

Исследования показали, что черноземы обыкновенные умеренно засушливой и колочной степи по сравнению с черноземами выщелоченными характеризуются более высоким валовым содержанием меди, марганца и бора. Черноземы выщелоченные умеренно засушливой и колочной степи по сравнению с черноземами выщелоченными средней лесостепи содержат больше валовых меди, молибдена, марганца, цинка и кобальта.

Выявлена специфика в содержании микроэлементов по природно-почвенным зонам Алтайского края, заключающаяся в том, что содержание в почвах зоны черноземов засушливой и умеренно засушливой степи валовых меди, молибдена, марганца, цинка и кобальта выше по сравнению с их содержанием в почвах зоны каштановых почв сухой степи и в почвах зоны черноземов выщелоченных и серых лесных почв средней лесостепи.

#### Заключение

Вариационно-статистические показатели валового содержания микроэлементов в почвообразующих породах изучаемых почв свидетельствуют о возможном наличии недостатка в них валовых цинка и, реже, молибдена, марганца и меди. Однако валовое

содержание микроэлементов в материнских породах и черноземах умеренно засушливой и колочной степи соизмеримо с кларками литосферы. Верхние горизонты черноземов по сравнению с материнскими породами характеризуются более высоким содержанием микроэлементов, связанным с их биогенной аккумуляцией в гумусированных горизонтах.

#### Библиографический список

1. Бурлакова Л.М., Татаринцев Л.М., Рассыпнов В.А. Почвы Алтайского края: учебное пособие / Алтайский СХИ. – Барнаул, 1988. – 72 с.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1995. – 351 с.
3. Ковда В.А. Основы учения о почвах. – М.: Наука, 1973. – С. 443-448.
4. Мотузова Г.В. Соединения микроэлементов в почвах: системная организация, экологическое значение, мониторинг. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2012. – 168 с.
5. Обухов А.И., Плеханова И.О. Атомно-абсорбционный анализ в почвенно-биологических исследованиях. – М.: Изд-во МГУ, 1991. – 184 с.
6. Перельман А.И. Геохимия ландшафта. – М.: Высшая школа, 1975. – 342 с.



УДК 581.5

**Н.М. Троц,  
С.В. Обущенко,  
В.Б. Троц**

## ХАРАКТЕР ПОСТУПЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ОЗИМЫЕ ЗЕРНОВЫЕ КУЛЬТУРЫ САМАРСКОГО ЗАВОЛЖЬЯ

**Ключевые слова:** тяжелые металлы, металлотоксины, озимая рожь, озимая пшеница, озимая тритикале, чернозем, фитомасса, сухое вещество, стебель, корень, аккумуляция.

#### Введение

Одной из актуальных проблем современного земледелия является возрастающее техногенное привнесение в агроландшафты тяжелых металлов (ТМ): химических элементов плотностью более 5 г/см<sup>3</sup> и их

накопление в биологических объектах [1]. Попадая в систему почва – растение – животное – человек, они включаются в биологический кругооборот и пищевые цепочки, сохраняя в течение длительного времени (500-1500 лет и более) токсические и мутагенные свойства [2, 3]. Это требует мониторинга проблемы и разработки, адекватных технологических приемов, минимизирующих негативные последствия привнесения токсикантов.

**Цель исследования** – изучение особенностей накопления и характера локализации Cd, Pb, Zn, Cu, Co и Mn в фитомассе озимой ржи (*Secale cereale*), озимой пшеницы (*Triticum aestivum*) и озимой тритикале (*Triticosecale wittm*), возделываемых в различных почвенно-климатических условиях Самарского Заволжья.

**Условия, материалы и методы**

Исследования проводились в 2008-2010 гг. Пробы растений отбирались в соответствии с общепринятыми рекомендациями [4, 5] в северной лесостепной, центральной переходной и южной степной зонах, на стационарных опытных посевах. Почвы участков: чернозем выщелоченный – на севере; чернозем типичный – в центре и чернозем южный – на юге. Определение ТМ в фитомассе проводили пламенным и электротермическим вариантами атомно-абсорбционной спектроскопии с предварительной подготовкой проб методом «сухой» минерализации в лаборатории агрохимической станции «Самарская» [6].

