УДК 631.4

АККУМУЛЯЦИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В СВЕТЛО-КАШТАНОВЫХ И АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ПОЧВАХ АГЛОМЕРАЦИИ ВОЛГОГРАД-ВОЛЖСКИЙ

© 2016 В.Н. Заикина[1], А.А. Околелова[1], Н.Г. Кастерина[1,2], Ю.А. Свиридова[1]

[1] Волгоградский государственный технический университет
[2] Волжский политехнический институт (филиал Волг ГТУ)

Статья поступила в редакцию 11.05.2016

В статье приведены сведения об экспериментальных исследованиях и анализе содержания валовых и подвижных форм тяжелых металлов (ТМ) (ванадия, стронция, кобальта, никеля, меди, хрома, мышьяка, цинка и свинца) в светло-каштановых почвах различного гранулометрического состава и аллювиальных почвах агломерации Волгоград-Волжский. Главным фактором накопления ТМ является техногенез, который часто «перекрывает» влияние природных факторов почвообразования, часто не коррелирует со свойствами почв, но зависит от степени антропогенной нагрузки и химических свойств самих элементов.

Ключевые слова: *тяжелые металлы, валовые и подвижные формы, светло-каштановая почва, аллювиальная почва, накопление*

В крупных промышленных городах почвы испытывают хронический стресс, одной из причин является постоянное и прогрессирующее поступление загрязняющих веществ, в том числе тяжелых металлов (ТМ), которые представляют собой специфическую группу особо токсичных загрязнителей. Количество антропогенных источников загрязнения окружающей среды в черте агломерации Волгоград-Волжский – одно из самых больших на территории России. Это основная причина мощного потока поллютантов, поступающего в почвы урболандшафтов региона. Разработка эффективных и экологически безопасных мероприятий для снижения «металлического пресса» невозможна без мониторинга концентрации ТМ в почвах различного генезиса вблизи источников антропогенного воздействия на экосистемы (промышленные объекты, транспортные магистрали, АЗС). Объективность оценки загрязнения почв ТМ повышается при учете фонового содержания химических элементов в почвах на незагрязненных участках.

Объекты и методы исследования. Объекты исследования расположены на территории агломерации Волгоград-Волжский: АЗС № 1, г. Волжский, в 800 м от ОАО «Волжский трубный завод» - светло-каштановая глинистая почва; АЗС № 3, г. Волжский, в 300 м от сталеплавильного цеха ОАО «Волжский трубный завод» - светло-каштановая песчаная почва; санитарно-защитная зона (СЗЗ) Речпорта, левый берег р. Волги напротив Речпорта, в 8,7 км от АО «Волгоградский металлургический комбинат «Красный Октябрь» - аллювиальная дерновая песчаная почва. Отбор проб почв проводили с глубины 0-20 см по ГОСТу 17.4.3.01-83. Анализировали валовое содержание элементов I (Zn, Pb), II (Co, Ni, Cu) классов опасности на кафедре почвоведения и оценки земельных ресурсов ЮФУ (г. Ростов-на-Дону) рентгенофлуоресцентным методом на приборе «Спектроскан МАКС-GV». Проводили содержание подвижных форм элементов: Zn, Pb, Ni, Cu методом атомно-абсорбционной спектрометрии по МУ ЦИНАО 1992 и Co — с извлечением его подвижных форм азотной кислотой и последующим его определением атомно-абсорбционным методом по ГОСТ 50687-94, в лаборатории «Агрохимия» г. Волгограда.

Экспериментальная часть, анализ, обобщение и разъяснение полученных данных. Анализы светло-каштановых почв агломерации, проведенные нами ранее в 2006-2009 гг. выявили следующее: концентрация Zn достигает 488,7 мг/кг, Cu - 182, Pb - 34,3, Ni - 33, As - 12,7, Co - 10 [29-32]. Полученные данные за 2010-2012 гг. показали, что концентрация Zn изменяется в интервале 29,4-195,0 мг/кг, Pb - от 7,5 до 26,9, As - с 3,5 до 8,0, Cd - 0,1-0,2 [29-32]. В 2012 г. в светло-каштановой почве южной части Волгограда было выявлена аккумуляция Zn от 34 до 304 мг/кг и Pb [32]. Для определения миграционной способности элементов нами была определена степень подвижности ($S_п$) , которую вычисляли по формуле:

$$S_п = ТМ_п / ТМ_в \times 100\ \%,$$

где $ТМ_п$, $ТМ_в$ – соответственно содержание ТМ в подвижной и валовой форме, мг/кг. Результаты анализов представлены в табл. 1 и на рис. 1.

