

Игорь Александрович Бобренко

Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, заведующий кафедрой агрохимии и почвоведения, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, Россия, Омск

E-mail: ia.bobrenko@omgau.org

Олег Анатольевич Матвейчик

Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, ассистент кафедры агрохимии и почвоведения, Россия, Омск

E-mail: Matvei4ik_oleg@mail.ru

Елена Геннадиевна Бобренко

Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, доцент кафедры экологии, природопользования и биологии, кандидат сельскохозяйственных наук, Россия, Омск

E-mail: eg.bobrenko@omgau.org

**СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И МЫШЬЯКА
В ПОЧВАХ И РАСТЕНИЯХ ЛЕСОСТЕПИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

Цель исследований – выявить уровень и закономерности изменения содержания тяжелых металлов и мышьяка в пахотных почвах и продукции лесостепи Омской области. Проанализированы данные мониторинга 1994–2018 гг. на реперных участках, заложенных на пахотных почвах. Объекты исследований: культурные растения и почвы (агрочернозем сегрегационный маломощный среднегумусированный тяжелосуглинистый, агрочернозем квазиглеевый среднемощный сильногумусированный тяжелосуглинистый, агросолонец гидрометаморфизованный глубокий легкоглинистый). Валовое содержание меди, никеля, хрома находится на одном уровне независимо от горизонта, мышьяка – с глубиной повышается, а кадмия, свинца и ртути – понижается, как и цинка (кроме агрочернозема сегрегационного, где его концентрация с глубиной понижается, но затем наблюдается обратная тенденция). В пахотном горизонте содержание тяжелых подвижных металлов изменялось в следующих пределах (мг/кг): в агрочерноземе сегрегационном маломощном среднегумусированном тяжелосуглинистом: медь – 0,12–0,15; цинк – 0,37–0,49; кадмий – 0,06–0,08; свинец – 0,62–0,71; никель – 0,52–0,69; хром – 0,29–0,68; в агрочерноземе квазиглеевом среднемощном сильногумусированном тяжелосуглинистом: медь – 0,11–0,14; цинк – 0,39–0,59; кадмий – 0,06–0,07; свинец – 0,67–0,79; никель – 0,62–0,70; хром – 0,50–0,94; в агросолонце гидрометаморфизованном глубоком легкоглинистом: медь – 0,11–0,14; цинк – 0,32–0,41; кадмий – 0,06–0,09; свинец – 0,58–0,64; никель – 0,57–0,70; хром – 0,54–0,70. В исследованиях также определялись валовые содержания ртути и мышьяка в почвах, превышений предельно допустимых концентраций не обнаружено. Мониторинг содержания тяжелых металлов и мышьяка в растительных пробах выявил, что сельскохозяйственная продукция, полученная на реперных участках, как основная, так и побочная, отвечает агроэкологическим требованиям. Содержание меди составило 1,9–4,3 мг/кг; цинка – 6,2–23,8; кадмия – 0,027–0,100; свинца – 0,28–1,11 мг/кг; а ртути и мышьяка – не превышало минимальный уровень определения на приборах данных показателей.

Ключевые слова: тяжелые металлы, мышьяк, содержание, почва, обследование, продукция.

Igor A. Bobrenko

Omsk State Agrarian University named after P. A. Stolypin, head of the chair of agrochemistry and soil science, doctor of agricultural sciences, associate professor, Russia, Omsk

E-mail: ia.bobrenko@omgau.org

Oleg A. Matveychik

Omsk State Agrarian University named after P. A. Stolypin, assistant of the chair of agrochemistry and soil science, Russia, Omsk

E-mail: Matvei4ik_oleg@mail.ru

Elena G. Bobrenko

Omsk State Agrarian University named after P. A. Stolypin, associate professor of the chair of ecology, environmental management and biology, candidate of agricultural sciences, Russia, Omsk

