

Copyright © 2014 by Academic Publishing House *Researcher*



Published in the Russian Federation  
Biogeosystem Technique  
Has been issued since 2014.  
ISSN: 2409-3386  
Vol. 1, No. 1, pp. 50-57, 2014

DOI: 10.13187/bgt.2014.1.50  
[www.ejournal19.com](http://www.ejournal19.com)



UDC 2788

### **Steppe Zone Vegetation and Soil Layer Pollution by Heavy Metals Under the Influence Novocherkassk Power Station Emission**

- <sup>1</sup>Victor A. Chaplygin  
<sup>2</sup>Tatiana M. Minkina  
<sup>3</sup>Saglara S. Mandzhieva  
<sup>4</sup>Svetlana N. Sushkova  
<sup>5</sup>Olga G. Nazarenko  
<sup>6</sup>Galina V. Motuzova

<sup>1-4</sup> Southern Federal University, Russian Federation  
344006 Rostov-on-Don, Bolshaya Sadovaya, 105

<sup>1</sup> Postgraduate student, Junior Researcher

<sup>2</sup> Dr. (Biology), Professor  
E-mail: [minkina@sfedu.ru](mailto:minkina@sfedu.ru)

<sup>3</sup> Dr. (Biology), senior researcher

<sup>4</sup> Dr. (Biology), senior researcher

<sup>5</sup> Donskoy State Agrarian University, Russian Federation  
Rostov region, Persianovsky village, October district  
Dr. (Biology)

E-mail: [nazarenkoo@mail.ru](mailto:nazarenkoo@mail.ru)

<sup>6</sup> Lomonosov Moscow State University, Russian Federation  
Dr. (Biology), Professor  
E-mail: [motuzova@mail.ru](mailto:motuzova@mail.ru)

#### **Abstract**

The influence of emissions of Novocherkassk Power Station on Cu, Zn, Cd, Mn, Ni and Pb content in grassy plants and the soil by results of long-term monitoring researches is established. Dependence of accumulation of elements on distance on the enterprise, properties of soils and existence of additional sources of technogenic pollution is shown. Pollution of plants by Zn, Cd, Ni and Pb, and also pollution of soils by Zn, Cd, Cu and Pb is observed. Mn is set for the greatest absolute content in the soil, and for Zn - in plants.

**Keywords:** heavy metals; technogenic pollution; grassy plants; soil; properties; accumulation; monitoring; emission.

#### **Введение**

Тесное соседство сельского хозяйства и промышленности ведет к ряду экологических проблем, одной из которых является загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами (ТМ). ТМ являются одной из наиболее опасных категорий загрязняющих веществ. Попадая в растения из почвы и воздуха, они способны аккумулироваться в растительных тканях в большом количестве и по трофической цепочке переходить в организм животных, а затем и

человека. Существенную опасность представляет отсутствие каких-либо визуальных признаков поражения растений при опасных для человека и животных содержаниях этих химических веществ.

Предприятия энергетической отрасли наряду с предприятиями металлургической, угле- и рудодобывающей промышленности являются активными источниками загрязнения природной среды ТМ. Так, 1 % всех выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух в РФ приходится на филиал ОАО «ОГК-2» «Новочеркасская» ГРЭС (НчГРЭС), в Ростовской области – свыше 50 %, на Новочеркасск – приходится порядка 99 %. Негативные последствия выбросов предприятия, ведущие к накоплению металлов в растениях, могут отчетливо проявиться во времени. В связи с этим важны результаты многолетних стационарных наблюдений за состоянием растений.

Целью работы являлась оценка накопления Ni, Mn, Cd, Cu, Pb и Zn травянистой растительностью и почвами техногенных территорий по результатам многолетних мониторинговых наблюдений.

