

## НЕКОТОРЫЕ БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ НА ЭКОЛОГИЧЕСКИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ САРАТОВСКОЙ И ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТЕЙ

Ларионов М.В.<sup>1</sup>, Любимов В.Б.<sup>2</sup>, Логачёва Е.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Балашовский институт (филиал) Саратовского национального исследовательского государственного университета имени Н.Г. Чернышевского, Балашов, e-mail: m.larionow2014@yandex.ru;*

<sup>2</sup>*Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского, Брянск*

В статье представлен анализ результатов многолетних исследований (2006-2016 гг.) содержания и динамики элементов группы тяжелых металлов в листьях древесных растений из состава зеленых насаждений. Отборы образцов древесных листьев выполнялись в разных функциональных зонах г. Балашова (Саратовская область) и г. Камышина (Волгоградская область) вдоль автомобильных дорог. Исследования выполнены в 95%-ном доверительном интервале. Установлено, что на рекреационных территориях аккумуляционная способность объектов исследований (средневзвешенный показатель по образцам и видам растений) находится на уровне 0,78 ПДК – Pb, 0,95 ПДК – Cu (Балашов) и 0,2 ПДК – Pb, 1,1 ПДК – Cu (Камышин), в жилой зоне – 1,4 ПДК – Pb, 1,4 ПДК – Cu (Балашов) и 1,02 ПДК – Pb, 1,7 ПДК – Cu (Камышин), на территориях, примыкающих к промзонам, – соответственно 1,7 ПДК – Pb, 4,2 ПДК – Cu (Балашов) и 2,8 ПДК – Pb, 5,8 ПДК – Cu (Камышин). В целом за исследуемый период наблюдается устойчивая тенденция к повышению средневзвешенных значений концентраций тяжелых металлов в листьях древесных растений. Объективно требуются мероприятия по существенному улучшению экологического состояния древесных насаждений в рассмотренных урбанизированных районах, обоснованные озеленительные работы и меры по реконструкции и обновлению насаждений, особенно в составе магистральных посадок.

Ключевые слова: древесные растения, Саратовская область, Волгоградская область, урбандошадфты, функциональные зоны, элементы группы тяжелых металлов, аккумуляция тяжелых металлов.

## SOME BIOCHEMICAL INDICATORS OF WOODY PLANTS ON ENVIRONMENTALLY VARIOUS TERRITORIES OF SARATOV AND VOLGOGRAD REGIONS

Larionov M.V.<sup>1</sup>, Lyubimov V.B.<sup>2</sup>, Logacheva E.A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Balashov Institute (branch) of national research Saratov state University named after N.G. Chernyshevsky, Balashov, e-mail: m.larionow2014@yandex.ru;*

<sup>2</sup>*Bransk state University named after academician I.G. Petrovsky, Bryansk, e-mail: lubimov-v@mail.ru*

This article presents an analysis of the results of multi-year research (from 2006 to 2016) of the content and dynamics of heavy metal elements in leaves of woody plants from the green spaces. Sampling of leaves was carried out in different functional areas of Balashov (Saratov region) and Kamyshin (Volgograd region) along the highways. The studies were performed in 95% confidence interval. It was found that the accumulation capacity of the research objects on recreational areas (a weighted average for samples and species) is at 0,78 MPC – Pb, 0,95 MPC – Cu (Balashov) and 0,2 MPC – Pb, 1,1 MPC – Cu (Kamyshin), in a residential area is at 1,4 MPC – Pb, 1,4 MPC – Cu (Balashov) and 1,02 MPC – Pb, 1,7 MPC – Cu (Kamyshin), on areas adjacent to the industrial zones is at 1,7 MPC – Pb, 4,2 MPC – Cu (Balashov) and 2,8 MPC – Pb, 5,8 MPC – Cu (Kamyshin) respectively. In general, during the monitoring period there has been an upward tendency of weighted average of heavy metal concentrations in the leaves of woody plants. Objectively it is necessary to make arrangements to significantly improve the ecological state of tree plantations in considered urban areas, reasonable landscaping and measures for reconstruction and upgrading of plantations, especially the roadside plantings.