E-mail: eg.bobrenko@omgau.org

THE CONTENT OF HEAVY METALS AND ARSENIC IN SOILS AND PLANTS OF THE FOREST-STEPPE OF WESTERN SIBERIA

The purpose of the research is to identify the level and patterns of changes in the content of heavy metals and arsenic in arable soils and forest-steppe products of the Omsk region. Monitoring data for 1994–2018 on reference plots laid on arable soils are analyzed. Objects of research: cultivated plants and soils (low-power medium-humus heavy-loam segregated agrochernozem, medium-thick quasi-clay high-humus heavy-loam agrochernozem, hydrometamorphosed deep light-loam agrochernozem). The total content of copper, nickel, chromium is at the same level regardless of the horizon, arsenic-increases with depth, and cadmium, lead and mercury-decreases, as well as zinc (except for segregated agrochernozem, where its concentration decreases with depth, but then the opposite trend is observed). In the arable horizon, the content of heavy mobile metals varied within the following limits (mg/kg): in agrocenoses segregation of low-power srednekraevom loam: copper – 0.12–0.15; zinc – 0.37–0.49; cadmium – 0.06–0.08; lead – 0.62–0.71; nickel – 0.52–0.69; chrome – 0.29–0.68; in low-power medium-humus heavy-loam segregated agrochernozem: copper – 0.11–0.14; zinc – 0.39–0.59; cadmium – 0.06–0.07; lead – 0.67–0.79; nickel – 0.62–0.70; chrome 0.50–0.94; in hydrometamorphosed deep light-oam agrochernozem: copper – 0.11–0.14; zinc – 0.32–0.41; cadmium – 0.06–0.09; lead – 0.58–0.64; nickel – 0.57–0.70; chromium – 0.54–0.70. The studies also determined the total content of mercury and arsenic in soils, exceeding the maximum permissible concentrations were not found. Monitoring of the content of heavy metals and arsenic in crop samples revealed that agricultural products obtained at reference sites, both main and secondary, meet agroecological requirements. The content of copper was 1.9–4.3 mg/kg; zinc – 6.2–23.8; cadmium – 0.027–0.100; lead – 0.28–1.11 mg/kg; and mercury and arsenic – did not exceed the minimum level of determination of these indicators on the devices.

Keywords: heavy metals, arsenic, content, soil, survey, products.

Введение. Почва является начальным звеном в системе «почва – растение – человек», и от содержания и поведения в ней того или иного элемента зависит концентрация в последующих звеньях. В биосферу поступает свыше 500 тысяч различных загрязняющих химических веществ, значительная часть их накапливается в почве. В Западной Сибири фоновое загрязнение и перенос токсикантов еще не привели к повсеместным негативным последствиям. Однако это не означает, что подобные тенденции полностью отсутствуют. Для принятия своевременных профилактических мер важно располагать системой наблюдений и раннего обнаружения изменений в агроландшафтах [1, 2].

Омская область имеет структуру промышленности, которая формирует меньшую техногенную нагрузку на агроценозы региона, чем в европейской части страны. Поэтому поступление тяжелых металлов на поверхность почв и растений существенно и пока не ведет к их загрязнению [1–3].

В агроландшафтах наиболее распространены цинк, свинец, кадмий, ртуть, хром. Самыми токсичными являются кадмий, кобальт, медь, цинк, ртуть, свинец. Концентрация тяжелых металлов в почвах и растениях определяется химией типов почв и степенью антропогенного воздействия [4–6].

Цель исследований. Выявить уровень и закономерности изменения содержания тяжелых металлов и мышьяка в пахотных почвах и продукции лесостепи Омской области.

Материалы и методы. В основу исследований положены данные мониторинга лесостепной зоны Омской области, выполненного ФГБУ «ЦАС «Омский» в 1994–2018 гг. на реперных участках, заложенных на пахотных почвах.

Объекты исследований: культурные растения и почвы – агроchernozem сегрегационный маломощный среднегумусированный тяжелосуглинистый (СП «Дружба»), агроchernozem квазилевоый среднемощный сильногумусированный тяжелосуглинистый (СПК «Пушкинский»), агро-солонец гидрометаморфизованный глубокий легкоглинистый (ООО «Юрьевское»). Определение тяжелых металлов и мышьяка в почвах сельскохозяйственных угодий и продуктах растениеводства проводили согласно общепринятым методикам [7].

