Bibliography (transliterated): **1.** *Martello, S. Toth, P.* (1990). Knapsack problems. Chichester, UK: John Wiley and Sons, 221–245. **2.** *Pisinger, D.* (1995). Algorithms for Knapsack Problems. Copenhagen, Denmark: University of Copenhagen, 199. **3.** *Eddy, S. R.* (2004). What is dynamic programming? Nature Biotechnology, 22, 909–910. **4.** *Dakin, R. J.* (1965). A tree-search algorithm for mixed integer programming problems. The Computer Journal, 8, 250-255. **5.** *Thomas, H. C. et al.* (2001). Introduction to Algorithms. MIT Press, 1292. **6.** *Holland, J. H.* (1994). Adaptation in natural and artificial systems. An introductory analysis with application to biology, control and artificial intelligence. London: Bradford book edition, 211. **7.** *Dorigo, M., Maniezzo, V., Colorni, A.* (1996). Ant System: Optimization by a colony of cooperating agents. IEEE Trans. Syst., Man. and Cybern., 26, 29–41. **8.** *Kormen, T., Leyzerson Ch., Rivest, R., Shtayn, K.* (2005). Glava 16. Chadnie algoritmi. V knige "Algorimi: postroenie i analiz. Introduction to Algorithms, Moskva, Villiams, 1296. **9.** *Snytyuk, V., Kucher, P.* (2009). Informazionno-analiticheskie modeli I evolutsionnie aspekti reshenia zadachi komplektovaniya. Iskusstvenniy intellect, Donetsk, 4, 268–273. **10.** *Saati, T., Kerns, T.* (1991). Analiticheskoe planirovanie organizatsii system. Radio i svyaz, Moskva, 224. **11.** *Snytyuk, V., Rifat, Mohammed Ali.* (2000). Modeli i metodi opredeleniya kompetentnosti ekspertov na baze aksiomi nesmeschennosti. Visnik ChITI, Cherkassi, 4, 121–126.

Надійшла (received) 02.11.2015

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Кришталь Василь Миколайович – старший викладач, Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України, Кафедра пожежної тактики та аварійно-рятувальних робіт; вул. Онопрієнка, 8, м. Черкаси, Україна, 18034; тел.: 093-147-05-33; e-mail: kryshtal.v@ukr.net.

Крышталь Василий Николаевич – старший преподаватель, Черкасский институт пожарной безопасности имени Героев Чернобыля Национального университета гражданской защиты Украины, Кафедра пожарной тактики и аварийно-спасательных работ; ул. Оноприенко, 8, г. Черкассы, Украина, 18034; тел.: 093-147-05-33

Vasyl Kryshtal – senior lecturer, the department fire tactics and rescue operations, Cherkassy Institute of Fire Safety named after Heroes of Chornobyl of National University of Civil Defense of Ukraine, str. Onoprienko 8, Cherkasy, Ukraine, 18034; tel.: 093-147-05-33; e-mail: kryshtal.v@ukr.net.

Сергєєв Антон Валерійович – аспірант, Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Кафедра інтелектуальних та інформаційних систем; вул. Ломоносова 81, м. Київ, Україна, 03022; тел.: 091-951-73-81; e-mail: a.serhieiev@gmail.com.

Сергеев Антон Валерьевич – аспирант, Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, Кафедра интеллектуальных и информационных систем; ул. Ломоносова 81, г. Киев, Украина, 03022; тел.: 091-951-73-81; e-mail: a.serhieiev@gmail.com.

Anton Serhieiev – postgraduate, Taras Shevchenko National University of Kyiv, department of intellectual and information systems; str. Lomonosov 81, Kyiv, Ukraine, 03022; tel.: 091-951-73-81; e-mail: a.serhieiev@gmail.com.

Снитюк Віталій Євгенович – доктор технічних наук, професор; Київський національний університет імені Тараса Шевченка, завідувач кафедри інтелектуальних та інформаційних систем; вул. Ломоносова 81, м. Київ, Україна, 03022; тел.: 050-313-13-42; e-mail: snytyuk@gmail.com.