Keywords: woody plants, Saratov region, Volgograd region, urban landscapes, functional areas, elements of heavy metals, heavy metal accumulation.

В Нижнем Поволжье в городских условиях советского периода, помимо разнообразных форм ландшафтно-архитектурной застройки, уделялось также существенное внимание благоустройству разных микрорайонов и зеленому строительству, особенно вблизи различных госучреждений, около объектов техносферы и социальной сферы.

Зеленые насаждения, как автотрофный компонент антропогенно трансформированных экосистем, составляют фундамент «экологического каркаса» населенных территорий, что выражается в выполнении ими одной из основных экологических функций – поддержание экологического баланса между искусственными и антропогенными компонентами ландшафтов.

Наиболее сложными природно-техническими системами являются территории с высокой долей нарушенных и трансформированных ландшафтов, в пределах которых располагаются различные техногенные объекты. К таким территориям, безусловно, относятся городские поселения. История развития городов Саратовской и Волгоградской областей связана, прежде всего, со становлением разных отраслей индустрии, в том числе сельскохозяйственного и пищевого производства, энергетики, коммунального хозяйства, обслуживающей сферы (разнообразные ремонтные станции, транспортное сообщение, крупные и малые торговые точки, перерабатывающие предприятия) и других, т.е. города являлись, по сути, индустриальными и логистическими центрами. Вышеописанное на данный момент в полной мере соответствует, в первую очередь, областным центрам и крупным городам.

При этом так называемые малые города Саратовской и Волгоградской областей сохранили свою хозяйственно-экономическую значимость как центры транспортных путей, коммуникаций, места дислокации разных государственных и муниципальных организаций и учреждений (ЖКХ, социальные, образовательные, учреждения культуры и т.п.) и некоторых предприятий (торговые, по переработке сельскохозяйственной продукции, производству пищевых продуктов, отделочных и строительных материалов, автопредприятия, многочисленные объекты ремонта и сервиса и некоторые другие). Важно отметить, что это в основном небольшие по масштабам производства.

Таким образом, стационарные наземные источники не играют первостепенной роли в суммарном техногенно-химическом загрязнении окружающей среды в малых городах и образуемых ими муниципальных районах данных субъектов. В частности, на территории Балашова (численность населения – 78,2 тыс. жителей), четвертого в Саратовской области по экономическому значению города, и города Камышина (население – 112,5 тыс. человек), третьего в Волгоградской области по производственно-экономическому потенциалу, доля передвижных источников в аэрогенном загрязнении окружающей среды суммарно составляет более 50%. Но надо учитывать, что в последние годы параллельно с увеличением объемов производства в свою очередь повышается значимость стационарных источников в загрязнении воздушного бассейна. Этот рост зафиксирован в пределах нескольких процентов. Выбросы автотранспорта содержат более двухсот наименований вредных веществ, в том числе содержащих элементы группы тяжелых металлов. Последние входят в

группу приоритетных загрязнителей окружающей среды населенных мест во многих регионах европейской части России и в Саратовской и Волгоградской областях в том числе [1-3].

Указанные города располагаются в одной природной зоне и довольно близки в природно-климатическом и экологическом отношении [2; 3], что дает возможность изучать экологические параметры состояния окружающей среды и биотических компонентов экологических каркасов этих районов в сравнении.

В них фонд зеленых насаждений представлен посадками общего пользования, внутриквартального озеленения, специального и ограниченного пользования и защитного назначения. Доминируют насаждения общего пользования, которые располагаются во всех городских функциональных зонах (производственной, селитебной, рекреационной), а также на окраинах.

Большое значение с точки зрения анализа экологического состояния и особенностей онтогенеза древесных растений на конкретных территориях представляет изучение их биохимических показателей. Среди биохимических показателей особое внимание необходимо уделять содержанию тяжелых металлов в ассимилирующих органах растений.

