

МОНИТОРИНГ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ И МЫШЬЯКА В ЧЕРНОЗЕМАХ И РАСТЕНИЯХ ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

**В.М. Красницкий¹, д.с.-х.н., И.А. Бобренко², д.с.-х.н.,
А.Г. Шмидт¹, к.с.-х.н., Е. Г. Бобренко², к.с.-х.н.
¹ФГБУ «ЦАС «Омский», 644012, г. Омск, пр. Королева, 34
²ФГБОУ ВО Омский ГАУ, 644008, г. Омск, Институтская площадь, 1;
E-mail: bobrenko67@mail.ru**

Определены уровень и динамика содержания тяжёлых металлов и мышьяка в черноземах и культурных растениях степной зоны юга Западной Сибири. Основой исследований являются данные мониторинга, выполненного ФГБУ «ЦАС «Омский» в 1994-2023 г. на реперных участках, расположенных на пашне Омской области. Объекты исследований: культурные растения и черноземы. Валовое содержание Cd, Pb находится на одном уровне по всему профилю; As – с глубиной увеличивается, а Cr и Hg – уменьшается, как и Zn (кроме чернозема южного, где его концентрация по профилю сначала уменьшается, а затем увеличивается); Ni – уменьшается в черноземе обыкновенном, в южном – увеличивается; наибольшее количество Si наблюдается в слое 40-80 см в исследуемых черноземах. Показатели не превышают ПДК. В слое 0-20 см содержание подвижных форм тяжёлых металлов изменялось в следующих пределах (мг/кг): в черноземе обыкновенном среднесуглинистом: Cu – 0,14-0,29; Zn – 0,21-0,49; Cd – 0,05-0,14; Pb – 0,60-1,39; Ni – 0,39-0,75; Cr – 0,49-0,90; в черноземе обыкновенном маломощном малогумусном супесчаном: Cu – 0,10-0,14; Zn – 0,18-0,54; Cd – 0,03-0,07; Pb – 0,41-0,74; Ni – 0,24-0,64; Cr – 0,25-0,56; в черноземе южном укороченной мощности малогумусном тяжелосуглинистом: Cu – 0,13-0,29; Zn – 0,22-0,53; Cd – 0,05-0,10; Pb – 0,58-1,00; Ni – 0,38-0,75; Cr – 0,27-0,94. Отмечено меньшее содержание подвижных форм в супесчаной почве, по сравнению с тяжелосуглинистой. Мониторинг показал, что содержание тяжёлых металлов и As в культурных растениях соответствует экологическим требованиям. Содержание Cu составило 0,7-7,8 мг/кг; Zn – 4,1-21,6; Cd – <0,02-0,79; Pb – 0,11-0,98; а Hg и As – не превышало минимальный уровень.

Ключевые слова: тяжёлые металлы, мышьяк, мониторинг, чернозем, степь, растения.

Для цитирования: Красницкий В.М., Бобренко И.А., Шмидт А.Г., Бобренко Е.Г. Мониторинг тяжёлых металлов и мышьяка в черноземах и растениях юга Западной Сибири// Плодородие. – 2024. – №6. – С. 99-103.
DOI: 10.25680/S19948603.2024.141.23.

В системе почва – растение – человек почва является начальным звеном и от содержания в ней химических элементов зависит уровень в следующих звеньях. В агроценозах наиболее распространены Zn, Pb, Cd, Hg и Cr. Самыми опасными являются Cd, Co, Cu, Zn, Hg и Pb. В Западной Сибири уровень существующего загрязнения еще не привел к серьезным последствиям в экологической ситуации. Однако, для принятия своевременных мер важно владеть мониторинговой информацией для своевременного обнаружения негативных изменений [1-3].

Концентрация тяжелых металлов (ТМ) в почвах и растениях определяется физико-химическими свойствами типов почв и антропогенным фактором. В Омской области промышленность формирует умеренную техногенную нагрузку. Поэтому поступление потенциально опасных элементов на поверхность почв и растений несущественно и пока не загрязняет почвы и растения. Черноземы – основные почвы в земледелии Омской области, значительные массивы их расположены в степной зоне [4-6].

