pryanishnikov Institute of Agrochemistry, Pryanishnikova ul. 31A, 127434 Moscow, Russia,
e-mail: vniiia@list.ru

The possibility of using multicomponent reference samples of soils contaminated with heavy metals for metrological support of analytical work during agroecological monitoring is shown. Metrological characteristics of named samples were studied and evaluated: homogeneity and stability; certification of standard samples for the content of heavy metals in them was conducted in an interlaboratory experiment with 57 certified test laboratories in Russia. In the developed reference samples, the contribution of the non-uniformity of the distribution of different parameters to the error of the certified value of the standard sample was evaluated.

Keywords: soil, reference sample, heavy metals, uniformity, stability.

УДК: 631.416.856

ЭКОЛОГО–АГРОХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАСПРОСТРАНЕНИЯ МЕДИ В ПОЧВАХ ОМСКОЙ ОБЛАСТИ

В.М. Красницкий, д.с.-х.н., А.Г. Шмидт, А.А. Цырк, ФГБУ «ЦАС «Омский»
644012, г. Омск-12, проспект Королева, 34, факс 77-56-84, E-mail: krasnitsky@omsknet.ru

Проведен анализ многолетних данных содержания меди на реперных участках локального мониторинга. Рассмотрено содержание меди в профиле почвы. Дана оценка степени загрязнения разных типов почв, а также выявлена мера опасности данного металла для сельскохозяйственных угодий Омской области.

Ключевые слова: почва, тяжелые металлы, медь, реперные участки, загрязнение.

DOI: 10.25680/S19948603.2019.108.17

Загрязнение природной среды тяжелыми металлами (ТМ) – одно из наиболее распространенных следствий техногенного воздействия на экосистемы. Загрязнение тяжелыми металлами наземных экосистем не является новым экологическим фактором [1].

Одним из источников поступления элементов-загрязнителей в агроэкосистемы считают атмосферу. Качественный и количественный состав компонентов непостоянен и зависит от целого ряда факторов: близости промышленных центров, заводов и фабрик, наличия ТЭЦ, расстояния от автомагистралей и авиалиний, розы ветров, количества осадков, pH почвы и т.д. Вблизи промышленных центров создаются, как правило, антропогенные аномальные зоны с повышенным содержанием ртути, кадмия, свинца [2].

Медь – один из важнейших микроэлементов. Физиологическая активность меди связана главным образом с включением ее в состав активных центров окислительно-восстановительных ферментов. Недостаточное содержание меди в почвах отрицательно влияет на синтез белков, жиров и витаминов и способствует бесплодию растительных организмов. Медь участвует в процессе фотосинтеза и влияет на усвоение азота растениями.

Вместе с тем, избыточные концентрации меди обладают широким спектром токсичного действия с многообразными клиническими проявлениями и оказывают неблагоприятное воздействие на растительные и животные организмы.

В соответствии с ГОСТ 17.4.1.02-83, по степени опасности химических элементов медь относится ко 2-му классу – вещества умеренно опасные.

Цель исследований – изучить и оценить динамику содержания подвижных форм меди в почве, выявить степень загрязнения данным металлом сельскохозяйственных угодий и распределение валового содержания меди по профилю почв на глубину до 1 м [3].

Методика. Исследования проводили на 15 реперных участках локального мониторинга, заложенных в 12 административных районах Омской области в зоне деятельности ФГБУ «ЦАС «Омский» и ФГБУ «САС «Тарская». Участки расположены в разных зонах и на разных типах почв: чернозем обыкновенный (уч.1, 2, 14, 16), чернозем южный (уч. 12), лугово-черноземная (уч. 8, 24), лугово-черноземная солонцеватая (уч. 20), солонец глубокий лугово-черноземный (уч. 18, 21), солонец средний лугово-черноземный (уч. 17) в зоне деятельно-

сти ФГБУ «ЦАС «Омский» и чернозем выщелоченный (уч. 1), серая-лесная (уч. 5), дерново-подзолистая (уч. 11) и аллювиально-луговая (уч. 7) в зоне деятельности ФГБУ «САС «Тарская» (табл. 1).

1. Расположение реперных участков

№ участ-ка по коду	Тип, подтип почвы	Расстояние от загрязнителей, км				
		заводы	аэро-дромы	ТЭЦ	фермы	автодороги
ЦАС «Омский». <i>Степная зона</i>						
8	Лугово-черноземная		12	10	3	5
12	Чернозем юж-ный				3	9
14	Чернозем обык-новенный				1,5	0,5
16	То же				2	0,5
<i>Южная лесостепь</i>						
20	Лугово-черноземная солонцеватая				2,5	0,5
21	Солонец глубо-кий лугово-черноземный				2,5	1,5
24	Лугово-черноземная	8,6	16,6	11	1,5	0,8
<i>Северная лесостепь</i>						
1	Чернозем обык-новенный			15	3	
2	То же	20		20	3	
17	Солонец средний лугово-черноземный				1,5	0,5
18	Солонец глубо-кий лугово-черноземный				3	0,5
САС «Тарская». <i>Северная зона</i>						
1	Чернозем выше-лоченный	10	110		1,5	1,0
5	Серая лесная	20	20		5,0	1,0
7	Аллювиально-луговая	20	14		2,0	2,0
11	Дерново-подзолистая	28	35		3,0	0,5

Исследования и отбор проб осуществляли в соответствии с «Методическими указаниями по проведению локального мониторинга на реперных и контрольных участках» [4].