Результаты исследований и их обсуждение. При оценке уровня содержания в почвах тяжелых металлов и мышьяка их сравнивают с естественным фоном. Как правило, при необходимости контроля над техногенным загрязнением почв принято определять валовое содержание элементов (табл. 1).

**Валовое содержание тяжелых металлов и мышьяка
в почвах лесостепной зоны (2017 г.), мг/кг почвы**

Глубина отбора, см	Cu	Zn	Cd	Pb	Ni	Cr	Hg	As
	Агрочернозем сегрегационный маломощный среднегумусированный тяжелосуглинистый							
0–20	16,8	52,1	0,51	18,2	30,6	10,4	0,020	4,7
20–40	15,1	44,2	0,50	17,3	29,4	10,3	0,020	4,9
40–60	16,2	41,3	0,40	16,8	29,2	10,1	0,019	4,9
60–80	16,8	50,0	0,43	14,1	31,3	10,9	0,014	5,3
80–100	16,0	54,7	0,46	14,2	31,6	10,0	0,014	6,6
	Агрочернозем квазиглеевый среднемощный сильногумусированный тяжелосуглинистый							
0–20	23,4	63,2	0,68	21,0	36,4	12,1	0,019	5,3
20–40	21,0	53,6	0,50	19,6	35,0	12,5	0,011	6,2
40–60	21,8	59,8	0,58	18,8	36,1	12,0	0,013	6,7
60–80	20,7	53,0	0,54	18,0	34,1	11,4	0,013	6,0
80–100	20,8	49,2	0,47	17,9	33,2	12,0	0,006	6,3
	Агросолонец гидрометаморфизованный глубокий легкосуглинистый							
0–20	21,9	60,4	0,62	21,0	32,4	12,1	0,013	4,8
20–40	21,0	59,4	0,52	19,4	31,0	11,1	0,008	5,6
40–60	21,1	58,0	0,59	19,4	31,6	11,0	0,012	5,8
60–80	21,1	51,3	0,48	18,5	30,5	10,2	0,012	6,0
80–100	18,3	39,2	0,41	17,3	29,3	11,4	0,009	6,7
ПДК	132	220	2,0	130	30,6	43,8	2,1	10,0

Установлено, что валовое содержание исследуемых элементов не превышает ПДК, что характеризует почвы как незагрязненные. При этом содержание меди, никеля, хрома находится на одном уровне независимо от горизонта, мышьяка – с глубиной повышается, а кадмия, свинца и ртути – понижается, как и цинка (кроме агрочернозема сегрегационного, где его концентрация с глубиной понижается, но затем наблюдается обратная тенденция).

Однако валовое содержание не всегда может характеризовать степень опасности загрязнения

почвы, поскольку почва способна связывать соединения металлов, переводя их в недоступные растениям состояния. Правильнее говорить о роли подвижных и доступных для растений форм. Определение содержания подвижных форм нужно для характеристики миграции токсикантов из почвы в растения. Их доступность растениям изменяется от их вида и возраста, свойств почвы и климатических условий [8–12].

Нами была получена характеристика пахотного горизонта почв региона по содержанию подвижных форм исследуемых элементов (табл. 2).

Таблица 2

Содержание подвижных форм тяжелых металлов в пахотном горизонте почв лесостепной зоны (1994–2018 гг.), мг/кг почвы