Цель исследований – определить уровень и динамику содержания тяжёлых металлов и мышьяка в черноземах и культурных растениях степной зоны Юга Западной Сибири.

Методика. Основой исследований являются данные мониторинга чернозёмов и растений юга Западной Сибири, выполненного ФГБУ «ЦАС «Омский» в 1994-2023

г. на реперных участках, расположенных на пашне степи Омской области. Объекты исследований: культурные растения (яровые пшеница и ячмень, кукуруза, подсолнечник, лен масличный, костреч безостый, люцерна изменчивая, могар) и почвы – чернозем обыкновенный среднесуглинистый малогумусный тяжелосуглинистый (с. Лукьяновка Одесского района), чернозем обыкновенный маломощный малогумусный супесчаный (с. Елизаветинка Черлакского района), чернозем южный укороченной мощности малогумусный тяжелосуглинистый (с. Сибирское Русско-Полянского района). Определение ТМ и As в почвах и продукции растениеводства проводили согласно общепринятых методик [8].

Результаты и их обсуждение. Черноземы обыкновенные распространены в южной части Западно-Сибирской провинции. Среди них в наибольшей степени средние- и маломощные, мало- и среднесуглинистые их виды. Черноземы южные также формируются на крайнем юге Западно-Сибирской провинции. Залегают они на слабоволнистых повышениях Ишим-Иртышского, Омь-Иртышского, Обь-Иртышского водоразделов. Коэффициент земельного использования этих почв исключительно высокий – 92-95 %. Среди южных чернозёмов преобладают маломощные разновидности (88 %) [7].

При необходимости контроля за загрязнением почв определяют валовое содержание элементов тяжелых металлов и мышьяка. Данные показатели по горизонтам в черноземах степи представлены в таблице 1.

1. Валовое содержание тяжелых металлов и мышьяка в черноземах степной зоны, мг/кг почвы (2022 г.)

Глубина отбора образца, см	Cu	Zn	Cd	Pb	Ni	Cr	Hg	As
<i>Чернозем обыкновенный среднесиловой малогумусный тягелосуглинистый</i>								
0-20	14,15	44,32	0,51	17,72	13,71	44,15	0,021	6,2
20-40	17,12	54,71	0,39	19,15	18,42	40,80	0,022	6,5
40-60	19,40	51,16	0,48	16,13	10,12	37,21	0,014	6,6
60-80	18,21	49,33	0,37	17,77	14,42	36,40	0,014	6,9
80-100	17,74	36,00	0,54	17,72	13,71	38,24	0,014	7,2
<i>Чернозем обыкновенный маломощный малогумусный супесчаный</i>								
0-20	17,92	47,44	0,38	17,10	17,42	25,60	0,014	5,7
20-40	16,30	38,81	0,49	13,71	15,64	31,40	0,013	5,7
40-60	20,20	44,10	0,47	15,88	12,86	27,19	0,012	6,0
60-80	19,10	38,14	0,38	18,50	10,14	23,15	0,013	6,3
80-100	17,92	40,12	0,40	17,91	13,18	18,01	0,010	6,8
<i>Чернозем южный укороченной мощности малогумусный тягелосуглинистый</i>								
0-20	19,42	41,90	0,48	16,30	14,44	40,10	0,022	5,9
20-40	17,51	44,35	0,39	15,90	17,19	43,15	0,020	6,1
40-60	21,44	38,74	0,44	17,24	13,41	50,12	0,014	6,4
60-80	19,23	33,50	0,46	15,80	20,40	40,80	0,013	6,4
80-100	15,40	41,12	0,51	18,40	21,13	34,15	0,012	7,0
ПДК	132	110	2,00	130	80	100*	2,10	10,0

* ПДК (ОДК) – для песчаных и супесчаных почв; для суглинистых и глинистых почв ПДК не установлены.

Содержание Cd и Pb находится на одном уровне по всему профилю; As – с глубиной увеличивается, а Cr и Hg – уменьшается, как и Zn (кроме чернозема южного, где его концентрация по профилю сначала уменьшается, а затем увеличивается); Ni – уменьшается в черноземе обыкновенном, а в южном – увеличивается; наибольшее количество Cu в исследуемых черноземах в слое 40-80 см. Показатели не превышают ПДК.