Подвижное содержание меди в пахотном горизонте определяли атомно-абсорбционным методом (вытяжка: ацетатно-аммиачный буфер, pH 4,8), а валовое содержание меди – атомно-абсорбционной спектрометрией: в качестве экстрагента применяли азотную кислоту концентрацией 1:1 [5, 6].

Результаты и их обсуждение. Омская область, хотя и является регионом с высоким техногенным прессингом, в силу сложившейся инфраструктуры промышленности имеет гораздо меньшую нагрузку на почву вблизи города и в целом на сельскохозяйственные агроценозы. Объемы выпадения ТМ на поверхность незначительны и пока не приводят к ухудшению природной среды и качества продукции (см. табл. 1) [7].

Подвижность (мобильность) ТМ и, вследствие этого, доступность их растениям зависят от реакции почвы. Большинство ТМ увеличивают свою подвижность при pH < 5,5. Минимальное поступление их в растения происходит при pH 6,5. Избыток влаги и анаэробные условия повышают растворимость и доступность ТМ для растений.

Многолетними наблюдениями за динамикой содержания подвижных форм меди в почве с 2002 по 2017 г. превышения ПДК по всем участкам не выявлено (табл. 2). Средние значения существенно колебались в зоне деятельности ФГБУ «ЦАС «Омский» и в зоне деятельности ФГБУ «САС «Тарская». Это связано, прежде всего, с рядом факторов: снижением техногенной нагрузки на агроценозы, так как в последние годы значительно сократился объем промышленного производства, что привело к уменьшению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, а также с существенным уменьшением уровня применения минеральных и органических удобрений, мелиорантов и средств защиты растений, содержащих тяжелые металлы [2].

На глинистых и суглинистых (тяжелых) почвах подвижность многих тяжелых металлов проявляется слабее, чем на легких песчаных и супесчаных. Растения усваивают больше металлов из слабогумусированных почв с легким гранулометрическим составом, чем из богатых органическим веществом. Высокой степенью вымывания тяжелых металлов характеризуются дерново-подзолистые супесчаные почвы, имеющие низкую степень поглощения. Иными словами, почвенный фактор имеет большое значение в определении вертикальной миграции тяжелых металлов.

2. Содержание подвижных форм меди в пахотном слое почвы на реперных участках, мг/кг почвы

№ участка	2002 г.	2007 г.	2012 г.	2017 г.	Среднее
ЦАС «Омский». Степная зона					
8	0,17	0,10	0,15	0,21	0,15
12	0,20	0,16	0,13	0,10	0,15
14	0,11	0,09	0,14	0,12	0,12
16	0,27	0,12	0,19	0,17	0,19
<i>Среднее</i>	0,19	0,12	0,15	0,15	0,16
Южная лесостепь					
20	0,20	0,09	0,13	0,13	0,14
21	0,21	0,12	0,11	0,12	0,14
24	0,14	0,15	0,13	0,14	0,14
<i>Среднее</i>	0,18	0,12	0,12	0,13	0,14
Северная лесостепь					
1	0,15	0,11	0,15	0,14	0,14
2	0,15	0,10	0,14	0,13	0,13
17	0,19	0,11	0,14	0,12	0,14
18	0,21	0,10	0,15	0,14	0,15
<i>Среднее</i>	0,18	0,11	0,15	0,13	0,14
САС «Тарская». Северная зона					
1	1,20	1,10	0,24	0,32	0,72
5	1,05	1,05	0,25	0,25	0,65
7	0,97	1,02	0,25	0,29	0,63
11	1,05	1,15	0,22	0,21	0,66
<i>Среднее</i>	1,07	1,05	0,24	0,27	0,66
ОДК		3,0 мг/кг			

Результаты исследований валовых форм меди по профилю разных типов и гранулометрическому составу почв, в среднем по зонам, показывают, что имеется четкая дифференциация по снижению содержания меди в среднем по горизонтам (табл. 3), на тяжело- и средне-суглинистых почвах.

Наибольшее валовое содержание меди на участке с тяжелыми почвами. Более легкие почвы содержат меньше меди. К факторам, увеличивающим её содержание в почве, относятся: тяжелый гранулометрический состав, богатство коллоидами, содержание органического вещества [7, 2].

