

УДК 540: 631.4/633  
© 2014

**Е.В. ГАЕВАЯ,  
Е.В. ЗАХАРОВА,**  
кандидаты биологических наук

**Л.Н. СКИПИН,**  
доктор сельскохозяйственных наук  
Тюменский государственный  
архитектурно-строительный  
университет, г. Тюмень, Россия  
E-mail: ele-gaevaya@yu.ru

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ  
МЕТАЛЛОВ В ЦЕПИ  
“ПОЧВА–РАСТЕНИЕ”  
В УСЛОВИЯХ ЮГА  
ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

*Отримані експериментальні дані про вміст важких металів свідчать про те, що за основними критеріями забруднення ґрунтів відносно ГДК усі ділянки півдня Тюменської області, що вивчаються, відповідають градації з відносно задовільною ситуацією. Вміст свинцю, кадмію, ртуті та миш'яку в рослинних кормах знаходився в межах встановлених нормативів.*

**Ключові слова:** важкі метали, концентрація, ґрунт, рослинні корми

В числе загрязняющих веществ по масштабам загрязнения и отрицательного воздействия на биологические объекты особое место занимают тяжелые металлы. В почве они накапливаются в гумусовом горизонте, а затем, увеличивая концентрацию в сотни раз, попадают от основания экологической пирамиды к её вершине. Токсическое действие тяжелых ме-таллов проявляется на всех трофических уровнях, вызывая нарушение функций отдельных структур клеток и протекания в них метаболических процессов. Повышенное содержание тяжелых металлов в почве обуславливает устойчивое изменение их свойств и функционирования почвенных организмов [3].

Тяжелые металлы поступают из окружающей среды, в которую они попадают в основном с промышленных предприятий, автотранспорта, при использовании пестицидов и агродохимикатов в сельскохозяйственном производстве. Опасность попадания тяжелых металлов в пищевую продукцию возрастает по мере загрязнения окружающей среды химическими веществами [1, 2].

Повышенный уровень токсичных металлов в почве приводит к их накоплению в растительности и отрицательно влияет на организм животных и качество получаемых от них продуктов.

Проблема загрязнения объектов природной среды экотоксикантами остаётся одной из наиболее сложных в стране. В условиях Тюменской области предприняты первые попытки исследований в этом направлении. Данная работа посвящена изучению экологического состояния компонентов агроэкосистем с учётом подверженности их техногенному загрязнению тяжёлыми металлами и состояния общего геохимического фона изучаемой территории.

**Цель исследований** – провести оценку состояния почвы и продукции растениеводства относительно содержания тяжёлых металлов в условиях юга Тюменской области.

**Материал и методика исследований.** Работы проводили в Испытательной лаборатории ГУ “Тюменская областная ветеринарная лаборатория” на соответствие требованиям СанПиН 2.3.2.1078-01, определяя содержание тяжелых металлов в почве и растительной продукции. Для этого использовали атомно-абсорбционные спектры “МГА–915” согласно с ГОСТ 30178-96 (свинец, мышьяк, кадмий, медь, цинк), “РА–915” в соответствии с МВИ М 04-46-2007 (ртуть).

В период 2000–2013 гг. было исследовано 1200 проб почвы и 940 проб растительной продукции.

1. Среднее содержание подвижных форм ТМ в пахотном горизонте почв юга Тюменской области

Район	Элементы, мкг/кг				рН
	цинк	медь	кадмий	свинец	
Тобольский	1,14±0,34	0,43±0,13	0,09±0,03	1,80±0,54	5,30
Н-Тавдинский	0,82±0,25	0,31±0,15	0,12±0,04	2,46±0,74	5,20
Викуловский	0,01±0,02	0,05±0,02	0,11±0,03	1,40±0,44	5,60
Тюменский	1,23±0,37	0,64±0,19	0,11±0,03	1,63±0,49	5,70
Исетский	0,99±0,30	0,43±0,13	0,18±0,04	1,86±0,56	5,40
Омутинский	0,80±0,24	0,41±0,12	0,12±0,03	1,34±0,40	5,50
Гольшмановский	0,01±0,02	0,05±0,02	0,11±0,03	1,15±0,35	5,70
ПДК/ОДК	23,00	3,00	0,50	6,00	

