

УДК 632.931.1:631.67 06.00.00

UDC 632.931.1:631.67 06.00.00

06.00.00 Сельскохозяйственные науки

Agriculture

**ОСОБЕННОСТИ МИГРАЦИИ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ ВОДОРАСТВОРИМЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПОЧВЫ В РАЗНЫЕ ЧАСТИ ПЛОДА КАБАЧКОВ****MIGRATION FEATURES OF HEAVY METALS FROM WATER SOLUBLE SOIL COMBINATIONS IN DIFFERENT PARTS OF A SQUASH FRUIT**

Шумакова Галина Евгеньевна  
канд. с-х наук, доцент, докторант кафедры  
техносферной безопасности, мелиорации и  
природообустройства, [mr.chister2@mail.ru](mailto:mr.chister2@mail.ru)  
*Новочеркасский инженерно-мелиоративный  
институт им. А.К. Кортунова ФГБОУ ВО  
Донской ГАУ, г. Новочеркасск, Россия*

Shumakova Galina Evgenievna  
Cand.Agr.Sci., associate professor, Chair of  
Technosphere safety, land reclamation and  
environmental engineering  
*Novocherkassk Reclamation Engineering Institute  
named after A.K. Kortunov FGBOU Donskoy GAU,  
Novocherkassk, Russia*

Изучалось накопление тяжёлых металлов в составных частях кабачка (кора+мякоть, мякоть, кожура семян, ядра семян, плодоножки). Известно, что основным источником питания агрокультур являются подвижные водорастворимые органо-минеральные соединения почвы в разной степени загрязнённые тяжёлыми металлами [1]. В процессе их миграции они способны к накоплению в различных частях растений или к рассеянию. Автором разработан механизм количественной оценки миграции тяжёлых металлов в направлении выноса подвижных водорастворимых соединений почвы в состав различных частей агрокультуры кабачка Белого. Построены ряды подвижности тяжёлых металлов в направлении от самого подвижного марганца к самому инертному железу. Выбрана модель оценки подвижности остального спектра тяжёлых металлов, а именно: свинца, кадмия, цинка, меди, никеля, кобальта относительно марганца и железа. Основываясь на положении отдельного элемента в ряду подвижности и его концентрации можно определить источник поступления в плоды кабачка, это могут быть водорастворимые соединения в почве, поливная вода и атмосферные аэрозоли. Полученная информация может быть использована для оценки качества составных частей кабачка и другой агропродукции

The accumulation of heavy metals was studied in different component parts of a White squash (skin and flesh, flesh, seed skin, seed kernel, peduncle). It is known that the basic source of feed for agricultural crops are mobile water soluble organic and mineral soil combinations which are polluted by heavy metals in different degrees. In the process of their migration they are able to accumulate in different parts of plants or to disperse. The mechanism of quantitative estimation of migration of heavy metals in direction of removal of mobile water soluble soil combinations to various parts of a White squash is developed by the author. The ranks of mobility of heavy metals are made from the most mobile manganese to the most indifferent iron. The model of estimation of mobility of the rest spectrum of heavy metals is chosen, namely: lead, cadmium, zinc, copper, nickel, cobalt in relation to manganese and iron. Basing on the position of a separate element in a mobile rank and its concentration it is possible to define the source of entering to a squash fruit. It may be water soluble soil combinations, irrigation water and atmospheric aerosols

Ключевые слова: ТЯЖЁЛЫЕ МЕТАЛЛЫ, ВОДОРАСТВОРИМЫЕ СОЕДИНЕНИЯ, ПЛОДЫ КАБАЧКА, РЯДЫ ПОДВИЖНОСТИ, ФОНОВАЯ СРЕДА, ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПЛОЩАДКА, ПОЧВА

Keywords: HEAVY METALS, WATER SOLUBLE COMBINATIONS, SQUASH FRUIT, RANKS OF MOBILITY, ENVIRONMENT, EXPERIMENTAL PLOT, SOIL

Doi: 10.21515/1990-4665-125-021

## Введение

Повышение требований к качеству агропродукции в связи с накоплением тяжёлых металлов в составных частях плодов,

употребляемых в пищу, вынуждает специалистов к изучению проблемы и разработке мероприятий для снижения последствий загрязнения. Естественный круговорот вещества в условиях обменных процессов окружающей среды вовлекает тяжёлые металлы в широкий спектр коллективных (химических, биогеохимических, геохимических) взаимодействий в различных средах провоцирует их рассеяние или накопление в составных частях овощных культур [2].