3. Распределение валовых форм меди по профилю разных типов почв Омской области в 2017 г., мг/кг

№ участка	Почва	Грануло-метрический состав	Глубина слоя почвы, см				
			0-20	20-40	40-60	60-80	80-100
ЦАС «Омский». Степная зона							
8	Лугово-черноземная	Тяжелый суглинок	19,1	19,3	18,1	16,0	17,1
12	Чернозем южный	То же	18,3	18,1	15,2	15,8	15,0
14	Чернозем обыкновенный	Супесчаный	7,82	8,10	7,14	8,32	7,94
16	То же	Тяжелый суглинок	21,4	22,3	21,0	22,6	22,4
Среднее			16,7	16,9	15,4	15,6	15,6
Южная лесостепь							
20	Лугово-черноземная солонцеватая	Тяжелый суглинок	22,8	19,8	19,0	18,8	18,8
21	Солонец глубокий	То же	23,4	21,0	21,8	20,7	20,8
24	Лугово-черноземная	>>	21,9	21,0	21,1	21,1	18,3
Среднее			22,7	20,6	20,6	20,2	19,3
Северная лесостепь							
1	Чернозем обыкновенный	Средний суглинок	21,2	21,9	20,4	18,2	14,9
2	То же	Тяжелый суглинок	16,8	15,1	16,2	16,8	16,0
17	Солонец средний	Легкий суглинок	23,0	22,8	22,4	19,2	19,4
18	Солонец глубокий	То же	22,0	22,1	21,7	20,8	19,2
Среднее			20,8	20,5	20,2	18,8	17,4
САС «Тарская». Северная зона							
1	Чернозем выщелоченный	Средний суглинок	12,4	10,8	10,4	9,5	9,5
5	Серая-лесная	То же	12,0	12,0	12,0	10,6	10,0
7	Аллювиально-луговая	>>	14,0	14,0	12,4	12,0	12,0
11	Дерново-подзолистая	>>	14,0	14,0	12,8	8,8	8,6
Среднее			13,1	12,7	11,9	10,2	10,0

ОДК 33,0 мг/кг (уч. 14); 66,0 мг/кг при $pH_{KCl} < 5,5$ (уч. 5, 7, 11); 132,0 мг/кг при $pH_{KCl} > 5,5$ (уч. 1, 2, 8, 12, 16, 17, 18, 20, 21, 24)

Выводы.

1. Изучаемые почвы характеризуются низким подвижным и валовым содержанием меди в пахотном и метровом слое, что свидетельствует об экологической безопасности по данному элементу.

2. Пределы колебаний подвижного содержания меди в среднем по годам составляют 0,11-0,19 в зоне деятельности ФГБУ «ЦАС «Омский» и 0,24-1,07 в зоне деятельности ФГБУ «САС «Тарская».

3. Распределение меди в метровом слое показало, что имеется четкая дифференциация снижения содержания меди в среднем по горизонтам.

4. Валовое содержание меди в почве зависит от типа и гранулометрического состава почвы.

Литература

1. Анализ почв, растений и проблема применения удобрений в

Западной Сибири / Под ред. Ю. И. Ермохина, И. А. Бобренко – Монография/ ОмГАУ. – Омск, 2002. – 407 с.

2. Красницкий В.М. Агроэкотоксикологическая оценка сельскохозяйственных агроценозов: Монография. – Омск: Изд-во ОмГАУ, 2001. – 68 с.

3. Фещенко В.П. Содержание меди в почвах Новосибирской области // Плодородие. – 2013. – № 5. – С. 40 – 41.

4. Методические указания по проведению локального мониторинга на реперных и контрольных участках. – М.: Росинформротех, 2006. – 76 с.

5. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельскохозяйственных и продукции растениеводства – М.: МСХ РФ, ЦИНАО. – 1993.

6. Методические указания МСХ РФ (ЦИНАО) -М., 1992. РД 52.18.191-89. – М.: Госкомгидромет СССР, 1990.

7. Красницкий В.М. Агрохимическая и экологическая характеристика почв Западной Сибири: Монография / ОмГАУ. – Омск, 2002. – 144 с.

ECOLOGICAL-AGROCHEMICAL ASPECTS OF COPPER DISTRIBUTION IN SOIL OF OMSK REGION

V.M. Krasnitsky, A.G. Schmidt, A.A. Tsyk
 Agrochemistry Service Center "Omskiy", Koroleva pr. 34, 644012 Omsk-12, Russia,
 e-mail: krasnitsky@omsknet.ru

The analysis of multi-year data of copper content in the soil of the reference sites arranged for the local monitoring has been carried out. The copper content in the soil profile is considered. An assessment is made of the degree of contamination of various soil types, and the degree of danger of this metal for agricultural lands of the Omsk Region has been revealed.

Key words: soil, heavy metals, copper, reference areas, pollution.