Медь. Наибольшее валовое содержание меди выявлено в аллювиальной почве СЗЗ Речпорта (64,13 мг/кг), а наименьшее валовое содержание – в светло-каштановой песчаной почве АЗС № 3 (43,32). При этом превышение ПДК валового содержания меди выявлено во всех изучаемых объектах. Максимальное содержание подвижной формы меди обнаружено в светло-каштановой песчаной почве АЗС № 3 (15,9), а минимальное содержание – в аллювиальной почве СЗЗ Речпорта (7,04). При этом превышение ПДК подвижной формы меди выявлено во всех изучаемых объектах, более чем в 2 раза. Валовое накопление меди в черноземах до 16-30 мг/кг отмечает М.А. Глазовская [7]. Фоновое содержание меди в почвах Волгоградской области составляет 1,5-30 мг/кг [8]. При загрязнении почв оксидами меди из-за медленного его растворения и отсутствия в растворе происходит прочное закрепление на селективных по отношению к этому элементу позиций, присутствующих как в черноземе. Так и в дерново-подзолистой почве [21].

Для сравнения в черноземах выщелоченных предгорий Северного Алтая отмечен вынос Cu в

Заикина Вероника Николаевна, аспирантка. E-mail: veronikazaikina@mail.ru
Околелова Алла Ароновна, доктор биологических наук, профессор кафедры «Промышленная экология и безопасность жизнедеятельности. E-mail: allaokol@mail.
Кастерина Надежда Геннадьевна, кандидат биологических наук, доцент кафедры «Химическая технология полимеров и промышленная экология». E-mail: kokorinaNG@yandex.ru
Свиридова Юлия Александровна, магистр

иллювиальные горизонты с тонкодисперсными частицами. Ее концентрация зависит от содержания органического вещества, гранулометрического состава, реакции среды. Cr изменяется от 38 до 77 мг/кг.

Таблица 1. Характеристика накопления ТМ в верхних горизонтах светло-каштановых и аллювиальных почв

Показатель	Cu	Zn	Co	Ni	Pb
ПДК валовой формы/подвижной формы	33/3	100/23	-/0,3	20/4	32/6
АЗС № 1					
валовое содержание, мг/кг	55,34	77,06	15,98	55,79	50,77
содержание подвижной формы, мг/кг	10,1	13,1	0,10	5,80	8,73
степень подвижности, %	18,25	17,00	0,63	10,40	17,20
АЗС№ 3					
валовое содержание, мг/кг	43,32	162,09	8,36	37,33	46,18
содержание подвижной формы, мг/кг	15,9	56,3	0,15	5,11	25,1
степень подвижности, %	36,70	34,73	1,79	13,69	54,35
Речпорт					
валовое содержание, мг/кг	64,13	73,77	21,92	65,12	30,31
содержание подвижной формы, мг/кг	7,04	7,80	0,20	5,10	5,70
степень подвижности, %	10,98	10,57	0,91	7,83	18,81

Цинк. Доля цинка колеблется в широком интервале. Максимальное валовое содержание цинка отмечено в светло-каштановой песчаной почве АЗС № 3 (162,09), а минимальное содержание – в аллювиальной почве СЗЗ Речпорта (73,77). При этом превышение ПДК валового содержания цинка выявлено только в светло-каштановой почве АЗС № 3. Наибольшая концентрация подвижной формы цинка выявлена в светло-каштановой песчаной почве АЗС № 3 (56,3). Наименьшая концентрация подвижной формы цинка обнаружена в СЗЗ Речпорта (7,80). При этом превышение ПДК выявлено более чем в 2 раза только в светло-каштановой песчаной почве АЗС № 3. Содержание подвижного цинка в черноземе обыкновенном Кузнецкой области составляет 0,09 мг/кг, кобальта – 1,48 мг/кг [39]. Цинк легко адсорбируется не только минеральными, но и органическими компонентами, поэтому в большинстве типов почв наблюдается его аккумуляция в поверхностных горизонтах [8]. Его источником в почвах может быть истирание деталей автомашин, износ шин, оцинковка кузовных деталей и днища [35].

