

УДК 577.4

# ТЕХНОГЕННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ ЧЕЛЯБИНСКОЙ ОБЛАСТИ

Г.Ф. Манторова, Челябинский государственный педагогический университет

В Челябинской обл. определить степень техногенного загрязнения невозможно, т.к. затруднительно произвести сравнение с фоновыми значениями. Фоновые почвы должны принадлежать к одному и тому же типу биогеоценоза, что и загрязненные, на них должна отсутствовать хозяйственная деятельность, они должны быть удалены от источников загрязнения на 50—100 км [4]. Таких почв из-за высокой плотности промышленного производства в Челябинской обл. практически нет.

Исследования по выявлению распределения тяжелых металлов (ТМ) по профилю почвы проводили на участке, удаленном от Челябинского тракторного завода в западном направлении на 7 км (табл. 1).

Наибольшая сумма поглощенных ТМ отмечена в слоях 0—30 и 120—150 см (табл. 1). В этих же слоях кислотность почвы несколько ниже, чем в слое 40—100 см. Именно в этих слоях, и особенно в верхних, было сконцентрировано наибольшее количество практически всех, кроме стронция и кадмия, ТМ. Однако значения их были в пределах ПДК. Причем в верхнем (0—30 см) гумусированном пахотном слое ТМ сосредоточено больше, чем в нижних карбонатных слоях на глубине 120—150 см (например, содержание марганца превышало норму в 2 раза). Железа в нижних слоях почвы накопилось больше, чем в верхних. Это связано с промыванием почвы и большой подвижностью его по профилю почв.

Аккумуляция ТМ пахотным слоем, особенно при большом содержании гумуса, с одной стороны, способствует прочному связыванию ТМ и исключению их попадания в сопредельные среды, но с другой — приводит к потере гумуса, что сейчас наблюдается повсеместно в связи с интенсивным сельскохозяйственным использованием и несоблюдением закона возврата. Это, особенно в такой загрязненной зоне, как Южный Урал, и в частности Челябинская обл., грозит экологической катастрофой в виде

постепенного отравления живых организмов токсикантами разной природы, поскольку гумус прочно связывает многие химические элементы и предупреждает попадание их в почвенный раствор и вымывание.

Можно отметить, что в пределах 0,38—0,90 мг/кг почвы распределялся по профилю наиболее токсичный элемент — кадмий. В слое 0—10 см его содержалось 0,90 мг/кг при ПДК равной 3 мг/кг. Стронция в самых верхних слоях (от 0 до 30 см) было почти в 2 раза больше, чем в ниже расположенных (11,2—16,6 и 5,9—8,2 мг/кг почвы соответственно). Хрома особенно много накопилось в слое 0—10 см (25,0 мг/кг при pH=5,6), а также в слое 120—140 см (20,0—24,8 мг/кг почвы), где содержались карбонатные новообразования и значения pH были 5,6—5,9, в то время как в слое 30—100 см хрома содержалось 13—18 мг/кг при pH=4,4—4,7.

Если сравнивать концентрацию накопленных в почве ТМ с показателями ее среднего химического состава по Виноградову, то можно отметить, что содержание свинца, кадмия, цинка и кобальта превышало вышеуказанные показатели, а в сравнении с ПДК по Кюке их содержание укладывалось в пределы нормы. Следует заметить, что значения границ ПДК требуют уточнения и пересмотра, т.к. это связано со многими причинами: физико-химическими свойствами почвы, видами, семействами и сортами культур, токсичностью ТМ, проникающей их способностью, толерантностью растений и другими причинами и свойствами ТМ.

Пашня, где проводили исследования по изучению распределения ТМ в пахотном слое почвы при различных системах обработки, находилась в 50 км от г. Челябинска, других населенных пунктов с возможными источниками загрязнения вблизи не было. Результаты анализа содержания ТМ в почве на пашне показали, что все изучаемые

**Таблица 1. Распределение ТМ по слоям почвы (мг/кг) на участке в 7 км в западном направлении от источника загрязнения (1999 г.)**