Снитюк Виталий Евгеньевич – доктор технических наук, професор; Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, заведующий кафедрой интеллектуальных и информационных систем; ул. Ломоносова 81, г. Киев, Украина, 03022; тел.: 050-313-13-42; e-mail: snytyuk@gmail.com.

Vitaliy Snytyuk – doctor of technical sciences, professor; Taras Shevchenko National University of Kyiv, head of the department of intellectual and information systems; str. Lomonosov 81, Kyiv, Ukraine, 03022; tel.: 050-313-13-42

УДК 614.771

Д. Ю. БУВАЛЕЦЬ, О. Є. КАПУСТІН

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ТЕРРИТОРИЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ ГОРОДОВ ЦИНКОМ И ДРУГИМИ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

На примере г. Мариуполь рассмотрено загрязнение тяжелыми металлами городских почв, речных вод и донных отложений в условиях влияния предприятий черной металлургии. Проведенные исследования позволили установить степень и характер загрязнения территории г. Мариуполь различными тяжелыми металлами. Было выяснено, что загрязнение хромом, медью и никелем носит характер очагов, локализованных вблизи металлургических предприятий. В то время как загрязнение цинком и свинцом носит повсеместный характер. Полученные результаты могут быть использованы для дальнейшего мониторинга загрязнения города тяжелыми металлами и разработки мер повышения экологической безопасности.

Ключевые слова: цинк, свинец, хром, медь, никель, тяжелые металлы, почва, загрязнение территорий, металлургические отходы, экологическая безопасность.

Введение. Почва и речные воды промышленных городов по химическому составу часто значительно отличаются от природных ресурсов. Черная и цветная металлургия, энергетика, нефтяная промышленность и другие производства являются источниками выбросов в атмосферу различных загрязняющих веществ.

Среди них важное место занимают тяжелые металлы.

Негативное влияние тяжелых металлов на почву заключается в ухудшении структуры, агрохимических свойств. Происходит угнетение растений, возрастает роль спороносных грибов и бактерий. Попадая в во-

© Д. Ю. Бувалець, О. Є. Капустін. 2015

доемы и реки, тяжелые металлы влияют на экологические системы. Токсическое действие тяжёлых металлов усиливается тем, что многие из них проявляют выраженные комплексообразующие свойства, имеют переменную валентность и участвуют в окислительно-восстановительных процессах.

Для человека опасность проявляется не только в прямом воздействии высоких концентрации, но и в отдаленных последствиях. Тяжелые металлы способны аккумулироваться в организме, их выведение происходит крайне медленно. Многие тяжелые металлы в организме человека оказывают токсическое действие, увеличивают шанс возникновения онкологических заболеваний.

Анализ литературных данных и постановка проблемы. Загрязнение территорий тяжелыми металлами в районах действия металлургических предприятий является одной из актуальных экологических проблем. В связи с тем, что металлургические предприятия часто расположены на территории больших городов, в зоне загрязнения оказываются густонаселенные районы. Вокруг предприятий черной металлургии наблюдается повышенное содержание в почвах и поверхностных водах Ni, Pb, Cu, Zn, Mn, W, Co [1]. В зависимости от преобладания другой тяжелой промышленности в регионе, элементный состав загрязнения окружающих территорий может отличаться.

Загрязнение почвенного покрова металлургическим производством, по сведениям большинства авторов [2–5], происходит через атмосферу. Выбросы при высокотемпературных металлургических процессах содержат значительное количество пыли, которая является источником поступления тяжелых металлов в окружающую территорию. Основная часть крупнодисперсной металлургической пыли выпадает из атмосферы вблизи источника выбросов. Мелкодисперсная пыль разносится на большие расстояния. Основным фактором содержания тяжелых металлов в почвах является отдаленность от металлургического завода [6].

Различные исследования [7–11] загрязнений городских территорий тяжелыми металлами показывают отличия в степени и элементном составе загрязнения. Однако наличие очагов с превышением уровня ПДК тяжелых металлов в промышленных городах являет общей чертой.