Важными факторами, влияющими на подвижность цинка в почвах, являются содержание глинистых минералов и величина pH. При повышении pH элемент переходит в органические комплексы и связывается почвой. Ионы цинка также теряют подвижность, попадая в межпакетные пространства кристаллической решетки монтмориллонита. С органическим веществом Zn образует устойчивые формы, поэтому в большинстве случаев он накапливается в горизонтах почв с высоким содержанием гумуса и в торфе [12]. Цинк - наиболее подвижный элемент, хорошо усваиваемый растениями [20]. Цинк по сравнению со свинцом, никелем и медью ведет себя в черноземах и дерново-подзолистых почвах как наиболее подвижный элемент [21]. В нейтрально-щелочных почвах юга доступность цинка снижается из-за сильной сорбции гидроксидами железа. Техногенный цинк надежно закрепляется в почве, что снижается его токсичность. [44, 45]. Техногенный цинк в значительной степени закрепляется гидроксидами железа и фосфатами [6, 44, 45]. В аллювиальных почвах содержание цинка определяется гидрогенными процессами, составом и массой отлагающегося аллювия [6, 44, 45]. Среднее содержание подвижных форм цинка в пахотных черноземах обыкновенных и выщелоченных Белгородской области в слое 0-20 см 0,51-+0,06 мг/кг или 1,2% от валового содержания. С глубиной его содержание снижается [39]. По обеспеченности почв подвижным цинком их делят на очень бедные (меньше 0,3 мг/кг, бедные (0,3-1), среднеобеспеченные (1,1-3,0, богатые (3,1-5,0), очень богатые (больше 5,1) [27].

Кобальт. Валовое содержание кобальта максимальное в аллювиальной почве СЗЗ Речпорта (21,92 мг/кг), а минимальное – в светло-каштановой песчаной почве АЗС № 3 (8,36). Содержание подвижной формы кобальта изменяется от 0,10 в светло-каштановой глинистой почве АЗС № 1 до 0,20 в аллювиальной почве СЗЗ Речпорта и не превышает ПДК. В верхнем слое почвы доля кобальта изменяется в широких пределах — от 1 до 40 мг/кг [8, 15]. Валовое накопление меди в черноземах составляет 16-30 мг/кг [15]. Никель образует устойчивые аквакомплексы, входит в состав катионных и хелатных соединений [8], образует карбонаты. Это повышает его устойчивость в почве. Подвижность кобальта в почвах во многом зависит от ее показателя pH: в почвах с нейтральной и щелочной реакцией данного микроэлемента гораздо больше, чем в почвах с повышенной кислотностью [34]. Наличие подвижного кобальта зависит от гранулометрического состава почв, фракция глины содержит его в 7 раз больше, чем фракция песка [34]. При повышении доли гумуса [11] подвижность кобальта уменьшается из-за его перехода в малодоступные формы, связанные с органическим веществом. В степных и полупустынных зонах Co-дефицитные площади распространены на 42% площади [18]. Из-за его сорбции (гидроксидами железа и марганца и глинистыми минералами его миграция в почвах тяжелого гранулометрического состава затруднена [12].

Никель. Концентрация валовой формы никеля максимальна в аллювиальной почве СЗЗ Речпорта (65,12), а минимальна – в светло-каштановой песчаной почве АЗС № 3 (37,33) и во всех объектах наблюдается превышение ПДК более чем в 2 раза. Концентрация подвижной формы никеля превышает ПДК во всех объектах, при этом его максимальное содержание обнаружено в светло-каштановой глинистой почве АЗС № 1 (5,80), а минимальное содержание выявлено в аллювиальной почве СЗЗ Речпорта (5,10). Кларк по А.П.

Виноградову равен 40 мг/кг [6] более поздние исследования подтверждают эту величину [4]. Для этого элемента нормальным считаются следующие показатели, в песчаных почвах – 5 мг/кг, в глинистых – 11, в тяжелоглинистых – 22 [25]. Высокая его концентрация кроме техногенных факторов может быть обусловлена разрушением минералов почв, отмиранием и распадом растений и микроорганизмов. Количество никеля во многом определяется содержанием органического вещества, аморфных оксидов и глинистой фракции Значительная его часть концентрируется в тонкодисперсных фракциях и гумусе [2]. Никель в большей степени определяется во фракции, связанной с оксидами и гидроксидами железа и марганца, в меньшей – степени в остаточной и связанной с органическим веществом [47]. Ni стимулирует нитрификацию и минерализация соединений азота. Среднее его содержание в черноземах Приобья - 43 мг/кг. [13].