Почва способна связывать соединения ТМ, переводя их в недоступные растениям формы, а определение количеств подвижных форм металлов дает представление об уровне потенциальных загрязнителей и возможности их перехода в растения. На их доступность растениям влияет тип почвы и ее свойства [9-12].

При мониторинге черноземов степной зоны получена информация по содержанию подвижных форм исследуемых микроэлементов тяжелых металлов в пахотном горизонте (0-20 см) черноземов степи (табл. 2).

30-летний мониторинг содержания подвижных форм в черноземах не выявил превышения ПДК металлов. Оно изменялось в пределах (мг/кг):

в черноземе обыкновенном среднесиловом малогумусном тягелосуглинистом: Cu – 0,14-0,29; Zn – 0,21-0,49; Cd – 0,05-0,14; Pb – 0,60-1,39; Ni – 0,39-0,75; Cr – 0,49-0,90;

в черноземе обыкновенном маломощном малогумусном супесчаном: Cu – 0,10-0,14; Zn – 0,18-0,54; Cd – 0,03-0,07; Pb – 0,41-0,74; Ni – 0,24-0,64; Cr – 0,25-0,56;

в черноземе южном укороченной мощности малогумусном тягелосуглинистом: Cu – 0,13-0,29; Zn – 0,22-0,53; Cd – 0,05-0,10; Pb – 0,58-1,00; Ni – 0,38-0,75; Cr – 0,27-0,94.

Можно отметить меньшее содержание подвижных форм в супесчаной почве, по сравнению с тягелосуглинистой.

2. Содержание подвижных форм тяжелых металлов в пахотном горизонте черноземов степной зоны, мг/кг почвы

Годы	Cu	Zn	Cd	Pb	Ni	Cr
<i>Чернозем обыкновенный среднесиловый малогумусный тягелосуглинистый</i>						
1994-1998	0,28	0,26	0,14	1,39	0,54	0,58
1999-2003	0,29	0,27	0,12	1,34	0,75	0,78
2004-2008	0,14	0,21	0,10	1,09	0,65	0,90
2009-2013	0,16	0,49	0,07	0,83	0,69	0,65
2014-2018	0,14	0,47	0,06	0,60	0,56	0,49
2019-2023	0,16	0,26	0,05	0,80	0,39	0,52
<i>Чернозем обыкновенный маломощный малогумусный супесчаный</i>						
1994-1998	0,10	0,18	0,06	0,62	0,24	0,25
1999-2003	0,12	0,20	0,05	0,41	0,45	0,41
2004-2008	0,10	0,26	0,07	0,52	0,59	0,56
2009-2013	0,13	0,43	0,06	0,60	0,55	0,49
2014-2018	0,13	0,42	0,05	0,59	0,64	0,29
2019-2023	0,14	0,54	0,03	0,74	0,35	0,40
<i>Чернозем южный укороченной мощности малогумусный тягелосуглинистый</i>						
1994-1998	0,29	0,26	0,09	0,86	0,53	0,27
1999-2003	0,24	0,33	0,09	1,00	0,73	0,64
2004-2008	0,16	0,24	0,10	0,80	0,75	0,94
2009-2013	0,16	0,53	0,08	0,88	0,71	0,64
2014-2018	0,13	0,44	0,06	0,58	0,59	0,40
2019-2023	0,15	0,22	0,05	0,68	0,38	0,49
ПДК	3,0	23,0		6,0	4,0	6,0

Определяли также валовые содержания Hg и As в черноземе обыкновенном и южном, превышений ПДК не обнаружено (рис.).

Особенности химического состава почв находят свое отражение в содержании элементов в растениях, на них произрастающих. Многие тяжелые металлы являются важными биогенами, и развитие растений, с одной стороны, без них невозможно, с другой, необходим мониторинг для своевременной реакции на возможное загрязнение ими [13-16]. Определение содержания ТМ и As в растениях в 2009-2023 г. выявило, что растениеводческая продукция соответствует экологическим требованиям (табл. 3).