Ввиду того что насаждения на многих урболандшафтах Саратовской и Волгоградской областей являются ослабленными, что подтверждают собственные данные многолетних наблюдений и исследований [7; 8], а также опубликованные сведения в периодических источниках эколого-статистической информации [2; 3], необходимо иметь четкое представление о возможностях древесных растений в аккумуляции тяжелых металлов, чтобы правильно оценивать экологическую (барьерную, защитную) роль этих организмов на пути эмиссии и распространения указанных ксенобиотиков.

**Целью работы** являлось изучение способностей древесных растений из состава насаждений городов Балашова (Саратовская область) и Камышина (Волгоградская область) аккумулировать элементы группы тяжелых металлов, сравнение данных особенностей в территориальном и временном (среднегодовой динамике) аспектах.

**Материалы и методы исследований.** Многолетним исследованиям (2006-2016 гг.) подвергались древесные растения из состава насаждений, произрастающие вдоль улиц и автомобильных дорог. Объектами исследований являлись листья древесных растений – *Ulmus laevis* Pall., *U. pumila* L., *Betula pendula* Roth., *Acer platanoides* L., *A. negundo* L., *Fraxinus pennsylvanica* Marsh., *Padus avium* Mill., *Tilia cordata* Mill., *T. platyphyllos* Scop., *P. spinosa* L., *Robinia pseudoacacia* L., *Sorbus aucuparia* L., *Aesculus hippocastanum* L. и *Cerasus vulgaris* Mill., – которые адаптированы к природно-климатическим и ландшафтно-экологическим особенностям исследуемых местностей и распространены по территориям городов и поселков этих регионов.



Рис. 1. Среднегодовая динамика средневзвешенных показателей концентраций тяжелых металлов в объектах исследований (контрольные данные)

Данный рисунок отражает следующие особенности. Среднестатистические показатели концентраций тяжелых металлов (мг/кг сухого вещества) в начале исследований (2006 г.) и в настоящий период (2016 г.) демонстрируют довольно схожую динамику (в скобках указан процентный рост / снижение содержания элементов): по Pb – соответственно  $0,37 \pm 0,012$  и  $0,40 \pm 0,014$  (возрастает на 7,5%), по Zn  $38,0 \pm 1,5$  и  $39,1 \pm 1,4$  (возрастает на 2,8%), по Mn –  $81,3 \pm 2,8$  и  $84,1 \pm 3,3$  (возрастает на 3,3%), по Cu –  $10,3 \pm 0,36$  и  $12,4 \pm 0,51$  мг/кг (увеличивается на 16,9%). Несмотря на то что эти (контрольные) данные характерны для экологически благополучных районов (представляют относительно сохранившиеся участки экосистем), и при этом удаленных от города и испытывающих минимальный антропогенный прессинг, все же наблюдается постепенное увеличение суммарного содержания катионов тяжелых металлов в листьях – важнейших ассимиляционных органах древесных растений, аккумулирующих металлы и другие загрязнители из воздуха и почв (посредством проводящих систем надземных органов). Наибольший рост здесь демонстрируют ионы свинца и особенно меди. Все выявленные средневзвешенные показатели содержания тяжелых металлов в листьях изучаемых видов древесных растений оставались на уровне, не выходящем за рамки значений ПДК, предложенных авторитетными авторами [4; 11; 15].

На рисунке 2 показан разброс значений концентраций анализируемых загрязнителей в листьях древесных растений в г. Балашове. Наибольшее загрязняющее влияние оказывают элементы, аналогичные их перечню в контроле. В этом городе главными техногенными источниками эмиссии тяжелых металлов являются выбросы и отходы от автомобильного и железнодорожного транспорта, пыль, а также деятельность предприятий, их обслуживающих, объектов теплоэнергетики и коммунального хозяйства, ремонтно-строительные работы на дорогах и коммуникациях.