Свинец. Наибольшее валовое содержание свинца найдено в светло-каштановой глинистой почве АЗС № 1 (50,77), а наименьшее – в аллювиальной почве СЗЗ Речпорта (30,31). Максимальное содержание подвижной формы свинца отмечено в светло-каштановой песчаной почве АЗС № 3 (25,1), а минимальное содержание – в аллювиальной почве СЗЗ Речпорта. Превышение ПДК подвижных форм свинца обнаружено только в светло-каштановых почвах. По сравнению с другими ТМ свинец наименее подвижен, причем степень подвижности элемента сильно снижается при известковании почв. Подвижный свинец присутствует в виде комплексов с органическим веществом. При высоких значениях pH свинец закрепляется в почве химически в виде гидроксида, фосфата, карбоната и Pb-органических комплексов [3]. В почвах свинец ассоциируется со всеми основными почвенными компонентами: глинистыми минералами, оксидами марганца, гидрооксидами железа и алюминия, органическим веществом, закрепляясь ими достаточно прочно [21]. Он среди ТМ наименее подвижен [6]. Он прочно связан с гуматами, что доказано методом синхротронного рентгеновского анализа [43, 44, 46]. Свинец больше сорбируется гуматами, чем медь, кадмий [5]. Он приоритетно поглощается алюмосиликатными гелями, чем Cu, Zn, Cd, Co, Ni [36]. В загрязненных почвах, по сравнению с незагрязненными почвами, доля подвижных металлов (водорастворимых, обменных, специфически сорбированных) увеличивается в большей мере, чем содержание валовых форм. Это одно из проявлений снижения буферности почв по отношению к металлам» [17]. Для черноземных почв Белгородской области доля подвижных форм тяжелых металлов в почвах от их валового количества составляет: для кадмия 22,5-25,3 %, свинца 8,5-9,4, цинка 1,0-1,6, меди – 0,8-1,6 [16]. Концентрация подвижных форм металлов в черноземе г. Оренбурга колеблется в широких пределах: цинка – 2-106 мг/кг, кадми**я** – 0,8-6,5 мг/кг, свинца – 0,08-23,0 мг/кг [2]. В результате исследований черноземных почв г. Ростова-на-Дону установлено, что концентрация подвижной формы тяжелых металлов (Cu, Pb, Zn) существенно превышает значения ПДК [16].

К примеру, содержание подвижных форм ТМ (меди, цинка, свинца, кадмия) в почвах Ульяновска на глубине 0-5 см колеблется от 40 до 82%, на глубине 5-25 см – 42-87% [8]. Среднее валовое содержание хрома и никеля в черноземах типичных и выщелоченных Белгородской области составляют соответственно 20,9 и 25 мг/кг. Среднее содержание подвижных форм хрома и никеля в пахотных почвах составляет 0,46 мг/кг [23]. В черноземах Бурибаевского горно-обогатительного комбината (Башкортастан) содержание подвижных форм меди, цинка и марганца в ряде случаев превышает ПДК, а в водной вытяжке - меньше 1% от валового количества [37]. В черноземах выщелоченном и южном Башкирии при повышении степени насыщенности основаниями снижается содержание подвижных форм меди, цинка и кадмия. Кадмий способен сохранять подвижность в более широких условиях, чем медь и цинк [37]. ТМ, удерживаемые органической и коллоидной частями почвы, ограничивают биологическую деятельность, ингибируют процессы нитрификации [13].

Из данных табл. 1 очевидно, что превышение ПДК валовых форм Cu, Ni выявлено в почвах всех исследуемых объектов, превышение ПДК валовой формы Pb - только в светло-каштановых почвах АЗС № 1 и № 3, а превышение ПДК валовой формы Zn – только в светло-каштановой почве АЗС № 3. Превышение ПДК подвижных форм Cu, Pb и Ni отмечено в почвах всех объектов, а превышение ПДК подвижных форм Zn - только в почве АЗС № 3. Максимальное валовое содержание Cu, Co, Ni обнаружено в аллювиальных почвах СЗЗ Речпорта, Zn – в светло-каштановой почве АЗС № 3, а Pb – в светло-каштановой почве АЗС № 1, а минимальное валовое содержание Cu, Co, Ni – в светло-каштановой почве АЗС № 3, Pb, Zn – в аллювиальной почве СЗЗ Речпорта. Наибольшая аккумуляция подвижных форм Cu, Zn, Pb выявлена в светло-каштановой почве АЗС № 3, Co – в аллювиальной почве СЗЗ Речпорта, а Ni – в светло-каштановой почве АЗС № 1, а наименьшая концентрация подвижных форм Cu, Zn, Ni, Pb – в аллювиальной почве СЗЗ Речпорта, Co – АЗС № 1. Максимальная степень подвижности выявлена у Pb, Cu, Zn, средняя – у Ni и минимальная – у Co. В светло-каштановых почвах по сравнению с аллювиальными почвами выше валовое содержание Pb и Zn и ниже — Cu, Co, Ni. Наибольшая аккумуляция подвижных форм Cu, Zn, Pb, Ni выявлена в светло-каштановых почвах и наименьшая аккумуляция – Co. Максимальная степень подвижности всех элементов отмечена в светло-каштановой песчаной почве АЗС № 3. Минимальная степень подвижности Cu, Zn, Ni – в аллювиальной почве СЗЗ Речпорта, а Co и Pb – в светло-каштановой глинистой почве АЗС № 1.