На территории г. Мариуполь находятся два металлургических комбината и торговый флот. Выбросы в атмосферу, сброс сточных вод являются постоянными источниками загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами. Места удаления и хранения отходов также являются источниками химического загрязнения поверхностных и подземных вод, атмосферного воздуха, почвы. Однако конкретный уровень загрязнения городских почв до настоящего времени изучен не был. Проведение регулярного мониторинга содержания тяжелых металлов в окружающей среде промышленного города необходимо для определения наиболее эффективных мер по повышению экологической безопасности.

Цели и задачи исследования. Целью данного исследования является оценка влияния металлургического производства на загрязнения почвы, речных вод и донных отложения г. Мариуполь.

Для достижения данной цели были поставлены следующие задачи:

1. Проведение сбора проб и химического анализа почвы, речных вод и донных отложений г. Мариуполь.

2. Определение степени и характера загрязнения городских территорий тяжелыми металлами.

3. Оценка влияния выбросов металлургического производства на содержание тяжелых металлов в окружающей среде г. Мариуполь.

Методика проведения анализа загрязнений почвы, речных вод и донных отложений. Отбор проб почвы проводился на территории жилых районов г. Мариуполь с 30 участков с интервалом 2 км. Также была отобрана серия проб с участков с предполагаемым хроническим загрязнением. Пробы почвы не отбирались на территориях металлургических заводов. Отбор проб осуществлялся согласно ГОСТ 17.4.4.01–83 «Общие требования к отбору проб почвы»; ГОСТ 17.4.4.02–84 «Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа».

Отбор проб донных отложений проводился в месте впадения реки Кальмиус в Азовское море с помощью батометра. Определение валового содержания цинка и других тяжелых металлов проводилось методом рентгено-флуоресцентного анализа.

Содержание цинка, железа, меди, хрома и марганца также было определено в водах р. Кальмиус и р. Кальчик. Пробы отбирались в черте города и на 10 км выше по течению. Анализ проводился в соответствии с «Инструктивными указаниями по отбору проб для определения физико-химических показателей качества воды». Определение металлов в речной воде проводилось колориметрическими методами.

Объектом исследования является экологическая безопасность территории промышленного города.

Предметом исследования является загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами.

Результаты и обсуждения исследования загрязнения городских территорий тяжелыми металлами. В результате проведенного анализа почв города были выявлены превышения уровня ПДК для хрома, меди, никеля, цинка и свинца.

Содержание хрома в почвах города составляет от 40 мг/кг до 300 мг/кг. Уровень ПДК для хрома не установлен нормативными документами. Нами для сравнения использовался фоновый уровень содержания хрома в районе г. Мариуполь, который составил 120 мг/кг. Он был определен на основании 5 точек отбора за границами городских территорий. Превышение фонового уровня содержания хрома на территории города было выявлено на 50 % точек отбора. Они расположены в непосредственной близости к металлургическим предприятиям, на расстоянии до 4 км от границы промышленной зоны металлургических комбинатов.

На рисунке 1 показано содержание меди в отобранных пробах почвы. Уровень ПДК меди в почвах составляет 55 мг/кг. Он превышен в 60 % из отобранных проб. Большая часть этих участков совпадает с

расположением очагов загрязнения хромом и находится вблизи металлургических предприятий, а также торгового флота.

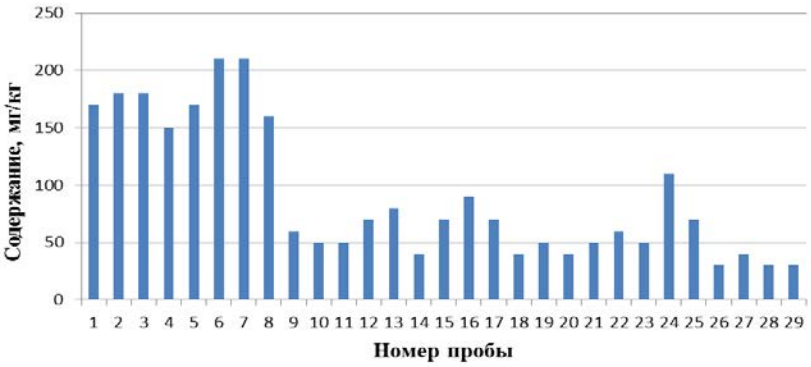

Рис. 1 – Содержание меди в почве г. Мариуполя

Превышение уровня ПДК никеля (85 мг/кг) в почве наблюдается в 30 % проб. Содержание никеля колеблется от 150 до 300 мг/кг на загрязненных участках. На остальной территории города содержание никеля в почве находится на уровне 70 мг/кг. Загрязненные участки также находятся вблизи металлургических заводов.