### Материалы и методы

Объектами исследования являлись образцы почв, а также естественной травянистой растительности мониторинговых площадок. Площадки были заложены в 2000 году на различном расстоянии от НчГРЭС (1–20 км) и приурочены к точкам единовременного отбора проб воздуха, производимого при разработке проекта по организации и обустройству санитарно-защитной зоны северного промышленного узла г. Новочеркаска. В соответствии с розой ветров было определено так называемое «генеральное направление» - прямая, проходящая от источника загрязнения через селитебные зоны г. Новочеркаска и станицы Кривянской. Расположение площадок мониторинга представлено на рисунке.

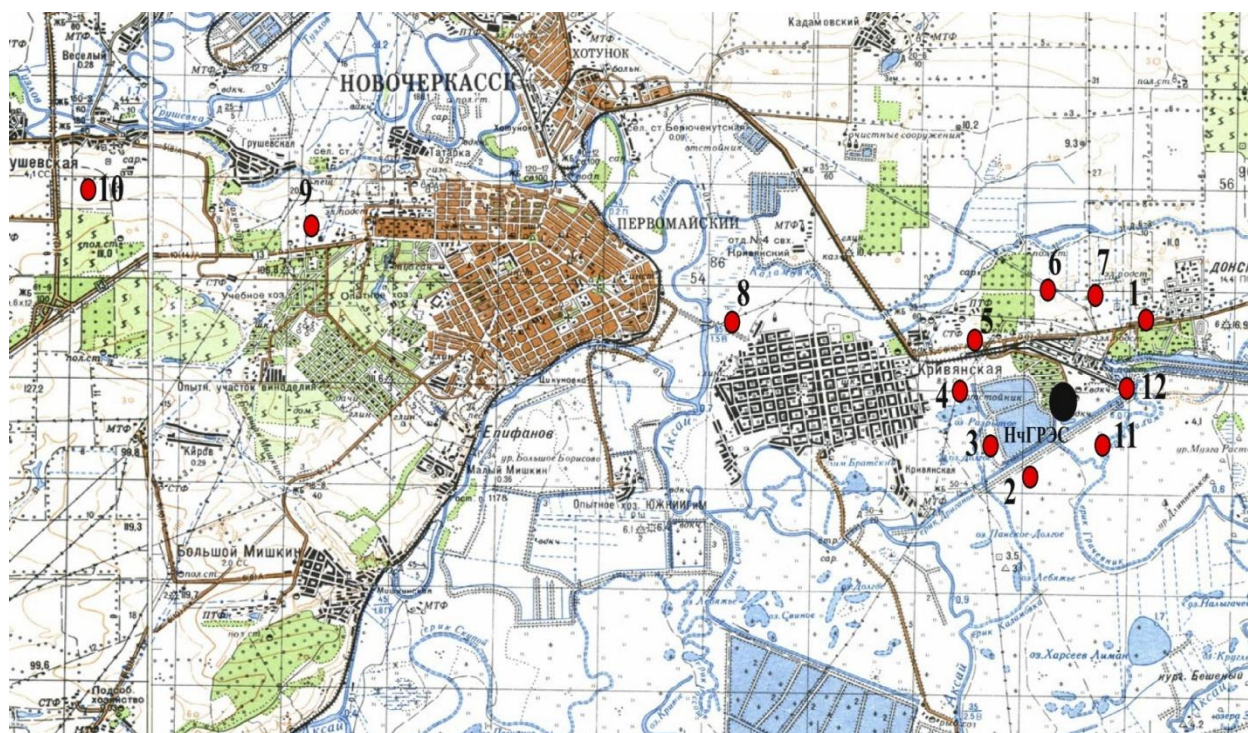


Рис. 1. Карта-схема расположения мониторинговых площадок в зоне влияния Новочеркасской ГРЭС

На линии «генерального направления» образцы отбирались в почвах мониторинговых площадок № 4, № 5, № 8, № 9, № 10.

Почвы площадок представлены преимущественно черноземом обыкновенным (площадки № 1, № 4, № 5, № 7, № 8, № 9, № 11), а также лугово-черноземной (площадки № 3, № 6, № 10) и аллювиально-луговой (площадки № 2 и № 12) почвами. Растительные

образцы представляли собой усредненные пробы укусов трав, произраставших на исследованных мониторинговых площадках.