Годы	Cu	Zn	Cd	Pb	Ni	Cr
Агрочернозем сегрегационный маломощный среднегумусированный тяжелосуглинистый						
1994 – 1998	0,13	0,43	0,08	0,69	0,52	0,57
1999 – 2003	0,15	0,39	0,07	0,67	0,56	0,64
2004 – 2008	0,12	0,37	0,07	0,65	0,69	0,68
2009 – 2013	0,13	0,49	0,06	0,71	0,63	0,39
2014 – 2018	0,13	0,48	0,06	0,62	0,62	0,29
Агрочернозем квазиглеевый среднемощный сильногумусированный тяжелосуглинистый						
1994 – 1998	0,13	0,44	0,07	0,71	0,68	0,78
1999 – 2003	0,13	0,42	0,06	0,73	0,67	0,78
2004 – 2008	0,14	0,39	0,07	0,79	0,62	0,84
2009 – 2013	0,12	0,50	0,06	0,67	0,70	0,50
2014 – 2018	0,11	0,59	0,06	0,70	0,69	0,51
Агросолонец гидрометаморфизованный глубокий легкоглинистый						
1994 – 1998	0,13	0,36	0,09	0,63	0,59	0,67
1999 – 2003	0,14	0,32	0,08	0,64	0,57	0,62
2004 – 2008	0,12	0,32	0,08	0,61	0,57	0,70
2009 – 2013	0,11	0,40	0,08	0,61	0,61	0,65
2014 – 2018	0,14	0,41	0,06	0,58	0,70	0,54
ПДК	3,0	23,0	–	6,0	4,0	6,0

Наблюдения за изменением содержания подвижных металлов в почвах с 1994 по 2018 г. не выявили превышения предельно допустимых концентраций. В пахотном горизонте содержание тяжелых подвижных металлов изменялось в следующих пределах (мг/кг):

1) в агрочерноземе сегрегационном маломощном среднегумусированном тяжелосуглинистом: медь – 0,12–0,15; цинк – 0,37–0,49; кадмий – 0,06–0,08; свинец – 0,62–0,71; никель – 0,52–0,69; хром – 0,29–0,68;

2) в агрочерноземе квазиглеевом среднемощном сильногумусированном тяжелосуглинистом:

медь – 0,11–0,14; цинк – 0,39–0,59; кадмий – 0,06–0,07; свинец – 0,67–0,79; никель – 0,62–0,70; хром – 0,50–0,94;

3) в агросолонце гидрометаморфизованном глубоком легкоглинистом: медь – 0,11–0,14; цинк – 0,32–0,41; кадмий – 0,06–0,09; свинец – 0,58–0,64; никель – 0,57–0,70; хром – 0,54–0,70.

В исследованиях также определялись валовые содержания ртути и мышьяка в почвах, превышений предельно допустимых концентраций не обнаружено (рис. 1, 2).

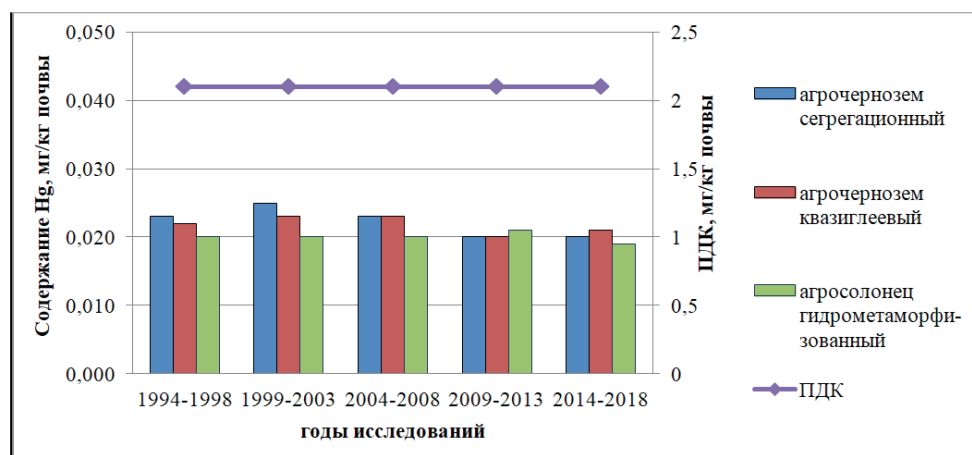


Рис 1. Содержание ртути в пахотном горизонте почв лесостепной зоны (1994–2018 гг.)