Большинством авторов проводились исследования валового содержания тяжёлых металлов в почве и растениях без углублённого рассмотрения отдельных элементов, без разграничения источников эмиссии, выявления причин и динамики их миграции. Недостаточно изучены объекты выбросов и сбросов загрязнителей в окружающую среду, т.к. очень трудно ограничить зону их влияния обычно оперируют понятием суммарное, а не селективное загрязнение. Вышеобозначенной проблемой в Ростовской области занимались: Минкина Т.М., Назаренко О.Г., Мотузова Г.В. (2009), Калиниченко В.П., Ляшенко Г.М. (2007), Малышева З.Г. (2006), Ивонин В.М. (1991), Громакова Н.В. (2015), Кокин А.В., Шумакова Г.Е (2014-2016) и др. Поэтому основной целью исследований автора является: оценка синергетического влияния основных факторов качества окружающей среды на состояние загрязнения тяжёлыми металлами агрокультур [3], в условиях фоновой среды при орошении водой различного качества; оценка динамики подвижности Mn, Fe, Cd, Pb, Cu, Co, Ni в направлении выноса из водорастворимых соединений почвы в состав плодов овощных культур; в количественной оценке накопления тяжёлых металлов в разных частях плодов агрокультур для использования **полученной информации в практических целях оценки качества сельскохозяйственной продукции**, в условиях фоновых подсистем агроэкосистем.

*1. Подсистема фоновой агроэкосистемы. Кабачки (табл. 1), выращенные в условиях фоновом участка, поливная вода из артезианской скважины*

Анализ таблиц 1 и 2 даёт возможность выделить следующее:

1. В коре плодов кабачков по сравнению с концентрациями водорастворимых соединений в почве концентрации Cu более чем в 11, Ni и Fe в более чем 5 раз выше. И в этом случае возникает вопрос об источнике этих металлов в составе коры и мякоти кабачков. Можно предположить, что избыток этих элементов в составе коры кабачков либо является специфической биохимической особенностью кабачков, либо эти элементы напрямую усваиваются из органоминерального состава почвы, либо источником пополнения концентраций этих металлов является поливная вода. Других источников загрязнения кабачков не может быть в условиях фоновой среды. Это подтверждается и тем что в составе мякоти кабачков велико превышение не только Cu, Ni и Fe относительно подвижных водорастворимых соединений в почве, но и биофильного Zn.

2. В семенах кабачков относительно подвижных водорастворимых соединений накапливается больше Cd, Cu, Ni, Fe. Их источником по аналогии должны быть органоминеральные соединения почвы или поливная вода, которые усваиваются напрямую семенами кабачков, поскольку это фоновая площадка и других источников загрязнения нет. Отсюда возникает вопрос, как распределены концентрации ТМ относительно кожуры и ядер семян?

3. В ядрах семян кабачков небольшое превышение концентраций над кожурой семян устанавливается для Cu, Ni и Co. Однако эти превышения ниже ПДК для растений. В ядрах семян относительно подвижных водорастворимых соединений почвы более чем в 10 раз превышаются концентрации Cu, почти в 2,5 раза Ni и более чем в 20 раз – Fe. Относительно мякоти тыквы в ядрах семян устанавливается, кроме того, превышение концентраций Pb и Co. Следовательно, можно

утверждать, что **в условиях фоновой среды (но ниже ПДК для растений), как и на примере тыквы, широкий круг ТМ участвует в обменных процессах внутри ядер семян в составе органических соединений.**

В кожуре семян относительно ядер семян кабачков небольшие превышения концентраций отмечаются для Zn, Cu, Ni, Co, которые в процессе вегетации кабачков накапливаются в кожуре относительно ядер семян.