Образцы почв и растений отбирались ежегодно во второй декаде июня в период массового цветения растений. Принято считать, что максимальное поступление химических элементов в надземную фитомассу приурочено именно к фазе цветения растений [1]. Для отбора образцов выбирались однородные по рельефу и почвенному покрову участки местности, в течение последних 10–15 лет не подверженные агротехнической обработке. Все мониторинговые площадки располагались не ближе, чем в 100 м от построек и дорог. Почвенные образцы отбирались послойно с глубины 0–5, 5–20 см. Из 3 точечных проб массой 200 г, отбираемых из каждого почвенного горизонта, формировалась объединенная проба массой 600 г [2]. Общее содержание Ni, Mn, Cd, Cu, Zn и Pb в почвах определено рентген-флюоресцентным методом [3].

Растения отбирались в различных точках мониторинговых площадок (точечные пробы) [4]. Растительный покров мониторинговых площадок был представлен следующими видами травянистых растений: амброзия полыннолистная (*Ambrosia artemisiifolia* L.), полынь австрийская (*Artemisia austriaca* Jack.), тысячелистник благородный (*Achillea nobilis* L.), цикорий обыкновенный (*Cichorium intybus* L.), пижма обыкновенная (*Tanacetum vulgare* L.), пырей ползучий (*Elytrigia repens* (L.) Nevski.). Из растений формировалась объединенная проба массой 1,5 кг, состоящая из 8–10 точечных проб.

ТМ в растительных образцах определяли атомно-адсорбционным методом после сухого озоления пробы при 450°C и последующего растворения остатка в смеси кислот HNO<sub>3</sub> + HCl[3].

### Результаты и обсуждение

Установленное в ходе исследований содержание металлов в растительном покрове отдаленных площадок соответствует среднему содержанию для травянистой растительности данного региона (табл. 1). Наблюдается превышение МДУ для Pb, Cd, Zn и Ni в растениях на площадках № 4, № 5 и № 6, наиболее близко расположенных от источника выбросов по линии преобладающего направления ветра.

Таблица 1

#### Среднее содержание тяжелых металлов в надземной части растений на территориях, прилегающих к НЧГРЭС, мг/кг (2000–2012 гг.) (n=9)

№ площадк и	Направление и расстояние от источника, км	Pb	Cd	Zn	Cu	Ni	Mn
1	1,0 СВ	<b>8,2</b>	<b>0,8</b>	43,9	6,9	3,0	36,8
2	3,0 ЮЗ	4,3	<b>0,5</b>	47,6	11,4	<b>3,2</b>	42,0
3	2,7 ЮЗ	<b>5,6</b>	0,2	31,6	4,3	2,4	35,2
4	1,6 СЗ	<b>13,8</b>	<b>1,3</b>	<b>79,6</b>	10,9	<b>3,2</b>	52,6
5	1,2 СЗ	<b>8,9</b>	<b>1,2</b>	<b>64,2</b>	14,5	<b>4,4</b>	58,0
6	2,0 ССЗ	<b>7,6</b>	<b>0,4</b>	34,4	11,0	<b>3,2</b>	39,9
7	1,5 С	<b>5,5</b>	<b>0,5</b>	43,4	6,4	2,9	60,2
8	5,0 СЗ	4,2	0,3	<b>53,5</b>	8,1	2,3	28,8
9	15,0 СЗ	4,2	0,2	27,6	3,2	1,7	33,2
10	20,0 СЗ	<b>12,0</b>	0,2	25,7	8,2	1,5	32,3
11	1,0 ЮВ	5,1	0,1	49,0	8,0	1,6	18
12	1,1 Ю	<b>11,0</b>	0,1	28,5	14,5	<b>4,0</b>	9,0
НСР <sub>0,95</sub>		1,3	0,06	3,0	1,6	0,4	4,5
МДУ для кормовых трав [7]		5,0	0,3	50,0	30,0	3,0	-

Примечание: полужирным шрифтом выделено превышение МДУ

По величине абсолютного содержания в растениях ТМ располагаются в следующем порядке: Mn>Zn>Cu>Pb>Ni>Cd. Наблюдается зависимость содержания металлов в

растениях от уровня техногенной нагрузки [5]. Различия в содержании ТМ в растениях, произрастающих на минимальном и максимальном удалении от предприятия, составляют для Cd – 7 раз, Cu – 5 раз, Ni и Pb – 3 раза, Mn и Zn – 2 раза.