Анализ растениеводческой продукции показал, что содержание исследуемых элементов составило (мг/кг):

1. Cu в зерне и соломе яровой пшеницы – 1,8-4,4 и 0,7-3,3 соответственно; ячменя – 1,4-4,3 и 0,8-3,2; льна масличного – 7,8 и 3,8; подсолнечника – 3,1 и 2,6; кукурузы на зеленую массу – 2,4-2,7; люцерны изменчивой – 1,9; могира – 1,8-2,3.

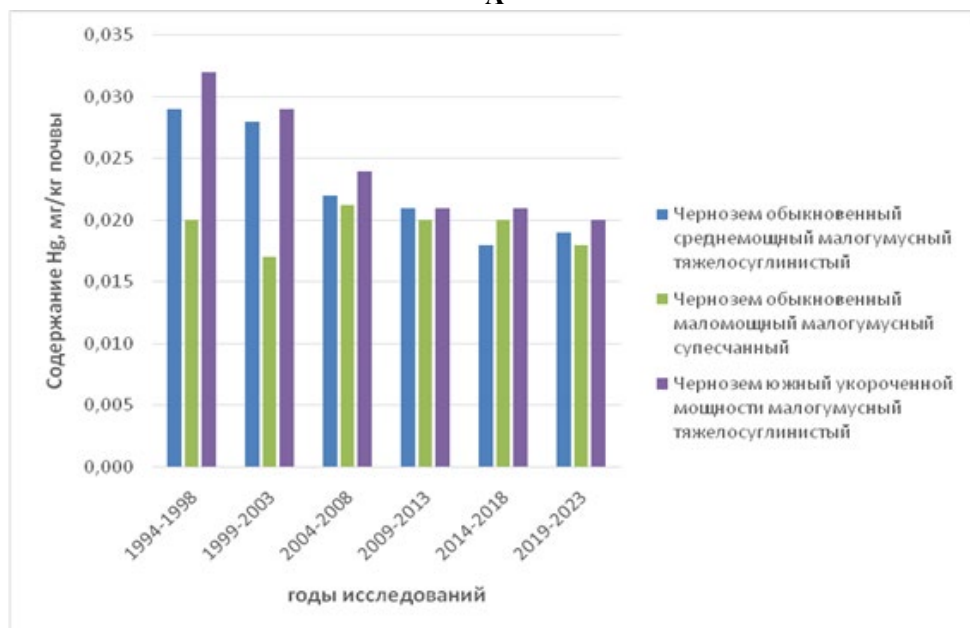
2. Zn в зерне и соломе яровой пшеницы – 5,9-21,6 и 4,1-11,9, ячменя – 11,8-18,2 и 6,3-10,9; льна масличного – 15,8 и 17,2; подсолнечника – 10,8 и 8,3; кукурузы на зеленую массу – 10,2-11,5; люцерны изменчивой – 6,8; могира – 6,3-7,2;

3. Cd в зерне и соломе яровой пшеницы – <0,02-0,063 и <0,02-0,079; ячменя – <0,02-0,051 и <0,02-0,065; льна масличного – <0,02 и <0,02; подсолнечника – 0,086 и 0,121; кукурузы на зеленую массу – 0,042-0,047; люцерны изменчивой – <0,02; могира – <0,02-0,062;

4. Pb в зерне и соломе яровой пшеницы – 0,17-0,49 и 0,11-0,78 соответственно; ячменя – 0,23-0,41 и 0,17-0,52; льна масличного – 0,34 и 0,38; подсолнечника – 0,98 и 0,89; кукурузы на зеленую массу – 0,30-0,33; люцерны изменчивой – 0,19; могира – 0,27-0,29;

5. Hg и As во всех культурных растениях не превышало минимальный уровень определения, т.е. они отсутствуют или количество минимально.