**Результаты исследования и их обсуждение.** В условиях Сибири проблемы, связанные с загрязнением почвы и растительной продукции тяжелыми металлами, изучены в недостаточной степени. Имеющиеся данные, как правило, увязывают эти процессы применительно к промышленным районам или непосредственно в пределах городской черты. В связи с этим имеется острая необходимость в изучении экологических проблем, обусловленных сельскохозяйственным производством. Знание последствий при-

меняемых технологий в области растениеводства позволит в перспективе уменьшить или устранить загрязнение почвы тяжелыми металлами и получить чистую в санитарно-гигиеническом отношении продукцию растениеводства. Результаты исследований по содержанию тяжелых металлов в почве представлены в табл. 1.

Почвы юга Тюменской области повсеместно обеднены подвижными формами цинка, а он, как известно, является одним из 10 важнейших микроэлементов, обеспечива-

2. Содержание тяжелых металлов в сене/соломе по районам юга Тюменской области

Район	Элементы, мг/кг			
	свинец	мышьяк	кадмий	ртуть
Тюменский	0,7375±0,1106	0,0325±0,0049	0,1290±0,0194	0,0200±0,0050
	0,5532±0,0830	0,0124±0,0019	0,0119±0,0018	0,0050±0,0013
Исетский	0,3587±0,0538	0,0124±0,0019	0,0199±0,0030	0,0112±0,0028
	0,4946±0,0742	0,3003±0,0450	0,0433±0,0065	0,0060±0,0015
Гольшмановский	0,2212±0,0332	0,0146±0,0022	0,0215±0,0032	0,0110±0,0028
	0,1616±0,0242	0,0186±0,0028	0,0248±0,0037	0,0072±0,0018
Тобольский	0,5370±0,0806	0,0124±0,0019	0,0513±0,0077	0,0100±0,0025
	0,5688±0,0853	0,0136±0,0020	0,0189±0,0028	0,0050±0,0013
Н-Тавдинский	0,4012±0,0602	0,0168±0,0025	0,0351±0,0053	0,0080±0,0020
	0,1966±0,0295	0,0252±0,0038	0,0649±0,0097	0,0052±0,0013
Викуловский	0,5469±0,0820	0,0261±0,0040	0,0355±0,0053	0,0121±0,0030
	0,5734±0,0860	0,0241±0,0036	0,0178±0,0027	0,0062±0,0016
Омутинский	0,2107±0,0316	0,0132±0,0020	0,0186±0,0028	0,0114±0,0029
	0,1426±0,0214	0,0557±0,0084	0,0213±0,0032	0,0081±0,0020
В среднем	0,4305±0,0646	0,0183±0,0027	0,0444±0,0067	0,0119±0,0030
	0,3844±0,0577	0,0643±0,0096	0,0290±0,0044	0,0061±0,0015
ПДК	5,0	0,5	0,3	0,05
	5,0	0,5	0,3	0,05

**СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКА ЕКОЛОГІЯ.  
РОСЛИННИЦТВО. ЗЕМЛЕРОБСТВО.  
СЕЛЕКЦІЯ**

*Содержание тяжелых металлов в цепи "почва-растение" в условиях юга Тюменской области*

ющих жизнедеятельность всех живых организмов на земле. Среднее его содержание в почвах составило 0,71 мг/кг, что ниже нормы, для обеспеченности всех групп растений.

В отличие от указанных элементов свинец и кадмий являются токсичными даже в малых количествах, поэтому их содержание контролируется санитарными правилами и нормами и их присутствие в почве даже в низких концентрациях нежелательно. В результате исследований были выявлены районы с относительно высоким (по отношению к другим районам) содержанием экотоксикантов. Это характерно для Исетского района, где содержание подвижных форм кадмия составило 0,18±0,05 мг/кг. В Нижнетавдинском районе содержание свинца достигало 2,46±0,74 мг/кг.