4. Значительные концентрации Cd накапливаются в составе семян, мякоти и коры кабачков, ядер семян, плодоножек кабачков. Эти концентрации превышают его запас в составе водорастворимых соединений почвы и значит, основным его источников в кабачках является поливная вода артезианской скважины.

Накопление тяжёлых металлов в составе различных частей кабачков связана с динамикой изменения степени их подвижности в процессе усвоения питательных веществ из водорастворимых соединений почвы и поливной воды. В условиях резкого падения подвижности тяжелых металлов в цепи: водорастворимые соединения – кора кабачков – мякоть кабачков (кожура) семян и ядра семян кабачков тяжелые металлы должны накапливаться в тех частях растений, где подвижность их уменьшается и, напротив, мигрировать в условиях увеличения их подвижности.

В этой связи опять-таки большой интерес представляет собой динамика изменения рядов подвижности тяжелых металлов в составе разных частей кабачков.

*2.Расчёт рядов подвижности тяжелых металлов в направлении от подвижных водорастворимых соединений почвы к различным составным частям кабачков.*

**Ряд 1.** Подвижные водорастворимые соединения почвы/ аморфный запас почвы: **Mn(34,5)** — Pb(0,072) — Cd(0,05) — Zn(0,048) — Ni(0,029) — Co(0,24) — Cu(0,014) — **Fe(0,0003)** →.

**Ряд 2.** Плодоножка кабачков/подвижные водорастворимые соединения почвы: ← Cd(0,03) — Co(0,023) — Pb(0,111) — Ni(2,36) — Cu(8,4) — Zn(15,2) — **Mn(34,5)** — **Fe(52,3)**.

Ряд подвижности ТМ испытывает инверсию таким образом, что Mn и Fe располагаются рядом, подчёркивая их максимальную подвижность. В плодоножку кабачков сбрасываются концентрации всех ТМ, кроме Cd, Co, Pb.

**Ряд 3.** Кора с мякотью кабачков/подвижные водорастворимые соединения почвы: ← Co(0,04) — Pb(0,07) — **Mn(0,101)** — Zn(0,44) — Cd(1,03) — Ni(5,05) — Cu(11,16) — **Fe(5,61)**.

Ряд меняет свою структуру. Подвижности марганца и железа меняются очень сильно. В кору с мякотью сбрасываются Ni, Cu, Fe. Cd ведёт себя индифферентно.

**Ряд 4.** Мякоть кабачков/подвижные водорастворимые соединения почвы: ← **Pb(0,03)** — **Co(0,04)** — **Mn(0,134)** — Zn(0,47) — Cd(1,27) — Ni(1,34) — **Fe(2,67)** — Cu(7,77).

Таблица 1. Кабачки. Фоновая площадка Поливная вода артезианская.  
Изменение отношений концентраций в разных составных частях кабачков вне источников антропогенного загрязнения, мг/кг