**Результаты и их обсуждение**

Исследованиями выявлено, что больше всего из окружающей среды озимая пшеница поглощает Mn – в среднем от 31,70 до 51,10 мг на 1 кг воздушно-сухой биомассы, или 59,3-71,6% от общего объема изучаемых элементов (табл.). Относительно много поступает в растение и Zn – 15,54-19,27 мг/кг, или 21,8-36,1% от

общей суммы. Объем Cu и Pb в фитомассе варьировал в пределах 1,89-2,94 и 0,54-1,23 мг/кг, а их удельный вес в общем количестве металлотоксикантов равнялся, соответственно, 3,2-4,1 и 0,9-1,7%. Концентрация Co в сухой биомассе составляла 0,39-0,61 мг/кг, а Cd – 0,051-0,067 мг/кг, что не превышало 0,6-1,1 и 0,09-0,1% от общей массы ТМ. Таким образом, в порядке убывания в биомассе озимой пшеницы химические элементы образуют следующий ряд: Mn>Zn>Cu>Pb>Co>Cd.

Существенное влияние на характер накопления микроэлементов оказывали абиотические и биотические условия района возделывания культуры. Установлено, что растения, выращенные в северной зоне на черноземе выщелоченном, содержат в 1,4 раза больше Mn, чем растения, культивируемые на черноземе типичном, и в 1,6 раза больше растений южной зоны. По отношению к Cd, наоборот, прослеживалась обратная зависимость, озимая пшеница на черноземе южном содержала его на 26,4% больше, чем растения северной зоны и на 31,3% – центральной. Zn и Co более активно усваивались на черноземе типичном. Такие зональные особенности поступления элементов в растения можно объяснить разностью физико-химических условий почв, а также проявлением стимулирующего эффекта корневых выделений озимой пшеницы на данном типе почв или действием химических выделений сорняков, повышающих биодоступность ТМ [8].

Таблица

Содержание ТМ в озимых зерновых культурах, мг/кг воздушно-сухой массы, 2008-2010 гг.

Почва	Культура	Орган растения	Элементы					
			Cd	Pb	Zn	Cu	Co	Mn
Чернозем выщелоченный	озимая пшеница	колос	0,032	0,44	18,63	2,60	0,33	34,65
		стебель	0,037	0,51	11,35	1,74	0,50	41,13
		корень	0,091	2,73	16,65	4,49	1,11	77,53
		среднее	0,053	1,23	15,54	2,94	0,64	51,10
	озимая рожь	колос	0,038	0,09	13,53	2,19	0,19	22,73
		стебель	0,054	0,28	4,85	1,75	0,39	24,55
корень		0,104	1,62	12,38	4,14	1,42	75,20	
Чернозем типичный	озимая пшеница	колос	0,035	0,31	26,54	2,35	0,31	22,33
		стебель	0,056	0,68	14,50	2,19	0,42	31,08
		корень	0,061	1,19	16,78	4,17	1,09	53,11
		среднее	0,051	0,73	19,27	2,90	0,61	35,51
	озимая тритикале	колос	0,040	0,31	27,35	2,77	0,14	17,23
		стебель	0,066	0,45	13,65	1,93	0,20	18,17
корень		0,078	1,60	22,35	4,51	1,43	50,73	
среднее	0,061	0,78	21,11	3,07	0,60	28,71		
Чернозем южный	озимая пшеница	колос	0,039	0,19	23,50	1,35	0,21	21,96
		стебель	0,063	0,39	10,45	1,17	0,30	25,73
		корень	0,100	1,05	22,48	3,16	0,65	47,40
		среднее	0,067	0,54	18,81	1,89	0,39	31,70
ПДК			0,3	5,0	50,0	30,0	1,0	200
*МРФУ			0,28	0,55	20,66	6,44	0,22	58,45

\* По данным Н.М. Матвеева и др., 1997 г. [7].

Сравнение полученных результатов с индексами ПДК показало, что растения озимой пшеницы, выращенные во всех почвенно-климатических зонах Самарского Заволжья, содержат относительно небольшое количество металлостоксикантов. Уровень аккумуляции Cu был в 10,2-15,8 раза меньше ПДК, Pb – в 4,1-9,2, Mn и Cd – в 3,9-6,3, а Co и Zn – в 1,6-3,2 раза. Однако нами установлено превышение максимального регионального фонового уровня (МРФУ) по Co: на черноземе выщелоченном – в 2,9 раза, на типичном – в 2,8, а на южном – в 1,8 раза. В растениях северной и центральной зон отмечено превышение и по Pb, соответственно, в 2,2 и 1,3 раза.