Слой почвы, см	Сумма поглощенных оснований, мг/100 г почвы	pH	Свинец	Кадмий	Марганец	Медь	Цинк	Никель	Кобальт	Железо	Стронций	Хром	Всего ТМ
0—10	26,11	5,59	27,7	0,90	583	12,1	93,4	30,6	12,6	16100	16,6	25,0	16902
10—20	22,38	5,47	14,0	0,65	502	10,7	52,7	26,9	8,9	11550	13,7	15,3	12195
20—30	17,53	5,28	13,7	0,59	461	9,9	53,0	28,0	11,5	13050	11,2	16,9	13656
30—40	7,83	4,90	10,6	0,48	231	7,6	42,8	21,0	12,1	12800	7,8	16,0	13149
40—50	13,43	4,50	10,6	0,38	121	8,2	48,8	24,5	8,7	8150	8,2	18,0	8398
50—60	12,87	4,43	11,0	0,39	137	6,6	52,3	25,8	8,9	8750	6,4	15,6	9014
60—70	13,99	4,50	11,9	0,58	176	6,0	57	25,8	8,2	9450	7,0	13,0	9756
70—80	11,56	4,42	10,6	0,59	137	5,0	52,7	25,9	7,8	13900	7,9	16,5	14164
80—90	11,75	4,57	12,4	0,59	171	5,0	50,3	25,0	8,8	11500	6,5	13,4	11793
90—100	11,56	4,66	12,7	0,62	173	3,9	52,2	24,9	8,8	12700	7,0	15,2	12998
100—110	10,07	5,35	9,6	0,47	118	2,6	46,8	20,4	8,9	10900	6,5	19,2	11132
110—120	8,77	5,64	11,0	0,48	162	2,8	53,6	25,7	8,5	15700	5,9	18,3	15988
120—130	16,41	5,69	14,1	0,58	250	6,3	68,3	36,5	17,2	23900	6,4	20,0	24319
130—140	16,04	5,92	12,4	0,69	236	6,0	69,3	41,6	16,5	22350	6,5	24,8	22764
140—150	12,68	6,28	12,7	0,61	213	4,0	66,7	34,6	15,5	21450	6,4	16,9	21820
Средний химический состав твердой фазы почвы по Виноградову			10	0,5	800	20	50	40	8	37000	300	200	38429
ПДК по Кюке			100	3	—	100	300	50	—	—	—	100	—
ПДК, Россия			32	3-5	—	—	—	50	—	—	—	—	—

**Таблица 2. Содержание гумуса (%) и кислоторастворимых соединений ТМ в почве (мг/кг) весной в паровом поле при различных системах обработки в зернопаровом севообороте (2000 г.)**

Слой почвы, см	Гумус	Медь	Цинк	Свинец	Никель	Кобальт	Железо	Марганец	Кадмий	Хром
Отвальная										
0–10	6,56	14,9	39,1	17,9	47,2	14,2	13150	316	0,66	31,0
10–20	6,71	15,2	38,3	17,9	46,8	13,3	14950	322	0,66	31,8
20–30	6,32	14,2	37,9	16,2	45,7	13,4	13050	331	0,62	32,3
Среднее	6,53	14,8	38,4	17,2	46,6	13,6	13717	323	0,65	31,7
Комбинированная										
0–10	7,28	15,4	38,2	15,9	42,0	15,0	13550	320	0,65	28,5
10–20	7,72	16,0	38,9	16,3	42,5	14,5	12900	332	0,67	32,5
20–30	6,56	15,0	37,6	15,0	43,3	13,8	12800	339	0,67	30,6
Среднее	7,19	15,5	38,2	15,7	42,6	14,4	13083	330	0,66	30,5
Плоскорезная										
0–10	7,74	15,7	36,6	17,1	37,3	12,2	12550	341	0,70	30,1
10–20	7,56	16,0	36,7	14,3	41,0	12,2	11400	323	0,64	29,5
20–30	5,76	15,6	37,1	14,7	40,2	13,0	13900	270	0,65	28,0
Среднее	7,02	15,8	36,8	15,4	39,5	12,5	12617	311	0,67	29,2
ПДК по Kloke		100	300	100	50	—	—	—	3	100
Средний химический состав твердой фазы почвы по Виноградову		20	50	10	40	8	37000	800	0,5	200

химические элементы находились в пределах ПДК (табл. 2). Однако в сравнении с показателями среднего химического состава твердой фазы почвы по Виноградову в пахотном слое (0–30 см) отмечено превышение содержания свинца, никеля, кобальта и кадмия.

**Таблица 3. Содержание ТМ в почве (мг/кг) на одном поле в разных точках с неодинаковыми дозами применяемых ранее фосфорных удобрений (1999 г.)**

Содержание $P_2O_5$ , /мг/100 г почвы	Слой почвы, см	Свинец	Никель	Железо	Марганец	Хром
Повышенное (10,1–15,1)	0–10	22,2	76,3	16350	416	39,3
	10–20	18,8	71,5	13650	349	35,7
	20–30	18,4	74,6	14950	375	38,9
	Среднее	19,8	74,1	14983	380	38,9
Среднее (5,1–10,0)	0–10	17,9	61,3	16200	361	34,3
	10–20	17,5	63,0	13650	348	29,2
	20–30	18,4	58,8	12950	328	27,5
	Среднее	17,9	61,0	14267	346	30,3