№ п/п	Исследуемые образцы, отношения концентраций ТМ в них	Элементы, мг/кг									
		Pb	Cd	Zn	Cu	Mn	Ni	Co	Fe	Сумма	Среднее
1	Плодоножки кабачков	0,140	0,024	8,0	3,8	16,4	0,81	0,023	31,2	60,40	7,55
2	Кора с мякотью	0,088	0,017	7,6	4,6	18,2	2,93	0,009	6,1	39,55	4,93
3	Мякоть	0,041	0,021	8,1	3,2	24,0	0,78	0,010	2,9	39,05	4,89
4	Кожура семян	0,174	0,019	7,3	4,0	19,7	0,92	0,009	29,8	61,92	7,74
5	Ядра семян	0,10	0,011	7,9	4,4	14,8	1,44	0,014	22,5	51,16	6,39
6	Семена	0,274	0,030	15,2	8,4	34,5	2,36	0,023	52,3	113,09	14,13
7	Ядра семян/кожура семян	0,57	0,58	1,08	1,1	0,75	1,56	1,55	0,75	7,94	0,99
8	<i>Семена/кожура семян</i>	<i>1,57</i>	<i>1,58</i>	<i>2,08</i>	<i>2,1</i>	<i>1,75</i>	<i>2,56</i>	<i>2,55</i>	<i>1,75</i>	<i>15,94</i>	<i>1,99</i>
9	<i>Семена/ядра семян</i>	<i>2,74</i>	<i>2,73</i>	<i>1,92</i>	<i>1,91</i>	<i>2,33</i>	<i>1,64</i>	<i>1,64</i>	<i>2,32</i>	<i>17,23</i>	<i>2,15</i>
10	Плодоножки кабачков/подвижные водорастворимые соединения почвы	0,111	1,45	0,46	9,22	0,09	1,40	0,101	28,70	41,53	5,19
11	Кора с мякотью кабачков/подвижные водорастворимые соединения почвы	0,07	1,03	0,44	11,16	0,101	5,05	0,04	5,61	23,50	2,94
12	Мякоть кабачков/ водорастворимые соединения почвы	0,03	1,27	0,47	7,77	0,134	1,34	0,04	2,67	38,46	4,80
13	Кожура семян кабачков/ подвижные водорастворимые соединения почвы	0,14	1,15	0,42	9,71	0,11	1,59	0,04	27,41	40,57	5,07
	Кожура семян кабачков/ ядра семян	0,57	0,58	1,08	1,1	0,75	1,56	1,55	0,75	7,94	0,98
14	Ядра семян кабачков/ подвижные водорастворимые соединения почвы	0,08	0,67	0,45	10,68	0,08	2,48	0,06	20,70	34,8	4,35
15	Ядра семян/мякоть кабачков	2,44	0,52	0,97	1,37	0,62	1,85	1,4	7,76	16,93	2,11

16	Ядра семян/ плодоножки кабачков	0,71	0,46	0,99	1,16	0,90	1,78	0,61	0,72	7,33	0,91
17	Семена/ мякоть кабачков	6,68	1,43	1,88	2,62	1,44	3,02	2,3	18,03	37,4	9,67
18	Семена/ плодоножки кабачков	1,96	1,25	1,9	2,21	2,10	2,91	1,00	1,68	14,98	1,85
19	Семена/ подвижные водорастворимые соединения почвы	0,22	1,82	0,88	20,39	0,19	4,07	0,10	48,11	75,78	9,47
20	Подвижные водорастворимые соединения почвы	1,255	0,0165	17,33	0,412	178,76	0,58	0,228	1,087	199,67	24,96

Динамика сброса Рb из водорастворимых соединений такова, что он не полностью переходит в состав кабачков: 0,129 мг/кг в состав коры+мякоти кабачков; 0,174 мг/кг — в кожуру их семян; 0,100 мг/кг — в ядра семян. При общем запасе Рb в составе подвижных водорастворимых соединений в почве 1,255 мг/кг, его запас в кабачках меньше и составляет всего 0,362 мг/кг. Т. е. из поливной воды в кабачки Рb практически не добавляется. Динамика сброса Сd из водорастворимых соединений такова, что он не только полностью переходит в состав кабачков: 0,038 мг/кг в кору кабачков и её мякоть; 0,019 мг/кг — в кожуру семян; 0,011 — в ядра семян. При общем запасе Сd в составе подвижных водорастворимых соединений в почве 0,0165 мг/кг, его запас в кабачках составляет 0,068 мг/кг. Это в 4,12 раза больше его запаса в составе водорастворимых соединений в почве. Т.е. во столько раз больше концентрации кадмия поступают из поливной воды.