На протяжении всего периода исследований отмечается превышение МДУ Pb в среднем в 2,5 раза и Cd в 1,5 раза в растениях на мониторинговой площадке № 10. Мониторинговая площадка № 10 занимает особое положение, удаленная на расстояние 20 км по розе ветров от НчГРЭС, но расположенная в 400 м от автомагистрали и испытывающая влияние дополнительных источников загрязнения. Мониторинговая площадка № 10 располагается внутри V-образного пространства, огражденного двумя автомагистралями. Окружающие её крупные автомобильные магистрали, Ростов – Москва с северо-западной стороны и Ростов – Новочеркасск с юго-восточной, оказывают техногенное воздействие на окружающие территории при разных направлениях ветра [5, 6].

Превышение МДУ для Pb, кроме мониторинговых площадок № 4, № 5, № 6 и № 10, наблюдается также на площадке № 1, расположенной в 1 км от источника выбросов в северо-восточном направлении. Данная площадка, располагается вблизи НчГРЭС, что обуславливает высокое содержание Pb в растениях на этом участке. На мониторинговой площадке № 12 установлен высокий уровень содержания Pb в растениях (11,0 мг/кг), что также связано с близким расположением площадки от НчГРЭС.

Содержание Zn в растениях мониторинговых площадок варьирует в диапазоне от 25,7 до 79,6 мг/кг (при МДУ 50 мг/кг). Превышение МДУ элемента установлено на площадках № 4, № 5 и № 8. Наблюдается постепенное снижение содержания металла по мере удаления от НчГРЭС. Содержание Zn на удаленных участках мониторинга (более 5 км) соответствует среднему содержанию этого элемента в травах, которое составляет 25–50 мг/кг [3, 8].

Содержание Zn в некоторых культурах данного региона колеблется в следующих интервалах (мг/кг сухого вещества): в зерне пшеницы от 22 до 33 мг/кг, травах от 12 до 41 мг/кг, в клевере от 24 до 45 мг/кг, в листьях салата достигает более 70 мг/кг, в яблоках – в пределах 1–1,5 мг/кг.

Среднее содержание Cu в растениях мониторинговых площадок не превышало 14,5 мг/кг (мониторинговая площадка № 4) (при МДУ 30 мг/кг). Количество Cu в растениях мониторинговых площадок, расположенных в непосредственной близости от НчГРЭС (№ 2, № 4, № 5, № 6, № 12) выше, чем на более удаленных. Это означает наличие воздействия выбросов предприятия на содержание Cu в растениях.

По литературным данным [9] содержание Cu в растениях, характерное для незагрязненных районов варьирует от 1 до 30 мг/кг в сухой массе, а в золе различных видов растений – от 5 до 1500 мг/кг. Концентрация Cu в растениях, превышающая 20 мг/кг сухой массы, условно считается пороговой, определяющей области нормального и избыточного содержания меди в растениях [10].

Содержание Cd в растениях «генерального направления» в 4–4,3 раза превышает МДУ на ближайших к НчГРЭС мониторинговых площадках № 4 и № 5. На мониторинговой площадке № 10, расположенной в 20 км от источника выбросов, содержание металла также выше МДУ, что очевидно является результатом поступления элемента с выбросами автотранспорта, движущегося по расположенной вблизи мониторинговой площадки автостраде.