Главным фактором накопления ТМ является техногенез, который часто «перекрывает» влияние природных факторов почвообразования, часто не коррелирует со свойствами почв, но зависит от степени антропогенной нагрузки и химических свойств самих элементов. По результатам анализа содержания ТМ, проводимых нами ранее [22], был построен аккумулятивный ряд микроэлементов, который показал, что приоритетные места принадлежат Zn и Pb, самые низкие концентрации наблюдаются у Hg. Селективность ионного обмена можно описать следующей последовательностью:

$$Zn \geqslant Pb \geqslant Hg$$

Превышение концентрации цинка по сравнению со свинцом подтверждается и нашими недавно проведенными исследованиями. По полученным результатам был построен селективный ряд валового содержания элементов:

$$\mathbf{Zn} \geqslant Ni \geqslant Cu \geqslant Pb \geqslant \mathbf{Co}$$

Этот ряд показывает, что приоритетные места принадлежат Zn и Ni, среднее положение у Cu и Pb. Самые низкие концентрации наблюдаются у Co**.** В ходе исследования определена последовательность уменьшения содержания подвижной формы элементов:

Zn ⩾ Pb ⩾ Cu ⩾ Ni ⩾ **Co**

Данная последовательность позволяет отметить, что наибольшая аккумуляция характерна для Zn и Pb, среднее положение у Cu и Ni. Самые низкие концентрации наблюдаются у Co. Анализ данных позволил установить закономерность снижения степени подвижности элементов в ряду:

Pb ⩾ Cu ⩾ Zn ⩾ Ni ⩾ **Co**

Выявленная закономерность показывает, что приоритет накопления у Pb и Cu, среднее положение у Zn и Ni. Самые низкие концентрации валовой и подвижной форм, степень подвижности наблюдаются у Co.

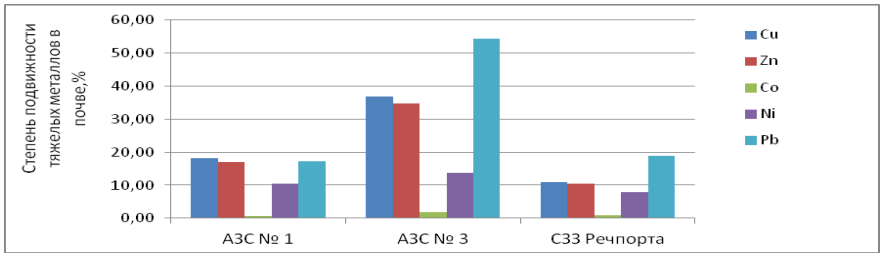

Рис. 1. Степень подвижности ТМ в почвах, %

Выводы:

1. Во всех исследуемых почвах обнаружено превышение ПДК валовых форм Cu, Zn, Ni, а превышение ПДК валовой формы Pb - только в светло-каштановых почвах. Превышение ПДК подвижных форм Cu, Pb и Ni отмечено в почвах всех объектов, а превышение ПДК подвижных форм Zn - только в почве АЗС № 3.

2. Максимальное валовое содержание Cu, Co, Ni обнаружено в аллювиальных почвах СЗЗ Речпорта, Zn – в светло-каштановой почве АЗС № 3, а Pb – в светло-каштановой почве АЗС № 1, а минимальное валовое содержание Cu, Co, Ni – в светло-каштановой почве АЗС № 3, Pb, Zn – в аллювиальной почве СЗЗ Речпорта.