*Примечание 1:* при выносе ТМ из водорастворимых соединений почвы в состав кабачков отмечается почти согласованная динамика снижения концентраций Рb и Сd от коры кабачков, в их мякоть, кожуру семян и ядра семян.

*Примечание 2 :* и Рb и Сd в условиях фоновой среды накапливаются в составе ядер семян кабачков, как в тыкве и томатах, что свидетельствует об участии казалось бы этих самых токсичных металлов в обменных биохимических процессах на клеточном уровне (7)..

Таблица 2. Обобщённый анализ динамики рядов подвижности ТМ в ряду: подвижные водорастворимые соединения почвы — кора кабачков — мякоть кабачков — кожура семян — ядра семян кабачков

Ряд 2. Плодоножки кабачков/подвижные водорастворимые соединения почвы	Ряд 3. Кора с мякотью кабачков/подвижные водорастворимые соединения почвы:	Ряд 5. Кожура семян кабачков/ подвижные водорастворимые соединения почвы:	Ряд 6. Ядра семян/ подвижные водорастворимые соединения почвы:
Cd(0,03) — Co(0,023) — Pb(0,111) — Ni(2,36) — Cu(8,4) — Zn(15,2)— <b>Mn(34,5)</b> — <b>Fe(52,3)</b> .	Co(0,04) — Pb(0,07) — <b>Mn(0,101)</b> — Zn(0,44)—Cd(1,03) — Ni(5,05) — Cu(11,16) — <b>Fe(5,61)</b> .	Co(0,04)— <b>Mn(0,11)</b> —Pb(0,14)— Zn(0,42)—Cd(1,15)—Ni(1,59)— Cu(9,71)— <b>Fe(27,41)</b> .	Co(0,06)— <b>Mn(0,08)</b> —Pb(0,08)— Zn(0,45)—Cd(0,67)—Ni(2,48)— Cu(10,68)— <b>Fe(20,70)</b>
Менее подвижный Mn и инертное Fe располагаются рядом. Подвижность Fe (52,23:34,5) выше в 1,55 раз подвижности Mn.	По степени подвижности Mn и Fe разделены. Подвижность Fe (5,61:0,101) выше в 55,54 раза выше подвижности Mn.	По степени подвижности Mn и Fe разделены, но подвижность Fe (27,41:0,11)уже выше в 249,18 раза подвижности Mn.	По степени подвижности Mn и Fe разделены, но подвижность Fe (20,70:0,08) уже выше в 258,75 раза подвижности Mn.
В плодonoжке кабачков относительно подвижных водорастворимых соединений почвы Cd входит в ассоциацию инертных ТМ (Cd, Co, Pb)	В коре с мякотью Cd относительно подвижных водорастворимых соединений становится даже более подвижным по отношению к Mn. А Pb — более инертным	В кожуре семян кабачков и ядрах семян кабачков относительно подвижных водорастворимых соединений закономерность сохраняется, как в коре с мякотью. Pb переходит в ассоциацию элементов, подвижность которых выше подвижности Mn, но ниже Cd.	
Таким образом, в направлении выноса ТМ из водорастворимых соединений почвы подвижность Fe непрерывно возрастает от плодonoжки кабачков, к коре с мякотью кабачков, к кожуре семян кабачков и ядрам семян, а максимальные концентрации Cd, Pb накапливаются в кожуре семян,			



По своей структуре ряд близок к предыдущему, поскольку технически трудно отделить кору кабачка от его мякоти. Накапливаются в мякоти те же элементы, но с разной контрастностью.

**Ряд 5.** Кожура семян кабачков/ подвижные водорастворимые соединения почвы:  $\leftarrow \text{Co}(0,04)\text{—Mn}(0,11)\text{—Pb}(0,14)\text{—Zn}(0,42)\text{—Cd}(1,15)\text{—Ni}(1,59)\text{—Cu}(9,71)\text{—Fe}(27,41)$ .