Таким образом, на территории г. Мариуполь вокруг предприятий черной металлургии образовались участки с одновременным загрязнением почвы несколькими тяжелыми металлами. Такой локальный характер загрязнения указывает, что источником загрязнения являются выбросы крупнодисперсной металлургической пыли, которая выпадает на расстоянии до 4 км от промышленной зоны. Как и в большинстве случаев, в г. Мариуполь на этом расстоянии от территории металлургических производств находятся жилые районы. Вокруг предприятий образуется неблагоприятная санитарно экологическая зона.

Содержание кадмия в почве колеблется между минимумом 0,25 мг/кг и максимумом 1,5 мг/кг. Максимальная допустимая концентрация кадмия, которая по украинским нормам составляет 1,0 мг/кг воздушно-сухой почвы, превышается на 5 точках отбора проб. Причем участки с превышением уровня ПДК кадмия находятся в различных районах города и не связаны с размещением металлургических предприятий. Можно отметить, что уровень содержания кадмия в почвах г. Мариуполь находится в пределах нормы.

Результаты оценки загрязнения почвы свинцом и цинком показали повсеместный характер загрязнения. Превышение уровня ПДК для цинка и свинца было выявлено в 26 из 30 проб. Содержание цинка в жилых районах составило от 50 мг/кг до 300 мг/кг при нормированном значении валового содержания 100 мг/кг.

Результаты анализа содержания свинца и цинка в почве показаны на рисунках 2 и 3. Содержание свинца достигает значения 150 мг/кг при значении ПДК 32 мг/кг.

Загрязнение почвенного покрова металлургическим производством, по сведениям большинства авторов, происходит через атмосферу. Из результатов анализа почвенного покрова видно, что загрязнения почвы цинком и свинцом в сравнении с вышерассмотренными металлами имеет различный характер. Превышение уровня ПДК наблюдается на всей территории города, а не только вблизи металлургических производств. Можно предположить, что основным источником загрязнения окружающей среды г. Мариуполь цинком и свинцом является мелкодисперсная пыль, которая в виде металлоносных аэрозолей распространяется в воздухе по площади всего города.

Для проверки этой гипотезы было рассмотрено содержание металлов в воздухе и выбросах пыли с различным размером фракции.

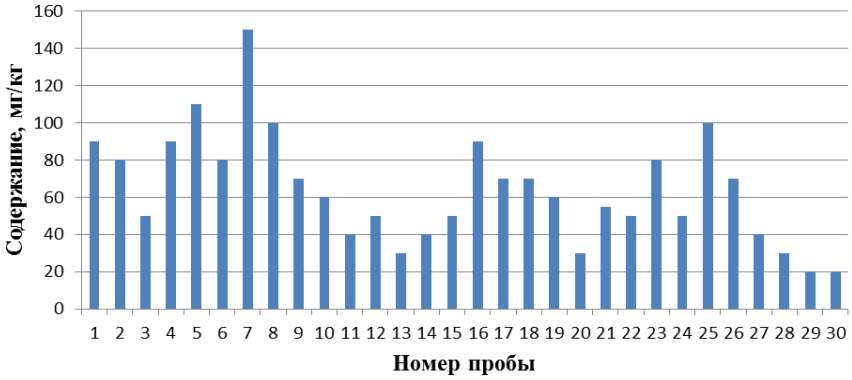

Рис. 2 – Содержание свинца в почве г. Мариуполя

Рис. 3 – Содержание цинка в почве г. Мариуполя

Мариуполь – один из главных центров металлургического производства в Украине. Металлургические

комбинаты являются источниками значительного количества выбросов в атмосферу. В последние годы в городе все больше уделяется внимание общественному движению за чистый воздух. Увеличение транспортного потока в последние годы усугубляет проблему загрязнения в городе. Данные государственного мониторинга качества атмосферного воздуха показывают значительное постоянное превышение уровня ПДК для пыли в 1,3 раза на протяжении как минимум последних 10 лет. Однако содержание тяжелых металлов непосредственно в воздухе не превышает уровень ПДК. Пыль, содержащая тяжелые металлы, оседает на территории города и загрязняет почвы и воды.