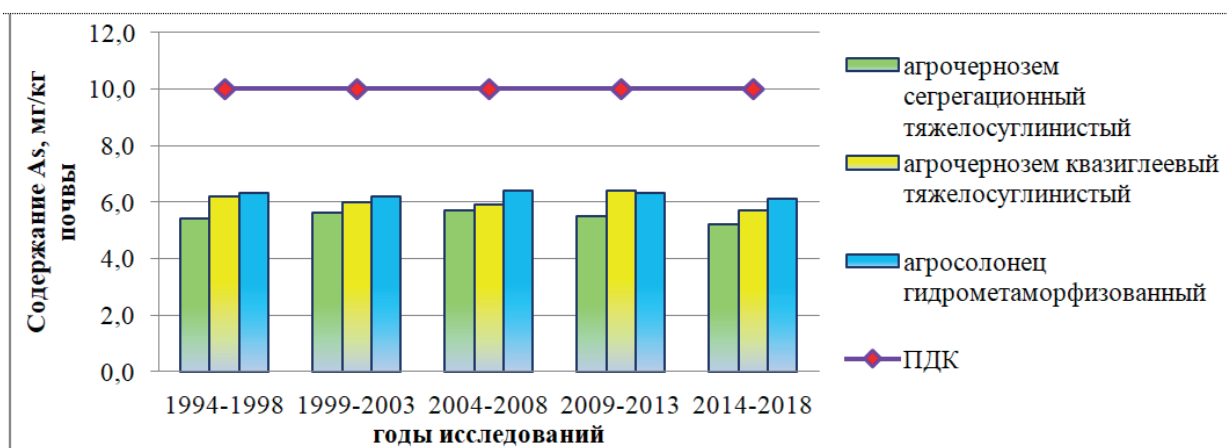


Рис. 2. Содержание мышьяка в пахотном горизонте почв лесостепной зоны (1994–2018 гг.)

Элементный состав растений зависит от химического состава почвы. Избыточное накопление тяжелых металлов растениями обусловлено прежде всего их высокими концентрациями в почвах [13–16].

Агроэкологический мониторинг содержания тяжелых металлов и мышьяка в растениеводческих пробах 2009–2018 гг. выявил, что сельскохозяйственная продукция, как основная, так и побочная, отвечает экологическим требованиям.

Таблица 3

Содержание тяжелых металлов и мышьяка в растениеводческой продукции реперных участков лесостепной зоны (2009–2018 гг.), мг/кг

Год	Культура	Продукция	Химический элемент					
			Cu	Zn	Cd	Pb	Hg	As
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Агрочернозем сегрегационный маломощный среднегумусированный тяжелосуглинистый								
2009	Овес	Зерно	3,2	14,4	0,027	0,33	<0,005	<0,025
		Солома	2,1	11,3	0,031	0,68	<0,005	<0,025
2010	Кукуруза	Зеленая масса	2,6	10,5	0,063	0,73	<0,005	<0,025
2011	Овес	Зерно	3,3	12,4	0,038	0,35	<0,005	<0,025
		Солома	2,1	8,5	0,059	0,42	<0,005	<0,025
2012	Пар	–	–	–	–	–	–	
2013	Пшеница яровая	Зерно	3,7	20,4	0,045	0,40	<0,005	<0,025
		Солома	2,9	6,8	0,051	0,31	<0,005	<0,025
2014	Пшеница яровая	Зерно	4,3	18,9	0,038	0,29	<0,005	<0,025
		Солома	2,1	9,7	0,100	0,43	<0,005	<0,025
2015	Пшеница яровая	Зерно	3,7	23,8	0,042	0,33	<0,005	<0,025
		Солома	1,9	11,9	0,085	0,61	<0,005	<0,025
2016	Пшеница яровая	Зерно	4,1	15,3	0,051	0,30	<0,005	<0,025
		Солома	3,3	11,7	0,038	0,35	<0,005	<0,025
2017	Пшеница яровая	Зерно	4,1	23,8	0,045	0,28	<0,005	<0,025
		Солома	2,5	11,2	0,030	0,37	<0,005	<0,025
2018	Ячмень яровой	Зерно	3,2	22,1	0,037	0,29	<0,005	<0,025
		Солома	1,7	8,4	0,045	0,78	<0,005	<0,025
Агрочернозем квазиглеевый среднемощный сильногумусированный тяжелосуглинистый								
2009	Люцерна	Зеленая масса	1,3	8,8	0,046	0,33	<0,005	<0,025