3. Наибольшая аккумуляция подвижных форм Cu, Zn, Pb выявлена в светло-каштановой почве АЗС № 3, Co – в аллювиальной почве СЗЗ Речпорта, а Ni – в светло-каштановой почве АЗС № 1, а наименьшая концентрация подвижных форм Cu, Zn, Ni, Pb – в аллювиальной почве СЗЗ Речпорта, Co – АЗС № 1.

4. Максимальная степень подвижности у Pb, Cu, Zn, средняя – у Ni и минимальная – у Co. Максимальная степень подвижности всех элементов отмечена в светло-каштановой песчаной почве АЗС № 3. Минимальная степень подвижности Cu, Zn, Ni – в аллювиальной почве СЗЗ Речпорта, а Co и Pb – в светло-каштановой глинистой почве АЗС № 1.

5. В светло-каштановых почвах по сравнению с аллювиальными почвами выше валовое содержание Pb и Zn и ниже — Cu, Co, Ni. Наибольшая аккумуляция подвижных форм Cu, Zn, Pb, Ni и наименьшая – Co выявлена в светло-каштановых почвах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. *Безуглова, О.С.* О нормировании содержания мышьяка в почвах / *О.С. Безуглова, А.А. Околелова* //. Живые и биокосные системы. 2012. №1. С. 1-11.
2. *Белюченко, И.С.* Вопросы защиты почв в система агроландшафта // Научный журнал КубГАУ. 2014. № 95 (01). С. 32.
3. *Блохин, Е.В.* Эколого-геохимические особенности загрязнения почв города Оренбурга тяжелыми металлами / *Е.В. Блохин, И.В. Грошев, В.П. Петрищев* // Экология и биология почв: мат-лы междун. науч. конф. - Ростов-на-Дону: ЦВВР, 2004. С. 24-29.
4. *Бутовский, Р.О.* Тяжелые металлы как техногенные химические загрязнители и их токсичность для почвенных беспозвоночных // Агрохимия. 2005. № 4. С. 73-91.
5. *Варшал, Г.М.* Гуминовые кислоты как природный комплексообразующий сорбент, концентрирующий тяжелые металлы в объектах окружающей среды / *Г.М. Варшал, Т.Г. Велюханова, Д.Н. Чхетия* и др. // Геохимические барьеры в зоне гипергенеза. Межд. симпозиум. – М., 1999. С. 51-53.
6. *Водяницкий, Ю.Н.* Тяжелые металлы и металлоиды в почвах. – М.: ГНУ Почв. ин-та им. В.В. Докучаева, 2008. 164 с.
7. *Глазовская, М.А.* Критерии классификации почв по опасным загрязнениям // Почвоведение. 1994. № 4. С. 110-120.
8. *Горбачев, В.Н.* Содержание тяжелых металлов в почвах г. Ульяновска / *В.Н. Горбачев, Н.М. Аванесян* // Безопасность жизнедеятельности. 2008. № 3. С. 30-33.
9. Дегтярева, Е.Д. 1970. Почвы Волгоградской области / *Е.Д. Дегтярева, А.Н. Жулидова*. – Волгоград, Нижне-Волжск. кн. изд-во, 1970. 320 с.
10. *Добровольский, В.В.* Основы биогеохимии. – М.: ACADEMIA, 2003. 398 с.
11. *Ермоленко, Н.Ф.* Микроэлементы и коллоиды почв. – Минск: Наука и техника, 1966. 322 с.
12. *Иванов, В.В.* Экологическая геохимия элементов. – М.: Экология, 1996. 356 с.
13. *Ильин, В.Б.* О загрязнении тяжелыми металлами почв и сельскохозяйственных культур предприятием цветной металлургии // Агрохимия. 1990. № 3. С.92-98.
14. *Ильин, В.Б.* 2002. Тяжелые металлы в городских почвах // Сибирский экологический журнал. 2002. Т. 9, №3. С. 285-292.
15. *Кабата-Пендиас, А.* Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас. - М., Мир, 1989. 439 с.
16. *Капралова, О.А.* Влияние загрязнения тяжелыми металлами на эколого-биологические свойства почв г. Ростова-на-Дону / *О.А. Капралова, С.И. Колесников* // Научная мысль Кавказа. 2012. № 1. С. 69-72.
17. *Кастерина, Н.Г.* Валовые формы тяжелых металлов в почвах агломерации Волгоград-Волжский / *Н.Г. Кастерина, А.А. Околелова, В.Н. Заикина, А.К. Шерстнев* // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия Естественные науки. 2015. Т. 21 (218), вып. 33, декабрь. С. 98-105.
18. *Ковальский, В.В.* Микроэлементы в почвах СССР / *В.В. Ковальский, Г.А. Андеранова*. - М.: Наука, 1970. 179 с.
19. *Колесников, С.И.* 2008. Экологические последствия загрязнения почв тяжелыми металлами: Ba, Mn, Sb, Sn, Sr, V, W / *С.И. Колесников, С.В. Пономарева, К.Ш. Казеев, В.Ф. Вальков*. – Ростов-на-Дону: Эверест, 2008. 176 с.
20. *Кретинин, В.М.* 2006. Редкие и исчезающие почвы Природных парков Волгоградской области / *В.М. Кретинин, В.В. Брагин, К.Н. Кулик, В.М. Шишкунов*. – Волгоград: ВНИАЛМИ, 2006. 144 с.
21. *Ладонин, Д.В.* Фракционный состав соединений никеля, меди, цинка и свинца в почвах, загрязненных оксидами и растворимыми солями металлов / *Д.В. Ладонин, М.М. Карпухин* // Почвоведение. 2011. № 8. С. 953-965.
22. *Лобачева, Г.К.* Рекультивация техногенно-нарушенных земель и инженерно-мелиоративные подходы к формированию озеленительных территорий для оздоровления