Для Ni прослеживается уменьшение содержания в растениях по мере удаления от НчГРЭС. На близлежащих к станции площадках содержание этого элемента превышает МДУ. На расстоянии 15 км и более от источника эмиссии содержание Ni уменьшается в 2,5 раза по сравнению с ближайшими мониторинговыми площадками и составляет 1,7 мг/кг.

Содержание Mn в растениях является наиболее высоким на мониторинговых площадках, находящихся на минимальном удалении от источника выбросов – в пределах 2 км от предприятия. Содержание Mn в травянистой растительности уменьшается по мере удаления от НчГРЭС.

Аналогичные закономерности изменения содержания ТМ в зависимости от расстояния от НчГРЭС выявлены и для почв. Участки, находящиеся на расстоянии 5 км от НчГРЭС в северо-западном направлении и близлежащие к ним, имеют превышение общего



содержания в почвах Cu, Zn, Cd и Pb над ПДК (табл. 2). Максимальное содержание всех исследуемых ТМ обнаруживается в почвах мониторинговых площадок, расположенных в радиусе 2 км от источника эмиссии поллютантов. Содержание ТМ в почвах, как и в растениях, убывает в направлении от источника выбросов к периферии ореола. Концентрация ТМ на самых отдаленных от источника эмиссии площадках соответствует их фоновому уровню.

Характеристика состояния исследованных металлов в почвах площадок № 9 и № 10 показала, что их общее содержание не превышало ПДК, за исключением Pb на площадке № 10.

Помимо расположения мониторинговых площадок относительно источника аэротехногенного загрязнения на содержание ТМ в почвенном и растительном покрове влияют свойства почв. Песчаная слабогумусированная аллювиально-луговая почва лёгкого гранулометрического состава (мониторинговые площадки № 2 и № 12) обладает слабой способностью связывать ТМ в виде недоступных растениям соединений. Это обуславливает более активное поглощение элементов растениями и слабую аккумуляцию ТМ в аллювиально-луговой почве по сравнению с черноземной и лугово-черноземной почвами.

Такосодержание в почве всех ТМ, за исключением Cd, на площадке № 2 ниже по сравнению с площадкой № 3. Как показали наши исследования [12, 14, 15] подвижность ТМ выше в аллювиально-луговой почве, несмотря на меньшее их общее содержание по сравнению с лугово-чернозёмной почвой.

Высокая подвижность металлов в песчаной почве приводит к накоплению их в растениях. Содержание Ni и Cd в травянистых растениях на мониторинговой площадке № 2 (аллювиально-луговая почва песчаная почва) превышает МДУ (3,0 и 0,3 мг/кг соответственно). В то же время, на соседней площадке № 3 (лугово-черноземная легкоглинистая почва), расположенной в 300 м от площадки № 2 в том же направлении от НчГРЭС, не наблюдается загрязнение растений этими металлами (табл. 1). По литературным данным, содержание Cd в растениях выше на почвах, бедных органическим веществом [16].

Таблица 2

**Общее содержание тяжелых металлов в 0–20 см слое почв мониторинговых площадок (среднее с 2000 по 2012 гг.), мг/кг (n=9)  
(по данным Т.М. Минкиной и др.[11, 12])**

№ площадки	Направление и расстояние от источника, км	Pb	Cd	Zn	Cu	Ni	Mn
1	1,0 СВ	<b>42</b>	<b>0,6</b>	<b>104</b>	50	58	905
2	3,0 ЮЗ	21	<b>0,6</b>	79	44	37	612
3	2,7 ЮЗ	30	0,5	100	54	50	647
4	1,6 СЗ	<b>67</b>	<b>1,0</b>	<b>111</b>	<b>73</b>	65	931
5	1,2 СЗ	<b>60</b>	<b>1,3</b>	<b>141</b>	<b>63</b>	65	894
6	2,0 ССЗ	<b>59</b>	<b>1,1</b>	<b>115</b>	<b>59</b>	61	932
7	1,5 С	<b>34</b>	<b>0,6</b>	92	42	55	731
8	5,0 СЗ	<b>43</b>	<b>0,6</b>	<b>116</b>	<b>60</b>	56	731
9	15,0 СЗ	28	0,3	82	41	41	699
10	20,0 СЗ	<b>37</b>	0,3	77	41	41	756
11	1,0 ЮВ	27	0,5	<b>108</b>	38	47	719
12	1,1 Ю	25	0,4	92	35	48	628
НСР <sub>0,95</sub>		2,8	0,1	4,3	3,8	3,1	18,3
ПДК [13]		32	0,5	100	55	85	1500