А



Б

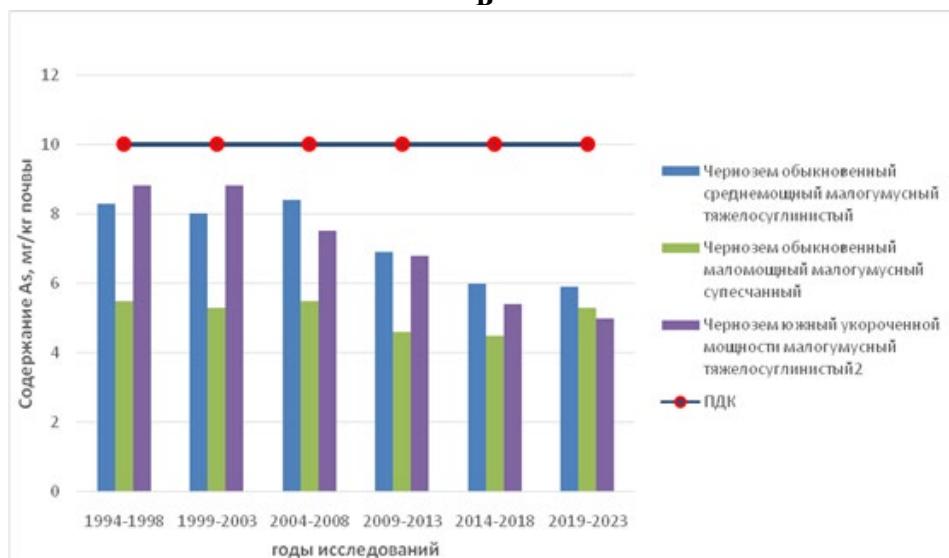


Рис. Содержание Hg (А) и As (Б) в пахотном горизонте черноземов степной зоны

3. Содержание тяжелых металлов и As в растениеводческой продукции на черноземах Западной Сибири, мг/кг

Год	Культура	Продукция	Химический элемент					
			Cu	Zn	Cd	Pb	Hg	As
Чернозем обыкновенный среднемощный малогумусный тяжелосуглинистый								
2009	Пар	-	-	-	-	-	-	-
2010	Пшеница	Зерно	1,8	12,1	0,030	0,33	<0,005	<0,01
		Солома	1,7	8,4	0,072	0,62	<0,005	<0,01
2011	Пшеница	Зерно	3,3	10,1	0,036	0,32	<0,005	<0,01
		Солома	2,5	6,5	0,043	0,54	<0,005	<0,01
2012	Ячмень	Зерно	2,2	15,9	0,035	0,30	<0,005	<0,01
		Солома	3,0	6,3	0,065	0,50	<0,005	<0,01
2013	Пшеница	Зерно	4,3	14,3	0,036	0,36	<0,005	<0,025
		Солома	2,2	8,4	0,047	0,32	<0,005	<0,025
2014	Пшеница	Зерно	3,8	10,2	0,039	0,37	<0,005	<0,025
		Солома	1,9	11,7	0,070	0,56	<0,005	<0,025
2015	Пшеница	Зерно	3,6	13,8	0,038	0,43	<0,005	<0,025
		Солома	2,9	9,6	0,047	0,59	<0,005	<0,025
2016	Подсолнечник	Семена	3,1	10,8	0,086	0,98	<0,005	<0,025
		Стебли	2,6	8,3	0,121	0,89	<0,005	<0,025
2017	Ячмень	Зерно	2,5	11,8	0,051	0,37	<0,005	<0,025
		Солома	1,8	6,3	0,059	0,40	<0,005	<0,025
2018	Кукуруза	Зеленая масса	2,4	10,2	0,047	0,33	<0,005	<0,025
2019	Пшеница	Зерно	2,9	13,0	0,048	0,31	<0,005	<0,025
		Солома	1,4	10,1	0,055	0,42	<0,005	<0,025
2020	Ячмень	Зерно	3,3	12,6	<0,02	0,24	<0,005	0,01
		Солома	0,8	9,0	<0,02	0,28	<0,005	0,08