**Ряд 6.** Ядра семян / подвижные водорастворимые соединения почвы:  $\leftarrow \text{Co}(0,06)\text{—Mn}(0,08)\text{—Pb}(0,08)\text{—Zn}(0,45)\text{—Cd}(0,67)\text{—Ni}(2,48)\text{—Cu}(10,68)\text{—Fe}(20,70)$ .

Структура ряда подвижности ряда аналогична ряду 5.

*3.Расчёт доли выноса ТМ (мг/кг) в процессе вегетации кабачков из подвижных водорастворимых соединений почвы*

Вынос ТМ в процессе вегетации кабачков в условиях мелиорации из водорастворимых соединений почвы включают:

1. Стебли и листья плодов+корневая система кабачков.
2. Плодоножка кабачков.
3. Кора плодов+мякоть плодов кабачков.
4. Кожура семян кабачков.
5. Ядра семян кабачков.

Из структуры динамики подвижности ТМ в ряду 2 следует, что суммарная доля всего спектра ТМ в составе плодоножки кабачков составляет 60,40 мг/кг (см. табл. 1). Превышение концентраций в плодоножках кабачков относительно подвижных водорастворимых соединений установлено только для Ni, Zn, Cu, Mn. Остальные ТМ в плодоножке не накапливаются. Суммарная доля концентраций Ni, Zn, Cu, Mn в составе плодоножки (Ni - 0,81; Zn- 8; Cu - 3,8; Mn -16,4; Fe - 31,2 = 60,21) мг/кг. Таким образом, вынос в плодоножку Ni, Zn, Cu, Mn из водорастворимых соединений составляет:  $60,40 - 60,21 = 0,19$  мг/кг.

Из ряда подвижности 3 видно, что в коре с мякотью кабачков по отношению к подвижным водорастворимым соединениям почвы накапливается Ni, Cu, Fe. Их суммарная доля в составе спектра ТМ в коре и мякоти кабачков составляет (табл. 1): Ni(4,6), Cu(2,93), Fe(6,1) или 13,63 мг/кг. Суммарная доля всего спектра ТМ в составе коры с мякотью составляет 39,55 мг/кг. Таким образом, вынос в кору с мякотью кабачков Ni, Cu, Fe из водорастворимых соединений составляет:  $39,55 - 13,63 = 25,93$  мг/кг.

*Примечание:* Для сравнения — в составе кора+мякоть тыквы из состава подвижных водорастворимых соединений почвы выносятся **27,36 мг/кг Cd, Cu, Fe.**[8]

В ряду подвижности 5 в кожуре семян по отношению к подвижным водорастворимым соединениям накапливаются больше Cd, Ni, Cu, Fe. Их суммарная доля в составе спектра ТМ в кожуре семян составляет 34,739 мг/кг. Общая же сумма всего спектра ТМ в кожуре семян составляет 61,92 мг/кг. Т.е. вынос в кожуру семян кабачков **Ni, Cu, Fe** из водорастворимых соединений составляет:  $61,92 - 34,739 = 27,181$  мг/кг.

*Примечание:* Для сравнения — в составе кожуры семян тыквы из состава подвижных водорастворимых соединений почвы накапливается **25,483 мг/кг Cd, Cu, Fe мг/кг.**

В ряду подвижности 6 в ядрах семян по сравнению с подвижными водорастворимыми соединениями почвы накапливаются Ni, Cu, Fe. Их сумма в составе ядер семян (см. табл.1) составляет 28,1 мг/кг. Общая сумма ТМ в составе ядер семян составляет 51,16 мг/кг. Т.е. вынос в ядра семян кабачков **Ni, Cu, Fe** из водорастворимых соединений составляет:  $51,16 - 28,1 = 23,06$  мг/кг.

*Примечание:* Для сравнения — в составе ядер семян тыквы из состава подвижных водорастворимых соединений почвы накапливается **25,166 мг/кг Cd, Cu, Ni, Fe.**

Всего в кабачки из состава подвижных водорастворимых соединений выносятся: 76,171 мг/кг ТМ.