Примечание: полужирным шрифтом выделено превышение ПДК

Для всех ТМ, кроме Рb, отмечается более высокое содержание на площадке № 2 по сравнению с площадкой № 3: содержание Cd выше в 2,5 раза, Zn выше в 1,3 раза, Cu – в 1,2 раза, Ni – в 1,4 раза, Mn – в 1,2 раза.

### **Заключение**

Таким образом, по результатам исследований была установлена зависимость содержания ТМ в растительном и почвенном покрове от расположения относительно источника выбросов. В дикорастущих растениях произрастающих в пределах 5 км от НчГРЭС по линии преобладающего направления розы ветров выявлено большее содержание всех исследуемых ТМ по сравнению с более отдаленными участками мониторинга и загрязнение Рb, Cd и Ni от 1,5 до 4,3 МДУ. Для почв данных площадок установлено превышение ПДК для Cd, Pb, Zn и Cu от 1,3 до 2,7 раза. Характер накопления элементов на мониторинговых площадках свидетельствует о том, что НчГРЭС является основным источником аэротехногенного загрязнения травянистых растений и почв данной территории исследуемыми ТМ. Дополнительным источником загрязнения окружающей среды Cd и Рb служат выбросы автотранспорта. Накопление ТМ в растениях и в почвах зависит от физико-химических свойств почв. Содержание Cu, Zn, Cd, Mn, Ni и Рb в растениях на песчаной аллювиально-луговой почве, выше в 1,2-2,7 раз, чем на рядом расположенной лугово-черноземной легкоглинистой почве.

### **Благодарности**

Работа поддержана грантами Министерства образования и науки РФ № 5.885.2014/К, РФФИ № 14-05-00586 А, гранта президента РФ № МК-6448.2014.4, ведущей научной школы Российской Федерации НШ- 5548.2014.5.

### **Примечания:**

1. Ильин В.Б. Тяжелые металлы и неметаллы в системе почва-растение / Ильин В.Б., Сысо А.И. // РАН, Сибирское отделение, ин-т. Почвоведения и агрохимии. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2012. 220 с.
2. ГОСТ 17.4.3.01-83 Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб.
3. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. М.: ЦИНАО, 1992. 61 с.
4. ГОСТ 27262-87. Корма растительного происхождения. Методы отбора проб.
5. Чаплыгин В.А. Накопление меди, свинца и цинка естественной травянистой растительностью в условиях воздушного загрязнения / Чаплыгин В.А., Бурачевская М.В., Чернигина Н.В., Бауэр Т.В., Минкина Т.М. // Сборник трудов VI Международной научно-практической конференции «Экологические проблемы. Взгляд в будущее». СОЛ «Лиманчик». Ростов-на-Дону, 2010. С. 439-441.
6. Minkina T.M. Accumulation and distribution of metals in plants within the technogenesis zone / Minkina T.M., Mandzhieva S.S., Motuzova G.V., Chaplign V.A., Suchkova S.N., Bauier T.V // Environmental Engineering and Management Journal. 2014. Vol. 13. No. 5. P. 1535-1543.
7. Временные максимально допустимые уровни (МДУ) некоторых химических элементов госсипола в кормах сельскохозяйственных животных. Утвержден Главным Управлением Ветеринарии министерства сельского хозяйства РВ, 1991.
8. Кабата-Пендиас А. Микроэлементы в почвах и растениях / Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. М.: Мир, 1989. 437 с.
9. Тяжелые металлы в системе «почва-растение-удобрение». Под ред. Овчаренко М.М. Москва. ЦИНАО. 1997. 291 с.
10. Хованский А.Д. Оценка загрязнения растений / Методическое пособие. Ростов-на-Дону: РГУ, 1994. 31 с.
11. Минкина Т.М. Фракционно-групповой состав Mn, Cr, Ni и Cd в почвах техногенных ландшафтов (район Новочеркасской ГРЭС) / Минкина Т.М., Мотузова Г.В., Манджиева С.С., Назаренко О.Г., Бурачевская М.В., Антоненко Е.М. // Почвоведение. 2013. № 4. С. 414-425.