Год	Культура	Продукция	Химический элемент					
			Cu	Zn	Cd	Pb	Hg	As
2021	Лен масличный	Зерно	7,8	15,8	<0,02	0,34	<0,005	<0,01
		Солома	3,8	17,2	<0,02	0,38	<0,005	0,06
2022	Ячмень	Зерно	1,4	9,3	<0,02	0,24	<0,005	<0,01
		Солома	1,9	8,3	<0,02	0,17	<0,005	0,02
2023	Пшеница	Зерно	4,0	19,2	0,03	0,17	<0,005	<0,01
		Солома	0,9	4,7	<0,02	0,11	<0,005	0,02
Чернозем обыкновенный маломощный малогумусный супесчаный								
2009	Кострец безостый	Сено	2,6	10,4	0,032	0,49	<0,005	<0,01
2010			2,7	5,5	0,050	0,30	<0,005	<0,01
2011			2,9	7,3	0,043	0,27	<0,005	<0,01
2012			2,5	5,7	0,042	0,46	<0,005	<0,01
2013			2,6	15,7	0,061	0,38	<0,005	<0,025
2014			2,4	6,3	0,078	0,65	<0,005	<0,025
2015			2,5	4,4	0,063	0,51	<0,005	<0,025
2016			2,4	4,8	0,065	0,56	<0,005	<0,025
2017	Кукуруза	Зеленая масса	2,7	11,5	0,042	0,30	<0,005	<0,025
2018	Ячмень	Зерно	2,5	11,8	0,044	0,27	<0,005	<0,025
		Солома	1,4	8,2	0,051	0,39	<0,005	<0,025
2019	Могар	Сено	1,8	7,2	0,062	0,29	<0,005	<0,025
2020	Ячмень	Зерно	1,7	12,2	<0,02	0,18	<0,005	0,04
		Солома	1,8	9,0	<0,02	0,52	<0,005	0,25
2021	Пар	-	-	-	-	-	-	
2022	Люцерна	Сено	1,9	6,8	<0,02	0,19	<0,005	0,01
2023	Ячмень	Зерно	4,3	18,2	0,04	0,23	<0,005	0,01
		Солома	0,9	7,8	<0,02	0,17	<0,005	0,05
Чернозем южный укороченной мощности малогумусный тяжелосуглинистый								
2009	Пшеница	Зерно	4,4	21,3	0,043	0,45	<0,005	<0,01
		Солома	1,8	9,0	0,064	0,78	<0,005	<0,01
2010	Пшеница	Зерно	3,4	13,3	0,040	0,40	<0,005	<0,01
		Солома	1,9	10,1	0,069	0,51	<0,005	<0,01
2011	Пшеница	Зерно	1,9	9,9	0,030	0,40	<0,005	<0,01
		Солома	1,7	8,0	0,061	0,42	<0,005	<0,01
2012	Пшеница	Зерно	2,7	16,7	0,035	0,25	<0,005	<0,01
		Солома	3,3	8,4	0,054	0,35	<0,005	<0,01
2013	Пшеница	Зерно	3,5	13,5	0,044	0,33	<0,005	<0,025
		Солома	1,9	11,9	0,052	0,36	<0,005	<0,025
2014	Пар	-	-	-	-	-	-	
2015	Пшеница	Зерно	2,6	13,7	0,054	0,49	<0,005	<0,025
		Солома	2,0	7,2	0,079	0,63	<0,005	<0,025
2016	Пшеница	Зерно	2,4	5,9	0,063	0,45	<0,005	<0,025
		Солома	2,1	4,8	0,071	0,33	<0,005	<0,025
2017	Ячмень	Зерно	2,4	13,3	0,030	0,36	<0,005	<0,025
		Солома	3,2	10,9	0,028	0,25	<0,005	<0,025
2018	Ячмень	Зерно	2,9	12,4	0,043	0,41	<0,005	<0,025
		Солома	1,6	10,1	0,051	0,52	<0,005	<0,025
2019	Ячмень	Зерно	2,6	11,2	0,039	0,24	<0,005	<0,025
		Солома	1,4	8,5	0,030	0,29	<0,005	<0,025
2020	Могар	Сено	2,3	6,3	<0,02	0,27	<0,005	0,15
2021	Пар	-	-	-	-	-	-	
2022	Пшеница	Зерно	2,8	10,2	<0,02	0,27	<0,005	<0,01
		Солома	1,8	8,4	<0,02	0,17	<0,005	0,01
2023	Пшеница	Зерно	4,2	21,6	0,03	0,22	<0,005	<0,01
		Солома	0,7	4,1	<0,02	0,15	<0,005	0,05
МДУ			30	50	0,3	5,0	0,05	0,5

Выводы. Анализ 30-летних данных содержания подвижных форм тяжелых металлов в черноземе обыкновенном и южном степной зоны не выявил превышения ПДК. В пахотном горизонте оно изменялось (мг/кг): Cu – 0,10-0,29; Zn – 0,18-0,53; Cd – 0,03-0,14; Pb – 0,41-1,39; Ni – 0,24-0,75; Cr – 0,25-0,94. Мониторинг ТМ и As в растениеводческой продукции выявил, что вся она соответствует экологическим требованиям. Содержание Cu составило 0,7-7,8 мг/кг; Zn – 4,1-21,6; Cd – <0,02 -0,79; Pb – 0,11-0,98; а Hg и As – не превышало минимальный уровень их определения.