окружающей среды / *Г.К. Лобачева, И.А. Заикин, А.В. Карпова* и др. – Волгоград: Изд. ВолГУ, 2012. 390 с.
23. *Лукин, С.В.* Хром и никель в почвах Белгородской области // Агрохимический вестник. 2012. № 6. С. 4-6.
24. *Мажайский, Ю.А.* 2008. Нейтрализация загрязненных почв. – Рязань, Мщерский филиал ГНУ ВИИГиМ Россельхозакадемии, 2008. 528 с.
25. *Меленцова, С.В.* Мониторинг содержания тяжелых металлов в агроэкосистемах / *С.В. Меленцова, С.В. Лукин*. - М., 2006. 256 с.
26. *Минеев, В.Г.* Проблемы тяжелых металлов в современном земледелии / Тяжелые металлы и радионуклиды в агроэкосистемах. – М.: МГУ, 1994. С. 5-12.
27. *Минеев, В.Г.* Агрохимия. – М.: МГУ, 2004. 720 с.
28. *Мотузова, Г.В.* Загрязнение почв – наиболее опасный вид деградации экосистем // III междунар. научн. конф. «Современные проблемы загрязнения почв». – М. 24-28 мая 2010. С. 10-12.
29. *Околелова, А.А.* Оценка накопления тяжелых металлов в почвах Волгограда / *А.А. Околелова, Н.А. Рахимова, В.Ф. Желтобрюхов*. – Волгоград, ВолгГТУ, 2012. 80 с.
30. *Околелова, А.А.* 2013. Особенности содержания мышьяка в почвах различных регионов европейской части Российской Федерации / *А.А. Околелова, В.Ф. Желтобрюхов, И.А. Куницына, В.П. Кожевникова* // Экология урбанизированных территорий. 2013. № 4. С. 87-89.
31. *Околелова, А.А.* Содержание и нормирование тяжелых металлов в почвах Волгограда / *А.А. Околелова, В.Ф. Желтобрюхов, Г.С. Егорова* и др. – Волгоград, ВолгГТУ, 2014. 144 с.
32. *Околелова, А.А.* Особенности почвенного покрова Волгоградской агломерации / *А.А. Околелова, В.Ф. Желтобрюхов, Г.С. Егорова* и др. – Волгоград, ВГАУ, 2014. 224 с.
33. *Панасин, В.И.* Цинк в почах сельскохозяйственных угодий Калининградской области / *В.И. Панасин, А.Ю. Шатохин, Д.А. Рымаренко* // Агрохимический вестник. 2015. № 5. С. 45-48.
34. *Потатуева, Ю.А.* Эффективность микроэлементов в растениеводстве по зонам страны // Биологическая роль микроэлементов. – М.: Наука, 1983. С. 161-170.
35. *Пшенин, В.Н.* Актуальные вопросы оценки загрязнения почвенного покрова вблизи автомагистралей // Тр. Всерос. научно-практ. семинара «Экологизация автомобильного транспорта». – СПб.: МАНЭБ, 2003. С. 83-88.
36. *Савенко, В.С.* Экспериментальные методы изучения низкотемпературных геохимических процессов / *В.С. Савенко, А.В. Савенко*. – М.: ГЕОС, 2009. 302 с.
37. *Семенова, И.Н.* Почвы окрестностей Бурибаевского горно-обогатительного комбината: физические свойства и оценка фитотоксичности / *И.Н. Семенова, Я.Т. Суюндуков, Л.А. Абдуллина* // Плодородие. 2013. № 4. С. 36-38.
38. *Спиридонова, И.В.* 2010. Динамика изменения содержания валовых форм тяжелых металлов в почвах Волгограда / *И.В. Спиридонова, А.А. Околелова, Н.Г. Кокорина, А.С. Иванова* // Плодородие. 2010. № 4. С. 42-44.
39. *Хижняк, Р.М.* Цинк в черноземах Белгородской области // Достижения науки и техники АПКУ. 2014. № 4. С. 29-31.
40. *Хохлова, Т.И.* Содержание и распределение микроэлементов в почвах Кузнецкой лесостепи // Почвоведение. 1967. № 1. С. 59-66.
41. *Cebula, E.* Effects of flooling in southern Poland on heavy metal concentrations in soil / *E. Cebula, J. Cida* // Soil. Use. Manag. 2005. V. 21. P. 348-351.
42. *Ciba, J.* Mala encyclopedia pierwiastkow / *J. Ciba, J. Trojanovska, M. Zolotajkin*. - Warszawa, WNT, 1996. 197 p.
43. *Manceau, A.* Direct determination of lead speciation in contaminated soils by EXAFS spectroscopy / *A. Manceau, M.C. Boisset, G. Sarret* et al. // Environ. Sci. Technol. 1996. V. 30. P. 1540-1552.
44. *Manceau, A.* Quantative speciation of heavy metals in soils found sediments by synchrotron X-ray technigues / *A. Manceau, M.A. Marcus, N. Tamura* // Applications of Synchrotron Radiation in Low-Temperature Geochemistry. – Washington, DC. 2002. V. 49. P. 341-428.
45. *Manceau, A.* Natural speciation of Zn at the micrometer scale in a clay soil using X-ray fluorescence absorption and diffraction / *A. Manceau, M.A. Marcus, N. Tamura* et al. // Geochim. Cosmochim. Acta. 2004. V. 68. P. 2467-2483.
46. *Morin, G.* EXAFC determination of chemical form of lead in smelter contaminated soils and mine tailings: Importance of adsorption process / *G. Morin, J.D. Ostergren, R. Juillot* et al. // Am. Mineral. 1999. V. 84. P. 420-434.
47. *Rajaie, M.* Nickel nrancformation in two calcareous soil textural classes as affected by applied nickel sulfate / *M. Rajaie, N. Karinian, J. Yasrebi* // Geoderma. 2008. V. 144. (1-2). P. 344-351.