12. Minkina T.M. Group composition of heavy metal compounds in the soils contaminated by emissions from the Novochoerkassk Power Station / Minkina T.M., Motuzova G.V., Nazarenko O.G., Mandzhiyeva S.S. // Eurasian Soil Science. 2009. Vol. 42, No. 13. P. 1–10.

13. ГН 2.1.7.2041-06 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве утвержденные Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 19 января 2006 года.

14. Минкина Т.М. Накопление и распределение тяжелых металлов в растениях зоны техногенеза / Минкина Т.М., Мотузова Г.В., Мирошниченко Н.Н., Фатеев А.И., Манджиева С.С., Чаплыгин В.А. // Агрехимия. 2013б. № 9. С. 78-88.

15. Motuzova G.V. Soil contamination with heavy metals as a potential and real risk to the environment / Motuzova G.V., Minkina T. M., Karpova E.A., Barsova N.U., Mandzhiyeva S.S. // Journal of Geochemical Exploration. 2014. 144. P. 241-246. DOI: 10.1016/j.gexplo.2014.01.026.

16. Минеев В.Г. Тяжелые металлы и окружающая среда в условиях современной интенсивной химизации. Сообщение 1. Кадмий / Минеев В.Г., Макарова А.И., Тришина Т.А. // Агрехимия. 1981. № 5. С. 146-155.

### References:

1. Ilyin V.B. Heavy metals and non-metals in the soil-plant system / V.B. Ilyin, A.I. Syso // Russian Academy of Sciences, Siberian Branch, Inst. Soil Science and Agricultural Chemistry. Novosibirsk: Publishing House of SB RAS, 2012. 220 p.

2. Standard of RF 17.4.3.01-83. Nature Conservancy. Soil. General requirements for sampling.

3. Guidelines for the determination of heavy metals in soils and agricultural crop production. M.: CINAО, 1992. 61 p.

4. Standard of RF 27262-87. Feed of plant origin. Sampling methods.

5. Chaplygin V.A. Accumulation of copper, lead and zinc by natural herbaceous vegetation under air pollution / Chaplygin V.A., Burachevsky M.V., Chernigina N.V., Bauer T.V., Minkina T.M. // Proceedings of the VI International Scientific-practical conference "Environmental problems. Looking into the future. SOL "Limanchik." Rostov-on-Don, 2010. P. 439-441.

6. Minkina T.M. Accumulation and distribution of metals in plants within the technogenesis zone / Minkina T.M., Mandzhiyeva S.S., Motuzova G.V., Chaplygin V.A., Suchkova S.N., Bauier T.V // Environmental Engineering and Management Journal. 2014. Vol. 13. No. 5. P. 1535-1543.

7. Temporary maximum allowable levels (MRLs) of certain chemical elements gossypol in feed for farm animals. Approved by the General Directorate of Veterinary Medicine Department of Agriculture PB, 1991.

8. Kabata-Pendias A. Trace elements in soils and plants / Kabata-Pendias A, Pendias X. M.: Mir, 1989. 437 p.

9. Heavy metals in the system "soil-plant-fertilizer." Ed. Ovcharenko M.M. Moscow. CINAО. 1997. 291 p.

10. Khovanskii A.D. Evaluation of plant contamination / Toolkit. Rostov-on-Don: Rostov State University, 1994. 31 p.

11. Minkina T.M. Fractional-group composition of Mn, Cr, Ni and Cd in soils of technogenic landscapes (district of Novochoerkassk TPP) / Minkina T.M., Motuzova G.V., Mandzhiyeva S.S., Nazarenko O.G., Burachevsky M.V., Antonenko E.M. // Soil science. 2013. № 4. P. 414-425.