Экологический мониторинг почв на содержание тяжелых металлов показал, что превышения их по ПДК не обнаружено, хотя распределение на обследованных территориях неравномерно. По подвижности в почве металлы образуют такой ряд: Pb > Cd > Zn > Cu. С повышением кислотности почвы до 50 % кадмия переходит в подвижную форму, а около 50 % свинца, наоборот, связывается органическим веществом почвы в недоступные

для растений формы. Кроме того, с увеличением подвижности цинка наблюдается увеличение подвижности свинца, а с повышением доступности свинца уменьшается концентрация подвижных форм кадмия. Геохимический состав почвы на юге Тюменской области можно охарактеризовать как слабо подверженный техногенному загрязнению.

Растительность является важным источником питания для животных как в летнее, так и в зимнее время, а загрязненность растений тяжелыми металлами отражается не только на состоянии организма животных, но и людей (табл. 2, числитель).

Рассматривая динамику содержания тяжелых металлов в растительных кормах по югу Тюменской области при токсикологическом исследовании, отметим, что концентрация их сравнительно невелика и не превышает предельно допустимых концентраций. Видовой состав соломы за период исследования соответствовал произрастаемым зерновым культурам и включал в себя солому пшеничную, ячменную, овсяную, ржаную (табл. 2, знаменатель).

Концентрация элементов в соломе разных культур соответствует нормативным требованиям

**3. Содержание тяжелых металлов в зеленой массе/зерне по районам юга Тюменской области**

Район	Элементы, мг/кг			
	свинец	мышьяк	кадмий	ртуть
Тюменский	$\frac{0,6800 \pm 0,1020}{0,4439 \pm 0,0666}$	$\frac{0,0535 \pm 0,0080}{0,0121 \pm 0,0018}$	$\frac{0,2870 \pm 0,0431}{0,0315 \pm 0,0047}$	$\frac{0,0067 \pm 0,0017}{0,0012 \pm 0,0003}$
Исетский	$\frac{0,9769 \pm 0,1466}{0,2550 \pm 0,0383}$	$\frac{0,0549 \pm 0,0082}{0,0070 \pm 0,0011}$	$\frac{0,0208 \pm 0,0031}{0,0280 \pm 0,0042}$	$\frac{0,0073 \pm 0,0018}{0,0070 \pm 0,0018}$
Гольшмановский	$\frac{0,5526 \pm 0,0829}{0,2320 \pm 0,0348}$	$\frac{0,0975 \pm 0,0146}{0,0030 \pm 0,0005}$	$\frac{0,0344 \pm 0,0052}{0,0180 \pm 0,0027}$	$\frac{0,0066 \pm 0,0017}{0,0040 \pm 0,0010}$
Тобольский	$\frac{0,2870 \pm 0,0431}{0,2562 \pm 0,0384}$	$\frac{0,0467 \pm 0,0070}{0,1713 \pm 0,0257}$	$\frac{0,2580 \pm 0,0387}{0,0890 \pm 0,0134}$	$\frac{0,0080 \pm 0,0020}{0,0060 \pm 0,0015}$
Н-Тавдинский	$\frac{0,3373 \pm 0,0506}{0,2530 \pm 0,0380}$	$\frac{0,0805 \pm 0,0121}{0,0080 \pm 0,0012}$	$\frac{0,0204 \pm 0,0031}{0,0040 \pm 0,0006}$	$\frac{0,0079 \pm 0,0020}{0,0040 \pm 0,0010}$
Викуловский	$\frac{1,0229 \pm 0,1534}{0,2110 \pm 0,0317}$	$\frac{0,0696 \pm 0,0104}{0,0020 \pm 0,0003}$	$\frac{0,0221 \pm 0,0033}{0,0020 \pm 0,0003}$	$\frac{0,0080 \pm 0,0020}{0,0030 \pm 0,0008}$
Омутинский	$\frac{0,1810 \pm 0,0272}{0,3100 \pm 0,0465}$	$\frac{0,0367 \pm 0,0055}{0,0050 \pm 0,0008}$	$\frac{0,2750 \pm 0,0413}{0,0280 \pm 0,0042}$	$\frac{0,0080 \pm 0,0020}{0,0090 \pm 0,0023}$
В среднем	$\frac{0,6592 \pm 0,0989}{0,2802 \pm 0,0420}$	$\frac{0,0628 \pm 0,0094}{0,0298 \pm 0,0045}$	$\frac{0,1311 \pm 0,0197}{0,0286 \pm 0,0043}$	$\frac{0,0075 \pm 0,0019}{0,0049 \pm 0,0012}$
ПДК	$\frac{5,0}{5,0}$	$\frac{0,5}{0,5}$	$\frac{0,3}{0,3}$	$\frac{0,05}{0,05}$