]

ACCUMULATION OF HEAVY METALS IN LIGHT CHESTNUT AND ALLUVIAL SOILS IN VOLGOGRAD-VOLZHSKIY AGGLOMERATION

© 2016 V.N. Zaikina[1], A.A. Okolelova[1], N.G. Kasterina[1,2], Yu.A. Sviridova[1]

[1] Volgograd State Technical University
[2] Volzhskiy Polytechnical Institute (Branch of Volgograd State Technical University)

This article provides information about experimental studies and analysis of content of gross and mobile forms of heavy metals (HM) (vanadium, strontium, cobalt, nickel, copper, chromium, arsenic, zinc and lead) in light chestnut soils of various granulometric composition and alluvial soils in Volgograd-Volzhskiy agglomeration . The main factor of accumulation the HM is technogenesis, that often overrides the influence of the natural factors of soil formation and often does not correlate with soil properties, but depends on the degree of anthropogenic load and chemical properties of elements.

Key words: *heavy metals, gross and mobile forms, light-brown soil, alluvial soil, accumulation*

Veronuka Zaikina, Post-graduate Student. E-mail: veronikazaikina@mail.ru
Alla Okolelova, Doctor of Biology, Professor at the Department "Industrial Ecology and Life Safety". E-mail: allaokol@mail.
Nadezhda Kosterina, Candidate of Biology, Associate Professor at the Department "Polymers Chemical Technology and Industrial Ecology". E-mail: kokorinaNG@yandex.ru
Yuliya Sviridova, Master