12. Minkina T.M. Group composition of heavy metal compounds in the soils contaminated by emissions from the Novochoerkassk Power Station / Minkina T.M., Motuzova G.V., Nazarenko O.G., Mandzhiyeva S.S. // Eurasian Soil Science. 2009. Vol. 42, No. 13. P. 1–10.

13. GN 2.1.7.2041-06 Maximum allowable concentrations (MAC) of chemical substances in soil approved by the Chief Medical Officer of the Russian Federation January 19, 2006.

14. Minkina T.M. Accumulation and distribution of heavy metals in plants in technogenesis zone / Minkina T.M., Motuzova G.V., Miroshnichenko N.N., Fateev A.I., Mandzhiyeva S.S., Chaplygin V.A. // Agrochemistry. 2013. № 9. P. 78-88.

15. Motuzova G.V. Soil contamination with heavy metals as a potential and real risk to the environment / Motuzova G.V., Minkina T. M., Karpova E.A., Barsova N.U., Mandzhiyeva S.S. // Journal of Geochemical Exploration. 2014. 144. P. 241-246. DOI: 10.1016/j.gexplo.2014.01.026.

16. Mineev V.G. Heavy metals and the environment in a modern intensive use of chemicals. Post 1. Cadmium / Mineev VG, Makarov AI, Trishina TA // Agrochemistry. 1981. № 5. С. 146-155.

УДК 2788

**Загрязнение растительного и почвенного покрова степной зоны тяжелыми металлами под действием выбросов Новочеркасской ГРЭС**

<sup>1</sup> Виктор Анатольевич Чаплыгин

<sup>2</sup> Татьяна Михайловна Минкина

<sup>3</sup> Саглар Сергеевна Манджиева

<sup>4</sup> Светлана Николаевна Сушкова

<sup>5</sup> Ольга Георгиевна Назаренко

<sup>6</sup> Галина Васильевна Мотузова

<sup>1-4</sup> Южный федеральный университет, Российская Федерация

344006, Ростов-на-Дону, ул. Б. Садовая, 105

<sup>1</sup> аспирант, младший научный сотрудник

<sup>2</sup> доктор биологических наук, профессор

E-mail: [minkina@sfnedu.ru](mailto:minkina@sfnedu.ru)

<sup>3</sup> кандидат биологических наук, старший научный сотрудник

<sup>4</sup> кандидат биологических наук, старший научный сотрудник

<sup>5</sup> Донской государственный аграрный университет, Российская Федерация

346493, Ростовская область, пос. Персиановский, Октябрьский р-н, учебный корпус № 1

доктор биологических наук

E-mail: [nazarenkoo@mail.ru](mailto:nazarenkoo@mail.ru)

<sup>6</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Российская Федерация

119991, Москва, Ленинские горы, 1

доктор биологических наук, профессор

E-mail: [motuzova@mail.ru](mailto:motuzova@mail.ru)

**Аннотация.** Результаты многолетних мониторинговых исследований позволили установить влияние выбросов Новочеркасской ГРЭС на содержание Cu, Zn, Cd, Mn, Ni и Pb в травянистых растениях и почве. Показана зависимость накопления элементов от расстояния от предприятия, свойств почв и наличия дополнительных источников техногенной нагрузки. Отмечается загрязнение растений Zn, Cd, Ni и Pb, а также загрязнение почв Zn, Cd, Cu и Pb. Для Mn установлено наибольшее абсолютное содержание в почве, а для Zn – в растениях.

**Ключевые слова:** тяжелые металлы; аэротехногенное загрязнение; травянистые растения; почва; свойства; аккумуляция; мониторинг.