**Таблица 4. Содержание ТМ в слое почвы 0–30 см (мг/кг) в 20 м от автомагистрали (2000 г.)**

Вариант	Содержание гумуса, %	Свинец	Никель	Кобальт	Марганец	Кадмий	Хром
Без защитной полосы	5,76	16,2	340	27,3	496	0,69	74,8
С защитной полосой	5,23	15,8	64,7	18,6	410	0,64	47,9
ПДК по Kloke		100	50	50	—	3	100
Валовое содержание ТМ в почве по Bowen		10	40	40	800	0,06	100

Сравнивая различные способы обработки почвы, можно отметить, что некоторые отклонения в содержании ТМ в пахотном слое в сторону увеличения были при ежегодной (в течение 25 лет) отвальной обработке по сравнению с плоскорезной. Кроме того, при отвальной обработке в верхнем слое (0–10 см) было больше накоплено свинца, никеля, кобальта, железа и хрома. Следовательно, ежегодное применение в течение 25 лет только отвальной обработки почвы по сравнению с плоскорезной способствовало большему накоплению ТМ. Это объясняется интенсивностью использования и степенью перемешивания слоев почвы. Доказательством является комбинированная система обработки, при которой величина содержания большинства ТМ в почве занимает промежуточное положение между показателями их при отвальной и плоскорезной системах обработки.

Большее накопление кислоторастворимых ТМ при отвальной системе обработки почвы связано и с меньшим содержанием гумуса (6,53 против 7,02 — при комбинированной и 7,19% — при плоскорезной), что объясняется более быстрой его минерализацией в результате интенсивного использования при ежегодной вспашке. Подобные результаты получены и по многим предшественникам в разных севооборотах в наших опытах и в исследованиях других авторов [1, 3].

Таким образом, содержание ТМ в почве зависело от способа и длительности ее обработки, содержания гумуса в почве.

Одной из причин появления ТМ в почве выше фоновых показателей являются минеральные удобрения, а точнее — балласт, вносимый в почву вместе с ними [2, 5]. Проведенные нами исследования показали, что там, где длительное время фосфорных удобрений вносили больше, содержание некоторых ТМ оказалось выше (табл. 3).

Близость полей к автомобильным дорогам также была причиной большого накопления ТМ в прилегающих почвах, а защитные лесные полосы значительно удерживали пыль и тем самым противодействовали попаданию ТМ на пашню (табл. 4).

Сравнение содержания ТМ в рассматриваемых вариантах со средним валовым содержанием их в почве по Bowen показало, что превышение средних показателей в обоих вариантах было по свинцу, никелю, кобальту и кадмию. По никелю отмечается превышение даже ПДК по Kloke. Это означает, что вблизи автомагистралей недопустимы посеы зерновых и кормовых культур в силу опасности их использования для человека и животных.

Итак, накопление ТМ в почве зависит от многих причин: содержания гумуса в почве, реакции почвенного раствора, приема обработки почвы, использования средств химизации, естественного фона содержания химических элементов, техногенного загрязнения, наличия защитных лесополос, подвижности химических элементов. **□**

Манторова Галина Филипповна  
Mantorova Galina Filiprovna

#### Резюме

Исследуется аккумуляция и распределение ТМ по профилю почвы в зависимости от содержания в почве гумуса, суммы поглощенных оснований, кислотности, использования средств химизации, способов обработки, наличия защитных лесополос вдоль автомагистрали.

#### Summary

We investigate accumulation and distribution of heavy metals over the floor profile depending on the humus content in soil, the amount of absorbed acidity bases, the use of methods of chemicalization, the processes, the presence of the forest shelter-belts along the motorway.

#### Ключевые слова

тяжелые металлы, техногенное загрязнение, аккумуляция, предельно допустимые концентрации (ПДК), толерантность растений, токсичность ТМ, средний химический состав твердой фазы почвы.

#### Keywords

Heavy metals, man-caused pollution, accumulation, maximum permissible concentrations (MPC), tolerance of plants, heavy metal toxicity, average chemical composition of solid soil.

#### Литература

1. Адерихин П.Г. Фосфор в почвах и земледелии Центрально-черноземной зоны полосы / П.Г. Адерихин. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 1970. – 248 с.
2. Алексеев Ю.В. тяжелые металлы в почвах и растениях [Текст] / Ю.В. Алексеев. – Л.: Агропромиздат, Ленинград. отд., 1987. – 142 с.
3. Минеев В.Г. Экологические функции агрохимии / В.Г. Минеев // Агрохимический вестник. – 1998. – № 3. – С. 14-16.
4. Муха В.Д. Соотношение тяжелых металлов в почве и почвообразующей породе как критерий оценки загрязненности почв / В.Д. Муха, А.Ф. Сулима, Т.В. Карпинец и др. // Почвоведение. – 1998. – № 10. С. 1265-1270.
5. Шафронов О.Д. экологические аспекты внесения фосфорных удобрений / О.Д. Шафронов, В.И. Титова, Л.Д. Варламова // Агрохимический вестник. – 1997. – № 3-4. – С. 42-43.