Литература

1. Агроэкологический мониторинг почв на правом берегу Иртыша лесостепной зоны Омской области / В.М. Красницкий, И.А. Бобренко, А.Г. Шмидт, О.А. Матвейчик // Плодородие. – 2016. – №3. – С. 33-36.
2. Бобренко И.А., Матвейчик О.А., Бобренко Е.Г. Содержание тяжелых металлов и мышьяка в почвах и растениях лесостепи Западной Сибири // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2021. – №2. – С. 65-72.
3. Черных Н.А., Овчаренко М.М. Тяжелые металлы и радионуклиды в биогеноценозах. – М.: Агроконсалт, 2002. – 197 с.
4. Soil and ecological evaluation of agrochernozems of Siberia / A.A. Shpedt, Yu.V. Aksenova, M.R. Shayakhmetov, etc. // International Transaction Journal of Engineering, Management, & Applied Sciences & Technologies. – 2019. – Vol. 10. – №3. – pp. 309-318.

5. Shpedt A.A., Aksenova Y.V. Soil Exhaustion Criteria for Central Siberia // Journal of Pharmaceutical Sciences and Research. – 2018. – V. 10(4). – pp. 870-873.
6. Бобренко И.А., Аксенова Ю.В. Модели плодородия пахотных почв Омской области // Достижения науки и техники АПК. – 2021. – Т. 35. – №5. – С. 9-14.
7. Мищенко Л.Н., Мельников А.Л., Аксенова Ю.В. Почвы Западной Сибири: учеб. пособие. – 2-е изд., доп. – Омск: ФГБОУ ВО Омский ГАУ, 2018. – 284 с.
8. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения. – М.: Росинформагротех, 2003. – 240 с.
9. Azarenko Yu.A. Assessing the Fund of Strongly Bound and Mobile Forms of Zinc in the soils of agrocenoses in the forest-steppe and steppe zones of the Omsk Irtysh Land // Annals of Biology. – 2019. – 35 (1). – P. 67-72.
10. Агрохимические нормативные показатели минерального питания яровой пшеницы в лесостепи Западной Сибири / Н.В. Гоман, И.А. Бобренко, В.В. Попова, А.А. Гайдар // Известия ТСХА. – 2021. – №1. – С. 5-17.
11. Азаренко Ю.А. Содержание меди в почвах агроландшафтов Омского Прииртышья // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2021. – № 4 (44). – С. 7-18.
12. Степанова М.В., Остапенко В.А., Каледин А.П. Содержание тяжёлых металлов и мышьяка в почвах сельскохозяйственного назначения // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2020. – № 6 (86). – С. 15-21.
13. Азаренко Ю.А. Содержание микроэлементов в растениях на почвах лесостепных и степных ландшафтов Омского Прииртышья // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2016. – № 4 (24). – С. 65-74.
14. Изменчивость содержания макро- и микроэлементов в зерне твердой пшеницы в условиях южной лесостепи Западной Сибири / И.В. Потоцкая, М.Н. Кошкин, А.Л. Шпигель, В.П. Шаманин // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2023. – № 2 (50). – С. 58-67.
15. Конарбаева Г.А., Якименко В.Н. Изменение содержания тяжелых металлов в агроценозе при различной интенсивности применения минеральных удобрений // Достижения науки и техники АПК. – 2017. – Т. 31. – № 10. – С. 44-48.
16. Урожайность и потребление элементов питания яровой пшеницей при применении микроудобрений / Н.В. Гоман, И.А. Бобренко, В.В. Попова, А.А. Гайдар // Агрохимический вестник. – 2022. – №5. – С. 5-17.