Рассмотрение химического состава крупнодисперсных пылевидных выбросов металлургических предприятий города показал, что она на 40 – 50 % состоит из оксидов железа, и также содержит 9 – 15 % оксида кремния, 7 – 12 % оксида кальция. Содержание цинка и свинца в пыли фракцией более 40 мкм незначительны и составляют около 0,05%. Химический состав фракции менее 30 мкм отличается. Мелкодисперсная пыль содержит меньше оксидов железа - около 15 %, а содержание цинка возрастает до 1,5 %, свинца - до 3 %.

Таким образом, можно предположить, что основным источником загрязнения почвы г. Мариуполе цинком и свинцом являются именно мелкодисперсные пылевидные отходы металлургического производства.

Также были исследованы участки с предполагаемым хроническим экологическим загрязнением. Такими в г. Мариуполь являются территорий вокруг радиаторного завода, шлаковой горы, а также пойма р. Кальмиус. Результаты представлены в табл. 1. Из результатов видно, что на территории города, кроме повсеместного загрязнения почвы цинком и свинцом, также находятся участки с превышением уровня ПДК до 10 раз. Наиболее загрязненным местом на населенной территории г. Мариуполь оказался радиаторный завод.

Таблица 1 – Содержание тяжелых металлов на участках хронического загрязнения

Место отбора	Медь	Никель	Свинец	Цинк
Радиаторный завод	124 - 242	23 - 60	70 - 313	289 - 960
Шлаковая гора	97 - 126	24 - 93	21 - 74	68 - 474
Пойма р.Кальмиус	158 - 213	44 - 88	45 - 64	327 - 439
ПДК	55	85	32	100

На рассмотренных участках наблюдается превышение уровня ПДК меди до 4 раз. В тоже время ожидаемое загрязнение никелем выявлено не было.

Загрязнение речных вод на территории г. Мариуполь происходит городскими сточными водами и стоками металлургических предприятий. В отличие от почвы, где тяжелые металлы накапливаются и закрепляются, в речных водах содержание тяжелых металлов зависимо от мощностей производства. Так периоды экономического кризиса и спада производства характеризовались уменьшением содержания тяжелых металлов в речных водах.

На данный момент (табл. 2) в водах рек на территории города наблюдается небольшое превышение ПДК для железа меди и цинка, превышение для хрома в 4-5 раз, и наибольшее для марганца - до 10 раз. Причем, загрязнение марганцем наблюдается в реках и выше по течению. Этот вопрос требует дальнейшего изучения. Наибольшее загрязнение наблюдается в устье р. Кальмиус, содержание цинка, свинца, железа и марганца здесь выше, чем на других точках контроля. Содержание железа в устье р. Кальмиус превышает уровень ПДК в 4 раза.

Таблица 2 –Содержание тяжелых металлов в водах рек Кальмиус и Кальчик, мг/дм^3

		р. Кальмиус		р. Кальчик	
Элемент	ПДК	11 км выше города	в городе	10 км выше города	в городе
Железо(общ)	0,1	0,087	0,141	0,107	0,152
Медь	0,001	0,003	0,003	0,002	0,004
Цинк	0,01	0,014	0,020	0,014	0,015
Хром	0,001	0,004	0,006	0,005	0,004
Марганец	0,01	0,059	0,078	0,091	0,108

По результатам исследования состава донных отложений в месте впадения р. Кальмиус в Азовское море превышение пдк в 2 раза наблюдалось для свинца, цинка и марганца. Пока уровень их содержания не является критичным, но требует дальнейшего контроля. Следует обратить внимание на то, что с 2010 года содержание тяжелых металлов в донных отложениях стабильно возрастает.