Обратим внимание на то, что примерно равное количество ТМ из подвижных водорастворимых соединений выносятся в кору и мякоть кабачков, кожуру семян, ядра семян, при минимуме в плодоножке кабачков, которая является своего рода «транзитом» тяжелых металлов из водорастворимых соединений почвы.

Поскольку в общем (суммарном) составе подвижных водорастворимых соединений почвы содержится 199,67 мг/кг ТМ, то на стебли, листья, корневую систему кабачков и на всю долю не установленных в спектре подвижных водорастворимых соединений приходится  $199,67 - (25,93 + 27,181 + 23,06) = 123,499$  мг/кг или 61,85% от всего объёма тяжёлых металлов из состава подвижных водорастворимых соединений почвы. Это меньше, чем в тыкве [8].

#### Заключение

Как известно, основным источником питания растений агрокультур являются подвижные водорастворимые органоминеральные соединения почвы в разной степени насыщенные тяжелыми металлами. В процессе их миграции они способны к накоплению или рассеянию в составе различных частей растений. Однако до настоящего времени не был разработан механизм количественной оценки подвижности тяжелых металлов в направлении выноса подвижных водорастворимых соединений почвы в состав различных частей растений [4]

Автором такой механизм разработан, он основывается на расчёте отношений концентраций ТМ: Pb, Cd, Zn, Mn, Cu, Ni, Co, Fe в составе водорастворимых соединений относительно аморфного их запаса в почве, а также в направлении выноса тяжелых металлов водорастворимых соединений в: стебли+листья/ подвижные водорастворимые соединения в почве; коре плодов/ подвижные водорастворимые соединения в почве;

мякоть плодов/ подвижные водорастворимые соединения в почве; семена плодов/ подвижные водорастворимые соединения в почве; кожуре семян плодов/ подвижные водорастворимые соединения в почве; ядра семян/ подвижные водорастворимые соединения в почве.

На основе величины этих отношений строятся ряды подвижности ТМ в направлении от самых подвижных к инертным в составе водорастворимых соединений почвы. Установлено, что в составе органоминеральных форм подвижных водорастворимых соединений почвы по отношению к аморфному запасу почвы наиболее подвижным является Mn, а наиболее инертным Fe. Поэтому автором выбрана модель оценки подвижности остального спектра ТМ: Pb, Cd, Zn, Cu, Ni, Co относительно Mn и Fe. Оказалось, что структура рядов подвижности ТМ меняется в направлении выноса ТМ из водорастворимых соединений. Выделив элементы накопления в составе различных частей растений в рядах относительной подвижности элементов, учитывается их запас относительно запаса всего выявленного спектра ТМ. Запас тяжелых металлов в составе кожуры семян, ядер семян и мякоти плодов, выращенных на фоновых площадках примерно одинаковы. Это даёт возможность, не выполняя отдельно анализы ядер и кожуры семян, рассчитать их концентрации в составе кожуры семян и ядер семян [6].

Также установлено, что обычно считающиеся токсичными Pb, Cd на самом деле входят в состав ядер семян томатов, тыквы, кабачков в условиях фоновой среды и, видимо, могут участвовать в обменных биохимических процессах в них. При этом основные концентрации Cd в состав растений поступают из поливной воды, а не из водорастворимых соединений почвы [5].

#### Литература

1. Войткевич Г.В. Справочник по геохимии/ Г.В.Войткевич, А.В. Кокин, А.Е.Мирошников [и др.]. М. Недра, 1990. 480 с.

2. Кокин А.В. Влияние окружающей среды на подвижность тяжёлых металлов в растениях в условиях лесомелиорированных систем./ А.В.Кокин, Г.Е.Шумакова // Российская сельскохозяйственная наука. М.: 2016. № 5. С. 74-77.

3. Шумакова Г.Е. Лесные полосы как синергетическая подсистема плодородия почвы и качества окружающей среды агроландшафтов [Текст] : монография / Г.Е.Шумакова; под.ред. А.В.Кокина. Новочеркасск: НОК, 2015.146 с.