Экспериментами установлено, что озимая рожь, в отличие от озимой пшеницы, на 25,1% меньше накапливает Mn, на 86,0% – Pb, на 51,6% – Zn, на 9,3% – Cu, и наоборот, на 30,2% больше аккумулирует Co, на 20,1% – Cd. При этом общий уровень поступления металлостоксикантов в фитомассу озимой ржи в идентичных почвенно-климатических условиях оказался на 29,3% ниже, чем в растения озимой пшеницы. Данную особенность необходимо учитывать при выборе культур для возделывания в условиях повышенного загрязнения агроэкосистем. Сравнение полученных результатов с индексами ПДК также не выявило их превышения. Объемы накопления Cd, Zn, Mn находились в пределах 2,4-21,6% от ПДК, Pb и Cu – на уровне 1,3 и 8,9%, а Co – 67,0% от ПДК. Полученные значения Cd, Zn, Cu и Mn были ниже и максимального регионального фонового уровня. Однако по Pb и Co отмечалось превышение МРФУ в 1,2 и 3,0 раза.

Анализ фитомассы озимой тритикале, выращенной в условиях центральной зоны на черноземе типичном, показали, что этот вид зернового растения на 23,6% по сравнению с озимой пшеницей меньше аккумулирует Mn, но на 20,2% больше поглощает из окружающей среды Cd, на 9,5% – Zn, на 5,8% – Cu и на 6,8% – Pb. При этом общий уровень абсорбированных токсикантов достигал в среднем 54,33 мг на 1 кг воздушно-сухой биомассы, что на 9,8% больше, чем в озимой пшенице. Относительно большой уровень поглощения химических элементов озимой тритикале обусловлен более мощной корневой системой и ее высоким градиентом сосущей силы, а также способностью усваивать труднодоступные, для других биотипов, почвенные соединения [9]. Однако несмотря на это величина поглощения ТМ растениями в условиях Самарского Заволжья не превышает ПДК. Ниже МРФУ отмечены и значения Cd, Cu и Zn. Вместе с тем выявлено, что куль-

тура способна на 41,8% больше фоновых индексов аккумулировать Pb и в 2,7 раза Co, а по уровню абсорбирования Zn озимая тритикале в 2,1 раза превосходит озимую рожь и в 1,1-1,4 раза – озимую пшеницу.

Исследованиями установлено, что большая часть поглощенных растениями ТМ локализуется в корневой системе и стеблях, меньшая – в колосе. Данная закономерность четко прослеживалась у всех изучаемых знаков, независимо от зоны возделывания, и была характерна для Cd, Pb, Co и Mn. Однако такие металлы, как Zn и Cu способны в относительно больших количествах аккумулироваться в соцветиях. Причем объем накопления Zn в колосьях может в 1,2-1,6 раза превышать его содержание в корнях и в 2,0-2,2 раза – в стеблях. Очевидно, это обусловлено физиологическими потребностями генеративных органов растений в этих элементах, их участием в синтезе высокомолекулярных органических соединений. В соответствии с выявленными особенностями локализации в озимых культурах Cd, Pb, Co и Mn образуют следующий убывающий ряд: корень>стебель>колос; Zn – колос>корень>стебель; Cu – корень> колос>стебель.

#### Выводы

По результатам исследований можно сделать заключение, что уровень аккумуляции Cd, Pb, Zn, Cu, Co и Mn озимыми культурами на всех подтипах изучаемых черноземов в условиях Самарского Заволжья не превышает ПДК, а по Cd, Zn, Cu и Mn – и максимального регионального фонового уровня. Объем аккумуляции токсикантов рожью на 29,3% меньше, а тритикале на 9,3% больше, чем озимой пшеницей. Наибольшее количество Cd, Pb, Co и Mn откладывается в корневой системе растений и минимальное – в колосьях. Zn и Cu способны в относительно больших объемах мигрировать в генеративные органы.