1	2	3	4	5	6	7	8	9
2010	Люцерна	Зеленая масса	1,5	7,2	0,045	0,38	<0,005	<0,025
2011	Люцерна	Зеленая масса	2,0	6,3	0,042	0,42	<0,005	<0,025
2012	Люцерна	Зеленая масса	2,4	9,4	0,082	0,47	<0,005	<0,025
2013	Кукуруза	Зеленая масса	3,1	6,9	0,064	0,39	<0,005	<0,025
2014	Кукуруза	Зеленая масса	3,5	7,8	0,067	0,44	<0,005	<0,025
2015	Овес	Зерно	3,7	14,3	0,042	0,29	<0,005	<0,025
		Солома	3,5	9,6	0,055	0,48	<0,005	<0,025
2016	Люцерна	Зеленая масса	2,38	7,92	0,066	0,30	<0,005	<0,025
2017	Люцерна	Зеленая масса	2,10	6,8	0,120	1,11	<0,005	<0,025
2018	Люцерна	Зеленая масса	1,80	6,2	0,084	0,73	<0,005	<0,025
Агросолонец гидрометаморфизованный глубокий легкоглинистый								
2009	Пшеница яровая	Зерно	4,3	14,9	0,040	0,39	<0,005	<0,025
		Солома	2,1	9,0	0,051	0,70	<0,005	<0,025
2010	Пшеница яровая	Зерно	3,3	10,1	0,050	0,39	<0,005	<0,025
		Солома	2,5	8,3	0,089	0,54	<0,005	<0,025
2011	Овес	Зерно	4,1	9,3	0,041	0,36	<0,005	<0,025
		Солома	2,5	8,3	0,071	0,67	<0,005	<0,025
2012	Люцерна	Зеленая масса	2,6	10,1	0,073	0,59	<0,005	<0,025
2013	Люцерна	Зеленая масса	2,2	8,6	0,057	0,34	<0,005	<0,025
2014	Люцерна	Зеленая масса	1,9	9,4	0,056	0,51	<0,005	<0,025
2015	Люцерна	Зеленая масса	2,8	8,9	0,069	0,48	<0,005	<0,025
2016	Люцерна	Зеленая масса	2,2	6,4	0,078	0,73	<0,005	<0,025
2017	Люцерна	Зеленая масса	1,9	7,3	0,072	0,42	<0,005	<0,025
2018	Пар	–	–	–	–	–	–	–
МДУ			30	50	0,3	5	0,05	0,5

Результаты исследований растениеводческой продукции, выращенной на пахотных почвах реперных участков, показали, что содержание исследуемых элементов составило (мг/кг):

1) меди в основной и побочной продукции зерновых культур – 3,2–4,3 и 1,9–3,5 соответственно; кукурузе на зеленую массу – 2,6–3,5; люцерне на зеленую массу – 1,3–2,8;

2) цинка в основной и побочной продукции зерновых культур – 9,3–23,8 и 6,8–11,9 соответственно; кукурузе – 6,9–10,5; люцерне – 6,2–10,1;

3) кадмия в основной и побочной продукции зерновых культур – 0,027–0,051 и 0,030–0,100 соответственно; кукурузе – 0,063–0,067; люцерне – 0,042–0,078;

4) свинца в основной и побочной продукции зерновых культур – 0,28–0,40 и 0,31–0,78 соответственно; кукурузе – 0,39–0,73; люцерне – 0,30–1,11;

5) ртути и мышьяка во всех исследуемых пробах растениеводческой продукции не превышало минимальный уровень определения на

приборах данных показателей, что говорит об их отсутствии или минимальном содержании в сельскохозяйственных культурах.