4. Шумакова Г.Е. Оценка источников загрязнения тяжёлыми металлами томатов в условиях фоновой среды и придорожного ландшафта Приазовья / Г.Е. Шумакова // Научный журнал РосНИИПМ. Новочеркасск.2015 № 3. С. 94-112.

5. Шумакова Г.Е. Влияние запаса почвенной влаги на миграционные способности водно-растворимых соединений металлов в почве и агропродукции под влиянием загрязнения автотранспортной магистрали / Г.Е.Шумакова // Известия нижеволжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее проф. образование. Волгоград: Волгоград ГАУ.2014. № 4 (36). С.84-94.

6. Шумакова Г.Е. Инверсия рядов подвижности микроэлементов водорастворимых соединений в почве при орошении томатов/ Г.Е.Шумакова // Вестник АПК Ставрополя: ежеквартальный научно-практический журнал. 2015.№ 2. С.166-170.

7. Шумакова Г.Е. Подвижность тяжёлых металлов в растениях томата (в условиях Ростовской области) / Г.Е. Шумакова // Известия ТСХА. М.: Изд-во РГАУ-МСХА.2016,вып.3.С.18-35.

8. Шумакова Г.Е. Источники загрязнения тяжёлыми металлами тыквы в условиях фоновой среды (Приазовье) / Г.Е.Шумакова // Успехи современного естествознания. 2016. № 11(2), С. 329-333.

## References

1. Vojtkevich G.V. Spravochnik po geohimii/ G.V.Vojtkevich, A.V. Kokin, A.E.Miroshnikov [i dr.]. M. Nedra, 1990. 480 s.

2. Kokin A.V. Vlijanie okruzhajushhej sredy na podvizhnost' tjazhjoljyh metallov v rastenijah v uslovijah lesomeliorirovannyh sistem./ A.V.Kokin, G.E.Shumakova // Rossijskaja sel'skohozjajstvennaja nauka. M.: 2016. № 5. S. 74-77.

3. Shumakova G.E. Lesnye polosy kak sinergeticheskaja podsistema plodorodija pochvy i kachestva okruzhajushhej sredy agrolandshaftov [Tekst] : monografija / G.E.Shumakova; pod.red. A.V.Kokina. Novoчеркасск: NOK, 2015.146 s.

4. Shumakova G.E. Ocenka istochnikov zagrjaznenija tjazhjoljymi metallami tomatov v uslovijah fonovoj sredy i pridorozhnogo landshafta Priazov'ja / G.E. Shumakova // Nauchnyj zhurnal RosNIIPM. Novoчеркасск.2015 № 3. S. 94-112.

5. Shumakova G.E. Vlijanie zapasa pochvennoj vlagi na migracionnye sposobnosti vodno-rastvorimyh soedinenij metallov v pochve i agroprodukcii pod vlijaniem zagrjaznenija avtotransportnoj magistrali / G.E.Shumakova // Izvestija nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vsshee prof. obrazovanie. Volgograd: Volgograd GAU.2014. № 4 (36). S.84-94.

6. Shumakova G.E. Inversija rjadov podvizhnosti mikrojelementov vodorastvorimyh soedinenij v pochve pri oroshenii tomatov/ G.E.Shumakova // Vestnik APK Stavropol'ja: ezhekvertal'nyj nauchno-prakticheskij zhurnal. 2015.№ 2. S.166-170.

7. Shumakova G.E. Podvizhnost' tjazhjoljyh metallov v rastenijah tomata (v uslovijah Rostovskoj oblasti) / G.E. Shumakova // Izvestija TSHA. M.: Izd-vo RGAU-MSHA.2016,vyp.3.S.18-35.

8. Shumakova G.E. Istochniki zagrjaznenija tjazhjoljymi metallami tykvy v uslovijah fonovoj sredy (Priazov'e) / G.E.Shumakova // Uspehi sovremennogo estestvoznanija. 2016. № 11(2), S. 329-333.