#### Библиографический список

1. Каплин В.Г. Основы экотоксикологии. – М.: КолосС, 2006. – 231 с.
2. Черных Н.А., Милащенко Н.З., Ладонин В.Ф. Экотоксикологические аспекты загрязнения почв тяжелыми металлами. – Пушкино: ОНТИ ПНЦ РАН, 2001. – 148 с.
3. Степановских А.С. Экология. – Курган: Зауралье, 2000. – 702 с.
4. Головатый В.Г., Бурцев В.Н., Котова Е.А. Методика постановки многофакторных экспериментов для обоснования технологий возделывания культур на землях, загрязненных тяжелыми металлами // Сельскохозяйственная биология. – 2009. – № 5. – С. 108-113.

5. Ильясов Р.Г., Алексахин Р.М., Фисинин В.И. Методология исследований и экспериментов в агроэкологии при различных типах техногенеза // Сельскохозяйственная биология. – 2010. – № 2. – С. 3-17.

6. Методические указания по атомно-абсорбционным методам определения токсичных элементов в пищевых продуктах и пищевом сырье / Государственный комитет санэпиднадзора РФ. – М., 1992. – 35 с.

7. Матвеев Н.М., Павловский В.А., Прохорова Н.В. Экологические основы аккумуляции тяжелых металлов сельскохозяйственными растениями в лесостепном и степном Поволжье. – Самара, 1997. – 220 с.

8. Бузмаков В.В., Москаев Ш.А. Природопользование и сельскохозяйственная экология. – М., 2005. – 477 с.

9. Васин В.Г., Васин А.В., Ельчанинова Н.Н. Растениеводство. – Самара, 2009. – 528 с.



УДК 631.46

**В.Н. Жуланова,  
В.М. Соловьева,  
В.В. Чупрова**

## ОЦЕНКА ПЛОДОРОДИЯ АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ПОЧВ ТУВЫ НА ОСНОВЕ МОНИТОРИНГА РЕПЕРНЫХ УЧАСТКОВ

**Ключевые слова:** почвенный мониторинг, почва, пашня, сенокосы, пастбище, аллювиальная почва, гумус, тяжелые металлы.

Широкое распространение в Туве имеют аллювиальные почвы, которые занимают долины больших и малых рек. Пойменные почвы в Туве являются продуктивными сельскохозяйственными угодьями. В регионе они в основном используются как сенокосно-пастбищные угодья. При использовании их под пашню возможно возникновение ряда негативных явлений, приводящих к ухудшению физико-химических свойств этих почв. Поэтому основной задачей агроэкомониторинга является контроль и наблюдение за состоянием основных блоков «почва-растения». Изменение свойств почв в основном следует в результате антропогенных нагрузок. В связи с этим необходим мониторинг для исследования последствий процессов, происходящих при сельскохозяйственном использовании почв.

**Цель работы** заключается в обобщении полученных материалов агроэкомониторинга аллювиальных почв реперных участков на земледельческой территории Тувы.

### Объекты и методы исследований

Объектом исследований служили аллювиальные почвы, характеризующие почвенный покров реперных участков (РУ), которые заложены в Турано-Уюкской, Улуг-Хемской, Хемчикской и Убсу-Нурской котловинах Тувы (табл. 1). Локальные участки были заложены специалистами ФГУ ГС аг-

рохимической службы «Тувинская» в соответствии с «Государственной программой мониторинга земель РФ», утвержденной постановлением Правительства РФ № 100 от 05.02.1993 г. Наименование почв дано по классификациям 1977 и 2004 гг. [1, 2].

Отбор почвенных образцов проводился в заложенных почвенных разрезах методом колонки через каждые 20 см до глубины 100 см в 1994-2008 гг., а из верхнего 0-20 см слоя – ежегодно с 1993 по 2010 гг.

Основные химические и физико-химические показатели в почвенных образцах определены в агрохимической лаборатории по стандартным методикам: гумус – по Тюрину, подвижный фосфор и обменный калий – по Мачигину в модификации ЦИНАО, рН водной вытяжки – потенциометрическим методом, емкость поглощения – по Бобко-Аскинази, подвижные соединения меди, цинка, кадмия и свинца – по Крупскому и Александровой, валовое содержание меди, цинка, кадмия и свинца – атомно-абсорбционным методом.

Статистическая обработка данных выполнена по программе Statistica.

### Результаты и их обсуждение

Аллювиальные почвы в регионе занимают большую площадь и находятся во всех котловинах. Пойменных почв около 354 тыс. га, или 2% от общей площади республики. Занято под пашней около 8%, сенокосами – 12, пастбищами – 62% от площади сельскохозяйственных угодий. Бонитет аллювиальных почв – 46 баллов.