Заключение. Таким образом, анализ данных динамики содержания подвижных форм тяжелых металлов в почвах не выявил превышения предельно допустимых концентраций. В пахотном горизонте это содержание изменялось в следующих пределах (мг/кг): медь – 0,11–0,15; цинк – 0,32–0,59; кадмий – 0,06–0,09; свинец – 0,58–0,79; никель – 0,52–0,70; хром – 0,29–0,94. Мониторинг содержания тяжелых металлов и мышьяка в растениеводческих пробах выявил, что сельскохозяйственная продукция, полученная на реперных участках, как основная, так и побочная, отвечает агроэкологическим требованиям. Содержание меди составило 1,9–4,3 мг/кг; цинка – 6,2–23,8; кадмия – 0,027–0,100; свинца – 0,28–1,11 мг/кг; а ртути и мышьяка – не превышало минимальный уровень определения на приборах данных показателей

Литература

1. *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.
2. Агроэкологический мониторинг в Омской области: учеб. пособие / *В.М. Красницкий, И.А. Бобренко, В.И. Попова* [и др.]. Омск, 2016. 52 с.
3. Качество кормовых культур региона (на примере Омской области): учеб.-справ. издание / *В.М. Красницкий, И.А. Бобренко, Е.Г. Пыхтарева* [и др.]. Омск: ЛИТЕРА, 2017. 72 с.
4. *Азаренко Ю.А.* Закономерности содержания, распределения, взаимосвязей микроэлементов в системе почва-растение в условиях юга Западной Сибири: монография. Омск: Вариант-Омск, 2013. 232 с.
5. *Ермохин Ю.И., Трубина Н.К., Синдирева А.В.* Агроэкологическая оценка действия кадмия, никеля, цинка в системе почва-растение-животное: монография. Омск, 2002. 117 с.
6. *Черных Н.А., Овчаренко М.М.* Тяжелые металлы и радионуклиды в биогеноценозах. М.: Агроконсалт, 2002. 197 с.
7. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения / под ред. *Л.М. Державина, Д.С. Булгакова*. М.: Росинформагротех, 2003. 240 с.
8. *Болдышева Е.П.* Оптимизация применения цинковых удобрений при возделывании озимой ржи в Западной Сибири // Сб. науч. тр. Ставропольского научно-исследовательского института животноводства и кормопроизводства. Ставрополь, 2013. Т. 3, № 6. С. 36–39.
9. 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. P. 309–318.
10. *Shpedt A.A., Aksenova Y.V.* Soil Exhaustion Criteria for Central Siberia // *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*. 2018. V. 10 (4). P. 870–873.
11. *Попова В.И., Гоман Н.В.* Влияние микроудобрений на продуктивность озимой пшеницы при возделывании на лугово-черноземной почве в условиях Западной Сибири // Проблемы научно-технологической модернизации сельского хозяйства: производство, менеджмент, экономика: сб. тр. Междунар. науч.-практ. конф. обучающихся в магистратуре; Институт экономики и финансов ОмГАУ им. П.А. Столыпина. Омск, 2014. С. 80–84.
12. *Попова В.И.* Оптимизация применения микроудобрений под озимую пшеницу // *Россия молодая: передовые технологии – в промышленность*. 2013. № 3. С. 48–50.
13. *Болдышева Е.П.* Диагностика и оптимизация микроэлементного питания озимой ржи на лугово-черноземной почве Западной Сибири: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Омск, 2018. 18 с.
14. *Ермохин Ю.И.* Оптимизация минерального питания и качества картофеля и овощных культур: дис. ... д-ра с.-х. наук. Омск, 1983. 437 с.
15. Агроэкологический мониторинг почв на правом берегу Иртыша лесостепной зоны Омской области / *В.М. Красницкий, И.А. Бобренко, А.Г. Шмидт* [и др.] // *Плодородие*. 2016. № 3. С. 33–36.
16. *Попова В.И.* Оптимизация применения микроудобрений при возделывании озимой пшеницы в условиях южной лесостепи Западной Сибири: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Омск, 2018. 22 с.