Основные направления повышения экологической безопасности металлургического производства – модернизация устаревших процессов, минимизация образования и утилизация образующихся отходов. Уменьшение выбросов тяжелых металлов в атмосферу требует введения технологий вывода их из металлургического цикла.

Выводы. В результате проведенных исследований установлено:

1. На территории г. Мариуполь выявлено загрязнение почвы хромом, медью, никелем, цинком и

свинцом. По характеру загрязнения тяжелые металлы можно разделить на две группы. Загрязнение хромом, медью и никелем имеет вид очагов вокруг металлургических комбинатов и торгового флота. Превышение уровня ПДК для этих металлов составляет 3 – 4 раза. Основным источником загрязнения являются выбросы крупнодисперсной пыли при высокотемпературных металлургических процессах. Загрязнение свинцом и цинком наблюдается на всей территории города и составляет для цинка - до 3 раз, для свинца – до 5 раз превышения уровня ПДК. Источником загрязнения являются выбросы в атмосферу мелкодисперсной пыли, которая содержит 1,5 % цинка и 3 % свинца.

2. Воды р. Кальмиус и р. Кальчик на территории города характеризуются превышением уровня ПДК для железа и цинка до 2 раз. Содержание хрома превышает уровень ПДК в 5 раз, марганца – до 10 раз. Загрязнение марганцем также наблюдается и выше по течению рек. В донных отложениях р. Кальмиус в месте впадения в Азовское море установлено превышение пдк в 2 раза для свинца, цинка и марганца. В течение последних 5 лет содержание тяжелых металлов в донных отложениях стабильно возрастает.

Список литературы: **1.** *Васильев, А. А.* Тяжелые металлы в почвах города Чусового: оценка и диагностика загрязнения: монография [Текст] / *А. А. Васильев, А. Н. Чащин*. – Пермь: ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА, 2011. – 197 с. **2.** *Алексеев, Ю. В.* Тяжелые металлы в агроландшафте [Текст] / *Ю. В. Алексеев*. - СПб.: Изд-во ПИЯФ РАН, 2008. – 216 с. **3.** *Бычинский, В. А.* Экологическая геохимия: Тяжелые металлы в почвах в зоне влияния промышленного города [Текст] / *В. А. Бычинский*. – Иркутск: Иркутский государственный университет, 2008. – 189 с. **4.** *Джувеликян, Х. А.* Загрязнение почв тяжелыми металлами. Способы контроля и нормирования загрязненных почв: Учебное пособие [Текст] / *Х. А. Джувеликян*. – Воронеж: ВГУ, 2009. – 23 с. **5.** *Попова, Л. Ф.* Тяжелые металлы в почвах промышленного и селитебного ландшафтов города Архангельска [Текст] / *Л. Ф. Попова, М. В. Пилюгина* // Современные наукоемкие технологии. – 2008. – № 5. – С. 69–70. **6.** *Куранова, А. П.* Тяжелые металлы как экотоксиканты [Текст] / *А. П. Куранова, Е. Б. Иванова* // Прикладная токсикология. – 2010. - № 2. – С. 14–17. **7.** *Антонова, Ю. А.* Тяжелые металлы в городских почвах [Текст] / *Ю. А. Антонова, М. А. Сафонова* // Фундаментальные исследования. – 2007. – № 11. – С. 7–9. **8.** *Борисочкина, Т. И.* Тяжелые металлы в почвах городских и пригородных ландшафтов различных категорий землепользования [Текст] / *Т. И. Борисочкина, Л. Г. Маркина* // Экология России: на пути к инновациям. – 2015. – № 11. – С. 69–73. **9.** *Голинская, Л. В.* Тяжелые металлы в водных экосистемах Оренбургской области как потенциальные источники снижения качества здоровья населения региона [Текст] / *Л. В. Голинская, Г. Н. Соловых, М. М. Павлова* // Здоровье населения и среда обитания. – 2014. – № 7. – С. 40–42. **10.** *Гапеева, М. В.* Тяжелые металлы в воде и донных отложениях Рыбинского водохранилища [Текст] / *М. В. Гапеева* // Вода: химия и экология. – 2013. – № 5. – С. 3–7. **11.** *Мещерова, Н. А.* Загрязнение тяжелыми металлами почвенного покрова территории промышленного воздействия [Текст] / *Н. А. Мещерова* // Труды Братского государственного университета. Серия: естественные и инженерные науки. – 2005. – № 1. – С. 106–110.