MONITORING OF HEAVY METALS AND ARSENIC IN CHERNOZEMS AND PLANTS OF THE SOUTH OF WESTERN SIBERIA

V.M. Krasnitsky¹, I.A. Bobrenko², A.G. Schmidt¹, E.G. Bobrenko²

¹Agrochemical Service Center "Omskiy", 644012, Omsk, Korolev ave.. 34

² Omsk State Agrarian University, 644008, Omsk, Institutskaya Square, 1; E-mail: bobrenko67@mail.ru

The level and dynamics of the content of heavy metals and arsenic in chernozems and cultivated plants of the steppe zone of the South of Western Siberia have been determined. The basis of the research is the data of monitoring of the chernozems of the steppe in the south of Western Siberia, carried out by FGBI "CAC "Omsk" 1994-2023 on reference sites located on arable land in the Omsk region. Objects of research: cultivated plants and chernozems. The gross content of Cd, Pb is at the same level throughout the profile; As – increases with depth, and Cr and Hg – decreases, as does Zn (except for southern chernozem, where its concentration decreases along the profile, then increases); Ni – decreases in ordinary chernozem, in southern – increases; the largest amount of Cu It is observed in a layer of 40-80 cm in the studied chernozems. The indicators do not exceed the MPC. In the 0-20 cm layer, the content of mobile forms of heavy metals varied within the following limits (mg/kg): in ordinary medium-sized low-humus heavy loam chernozem: Cu – 0.14-0.29; Zn – 0.21-0.49; Cd – 0.05-0.14; Pb – 0.60-1.39; Ni – 0.39-0.75; Cr – 0.49-0.90; in ordinary low-power low-humus sandy loam: Cu – 0.10-0.14; Zn – 0.18-0.54; Cd – 0.03-0.07; Pb – 0.41-0.74; Ni – 0.24-0.64; Cr – 0.25-0.56; in the southern chernozem of shortened capacity, low-humus heavy loam: Cu – 0.13-0.29; Zn – 0.22-0.53; Cd – 0.05-0.10; Pb – 0.58-1.00; Ni – 0.38-0.75; Cr – 0.27-0.94. There is a lower content of mobile forms in sandy loam soil, compared with heavy loamy ones. Monitoring has shown that the content of heavy metals and As in cultivated plants meets environmental requirements. The Cu content was 0.7-7.8 mg/kg; Zn – 4.1-21.6; Cd – <0.02 -0.79; Pb – 0.11-0.98; and Hg and As – did not exceed the minimum level.

Keywords: heavy metals, arsenic, monitoring, chernozem, steppe, plants.

УДК 631.412

DOI: 10.25680/S19948603.2024.141.24

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ КАЛИЯ И РАДИОАКТИВНОГО ЦЕЗИЯ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЗЛАКОВЫХ КУЛЬТУР НА ТОРФЯНОЙ НИЗИННОЙ ПОЧВЕ

М.А. Ефремова¹, к.б.н., К.И. Цивка¹, В.М. Буре², д.т.н.

¹Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Санкт-Петербургский государственный аграрный университет»,

196601, г. Санкт-Петербург, Пушкин, Петербургское ш., д.2

E-mail: marina_efremova@mail.ru

²Санкт-Петербургский государственный университет

Увеличение содержания калия в торфяной низинной почве снижает накопление ¹³⁷Cs в злаковых культурах, однако эффективность взаимодействия этих элементов возрастает при увеличении дозы калийного удобрения выше 150 кг д.в./га в полевых условиях и 358±90 мг/кг почвы в лабораторном опыте, или в 5 и 13 раз соответственно. При этом наблюдается нелинейное изменение содержания обменного калия в торфяной почве, её водоудерживающей способности, концентрации минеральных и органических веществ в лизиметрических водах. По-видимому, это связано со снижением устойчивости органогенных супрамолекулярных комплексов, составляющих основу твердой фазы почвы. Математическая модель, описывающая взаимодействие калия и радиоактивного цезия в системе почва-растение, достаточно чувствительна к физико-химическим изменениям, протекающим в твердой фазе торфяной низинной почвы.

Ключевые слова: торфяная низинная почва, калий, радиоактивный цезий, коэффициент накопления, водоудерживающая способность почвы.