ям экологической безопасности. Максимальное значение свинца наблюдалось в Викуловском районе, а мышьяка – в Исетском и находилось на уровне предельно допустимых концентраций. Содержание кадмия и ртути в соломе было в несколько десятков раз ниже ПДК.

Основным кормом для скота в летний период является зеленая трава, поедаемая животными на пастбище или в скошенном виде в кормушках. Зеленая масса относится к группе сочных и представляет собой наземную часть растений (листья и побеги). К зеленым кормам относятся травы естественных лугов, пастбищ, а также специально выращиваемые культуры для зеленой подкормки горохо-овсяная и вико-овсяная смеси. Пастбищная и скашиваемая на подкормку трава хорошо переваривается, легко усваивается, обладает диетическими свойствами (табл. 3, числитель).

Содержание тяжелых металлов в зеленой массе колеблется в широких пределах, но соответствует санитарно-гигиеническим нормам. Значения исследуемых элементов в кормах различных хозяйств существенно отличаются. Наиболее высокая кон-

центрация свинца выявлена в Викуловском районе, а кадмия – в Тюменском.

Зерно в рационе животных используется как в чистом виде, так и переработанном – комбикорм. Зерновые культуры ячмень, пшеница, овес, рожь способны накапливать тяжелые металлы в различных соотношениях (табл. 3, знаменатель).

Результаты исследованных образцов зерна подтвердили, что содержание свинца по югу области колеблется, но соответствует установленным нормам. Наименьшее его значение в 2,4 раза ниже ПДК зарегистрировано в Викуловском районе, а самое высокое отмечено в Тюменском. Максимальное значение накопленного мышьяка в зерне на уровне ПДК характерно для Тобольского района, а остальные его показатели находились на несколько порядков ниже ПДК. Самое высокое значение кадмия зарегистрировано в Тобольском районе, оно приближалось к предельному уровню. Наличие ртути в зерне совершенно не вызывает опасений, максимальные и минимальные её значения были соответственно в 2 и 10 раз меньше ПДК.

### Выводы

Таким образом, зерновая продукция в исследуемых районах Тюменской области по содержанию тяжелых металлов является экологически безопасной и может быть использована в пищевых и кормовых целях.

По югу области накопление тяжелых металлов в экологической цепи "почва-растение" соответствует качественному и количественному состо-

янию агроландшафта в данном регионе.

В почвах сельскохозяйственной зоны региона отмечается дефицит цинка и в меньшей степени меди. Загрязнение почв свинцом и кадмием отсутствует. Зерновые культуры, выращиваемые в Тюменской области, по экологическим и санитарно-гигиеническим нормам содержания тяжелых металлов отвечают принятым требованиям.

### Библиография

1. Глуховский А.Б., Влияние навоза, пестицидов и близости автодорог на содержание тяжелых металлов в почве и растениях / А.Б. Глуховский В.С. Сергеев, М.Ю. Ужов // Тяжелые металлы и радионуклиды в агроэкосистемах. – М., 1994. – С. 109–113.

2. Лукин С.В. Влияние автомобильной эмиссии на содержание тяжелых металлов в почвах придорожных экосистем / С.В. Лукин Ю.В. Мирош-

никова, Е.А. Пендюрин // Тезисы докл. Междунар. конф. "Экология и жизнь – 2000" (26–28 апреля 2000 г.). – Великий Новгород, 2000. – С. 75.

3. Черников В.А. Водорастворимые органические вещества как фактор почвенно-геохимической миграции тяжелых металлов / В.А. Черников, И.М. Яшин // Проблемы географии и экологии Западной Сибири. – Тюмень: Изд-во ТГУ, 1997. – С. 254–260.

Рецензент – доктор биологических наук,  
профессор А.В. Жуков