Bibliography (transliterated): **1.** *Vasilev, A. A., Chashin, A. N.* (2011). Heavy metals in the soils of the city Chusovoy: assessment and diagnosis of pollution. Permian: FGBOU, 197. **2.** *Alekseev, U. V.* (2008). Heavy metals in agricultural landscapes. Saint. Petersburg: PIAF RAN, 216. **3.** *Buchinski, V. A.* (2008). Environmental Geochemistry: Heavy metals in the soil in the zone of influence of the industrial city. Irkutsk: Irkutsk State University, 189. **4.** *Juvelikian, H. I.* (2009). Pollution of soils with heavy metals. Methods of control and regulation of contaminated soils. Voronezh: Voronezh State University, 23. **5.** *Popova, L. F., Pilugina, M. V.* (2008). Heavy metals in the soils of industrial and residential landscapes of the city of Arkhangelsk. Modern high technologies, 5, 69–70. **6.** *Kyranova, A. P., Ivanova, E. B.* (2010). Heavy metals as ecotoxicants. Applied toxicology, 2, 14–17. **7.** *Antonova, U. A., Safonova, M. A.* (2007). Heavy metals in urban soils. Fundamental research, 11, 7–9. **8.** *Borisochkina, T. I., Markina, L. G.* (2015). Heavy metals in the soils of urban and suburban landscapes of various land-use categories. Ecology of Russia: on the road to innovation, 11, 69–73. **9.** *Golinskaya, L. V, Solovih, G. N., Pavlova M. M.* (2014). Heavy metals in aquatic ecosystems of the Orenburg region as potential sources of reducing the quality of health in the region. Public health and environment, 7, 40–42. **10.** *Gapeeva, M. V.* (2013). Heavy metals in water and sediments of the Rybinsk Reservoir. Water: chemistry and ecology, 5, 3–7. **11.** *Mesherova, N. A.* (2005). Heavy metal pollution of soil area of industrial exposure. Works of the Bratsk State University. Series: Natural and engineering sciences, 1, 106–110.

Поступила(received) 28.10.2015

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Бувалець Дар'я Юріївна **-** аспірант, Кафедра Хімічної технології та інженерії, Приазовський державний технічний університет, вул. Університетська, 7, м. Маріуполь, 87500, Україна; тел. 067-291-70-93; e-mail: buvalets@gmail.com.

Бувалец Дарья Юрьевна – аспирант, Кафедра Химической технологии и инженерии, Приазовский государственный технический университет, ул. Университетская, 7, г. Мариуполь, 87500, Украина; тел. 067-291-70-93; e-mail: buvalets@gmail.com.

Buvalets Daria – graduate student, Department of Chemical Technology and Engineering, Azov State Technical University, ul. University, 7, Mariupol, 87500, Ukraine; tel. 067-291-70-93; e-mail: buvalets@gmail.com.

Капустін Олексій Євгенович **-** доктор хімічних наук, завідувач кафедри Хімічної технології та інженерії, Приазовський державний технічний університет, вул. Університетська, 7, м. Маріуполь, 87500, Україна; e-mail: kapustinlesha@gmail.com.

Капустин Алексей Евгеньевич – доктор химических наук, заведующий кафедры Химической технологии и инженерии, Приазовский государственный технический университет, ул. Университетская, 7, г. Мариуполь, 87500, Украина; e-mail: kapustinlesha@gmail.com.

Kapystin Alexey **-** doctor of Chemistry, Head of the Department of Chemical Technology and Engineering, Azov State Technical University, ul. University, 7, Mariupol, 87500, Ukraine; e-mail: kapustinlesha@gmail.com.