Literatura

1. *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.
2. Agroekologicheskij monitoring v Omskoj oblasti: ucheb. posobie / *V.M. Krasnickij, I.A. Bobrenko, V.I. Popova* [i dr.]. Омск, 2016. 52 s.
3. Kachestvo kormovyh kul'tur regiona (na primere Omskoj oblasti): ucheb.-sprav. izdanie / *V.M. Krasnickij, I.A. Bobrenko, E.G. Pyhtareva* [i dr.]. Омск: ЛИТЕРА, 2017. 72 s.

4. *Azarenko Yu.A.* Zakonomernosti sodержaniya, raspredeleniya, vzaimo-svyazey mikroelementov v sisteme pochva-rastenie v usloviyah yuga Zapadnoj Sibiri: monografiya. Omsk: Variant-Omsk, 2013. 232 s.
5. *Ermohin Yu.I., Trubina N.K., Sindireva A.V.* Agroekologicheskaya ocenka dejstviya kadmiya, nikelya, cinka v sisteme pochva-rastenie-zhivotnoe: monografiya. Omsk, 2002. 117 s.
6. *Chernyh H.A., Ovcharenko M.M.* Tyazhelye metally i radionuklidy v biogenocenoazah. M.: Agrokonsalt, 2002. 197 s.
7. Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu kompleksnogo monitoringa plodorodiya pochv zemel' sel'skohozyajstvennogo naznacheniya / pod red. *L.M. Derzhavina, D.S. Bulgakova*. M.: Rosinformagrotekh, 2003. 240 s.
8. *Boldysheva E.P.* Optimizaciya primeneniya cinkovyh udobrenij pri vozdeleyvanii ozimoy rzhi v Zapadnoj Sibiri // Sb. nauch. tr. Stavropol'skogo nauchno-issledovatel'skogo instituta zhivotnovodstva i kormoproizvodstva. Stavropol', 2013. T. 3, № 6. S. 36–39.
9. 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. P. 309–318.
10. *Shpedt A.A., Aksenova Y.V.* Soil Exhaustion Criteria for Central Siberia // Journal of Pharmaceutical Sciences and Research. 2018. V. 10 (4). P. 870–873.
11. *Popova V.I., Goman N.V.* Vliyanie mikroudobrenij na produktivnost' ozimoy pshenicy pri vozdeleyvanii na lugovo-chernozemnoj pochve v usloviyah Zapadnoj Sibiri // Problemy nauchno-tekhnologicheskoy modernizacii sel'skogo hozyajstva: proizvodstvo, menedzhment, ekonomika: sb. tr. Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. obuchayuschihsya v magistrature; Institut ekonomiki i finansov OmGAU im. P.A. Stolypina. Omsk, 2014. S. 80–84.
12. *Popova V.I.* Optimizaciya primeneniya mikroudobrenij pod ozimuyu pshenicu // Rossiya molodaya: peredovye tekhnologii – v promyshlennost'. 2013. № 3. S. 48–50.
13. *Boldysheva E.P.* Diagnostika i optimizaciya mikroelementnogo pitaniya ozimoy rzhi na lugovo-chernozemnoj pochve Zapadnoj Sibiri: avtoref. dis. ... kand. s.-h. nauk. Omsk, 2018. 18 s.
14. *Ermohin Yu.I.* Optimizaciya mineral'nogo pitaniya i kachestva karto-felya i ovoschnyh kul'tur: dis. ... d-ra s.-h. nauk. Omsk, 1983. 437 s.
15. Agroekologicheskij monitoring pochv na pravom beregu Irtysha leso-stepnoj zony Omskoj oblasti / *V.M. Krasnickij, I.A. Bobrenko, A.G. Shmidt* [i dr.] // Plodorodie. 2016. № 3. S. 33–36.
16. *Popova V.I.* Optimizaciya primeneniya mikroudobrenij pri vozdeleyvanii ozimoy pshenicy v usloviyah yuzhnoj lesostepi Zapadnoj Sibiri: avtoref. dis. ... kand. s.-h. nauk. Omsk, 2018. 22 s.