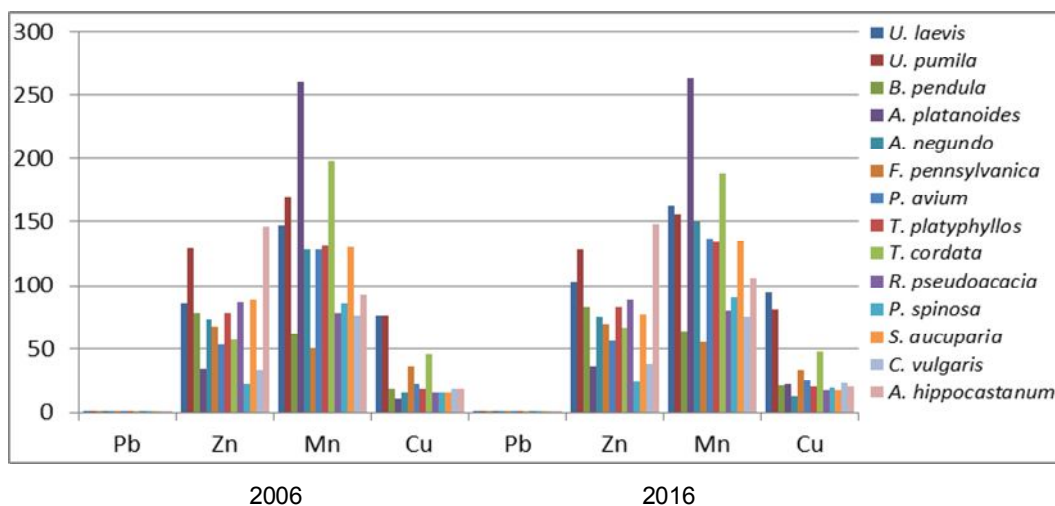


Рис. 2. Среднегодовая динамика средневзвешенных показателей концентраций тяжелых металлов в объектах исследований в г. Балашове

Рисунок 2 демонстрирует, что средневзвешенные значения содержания тяжелых металлов за период мониторинга незначительно повышаются. Анализируемые показатели в начале мониторинга и в настоящее время: по Pb –  $0,59 \pm 0,017$  и  $0,66 \pm 0,021$  (устойчивый рост содержания на 10,6%), по Zn –  $73,9 \pm 2,5$  и  $76,9 \pm 3,2$  (рост содержания на 3,9%), по Mn –  $124,0 \pm 4,7$  и  $128,1 \pm 3,9$  (концентрация возрастает на 3,2%), по Cu –  $28,8 \pm 0,36$  и  $32,5 \pm 0,51$  мг/кг сухого вещества (рост содержания на 11,4%). Наибольший рост концентраций установлен для свинца и меди, оказывающих токсическое действие на ткани листьев древесных растений.

Детальный анализ результатов показывает уровни аккумуляции тяжелых металлов в листьях: на рекреационных территориях для Pb – 0,78 ПДК, для Zn – 0,31 ПДК, для Mn – 0,19 единицы критической концентрации (ПДК не выявлено; к примеру, А. Кабата-Пендиас и Х. Пендиас рекомендуют уровень критической концентрации 334,0 мг/кг сухого вещества [4]), для Cu – 0,95 ПДК; в селитебных районах для Pb – 1,4 ПДК, для Zn – 0,52 ПДК, для Mn – 0,26 единицы критической концентрации, для Cu – 1,4 ПДК; в районах, примыкающих к промзонам, для Pb – 1,7 ПДК, для Zn – 0,75 ПДК, для Mn – 0,68 единицы критической концентрации, для Cu – 4,2 ПДК. Это средневзвешенные данные по пунктам мониторинга и исследованным листовым пробам за 2016 г.

Рисунок 3 содержит информацию о динамике накопления исследуемых загрязнителей в образцах листьев, отобранных на аналогичных территориях г. Камышина. Наибольшее загрязняющее влияние оказывают Pb, Zn, Cu и Cd. Их основными поставщиками являются объекты, аналогичные таковым в г. Балашове, а также работающие и вводимые в строй предприятия, преимущественно пищевой промышленности.

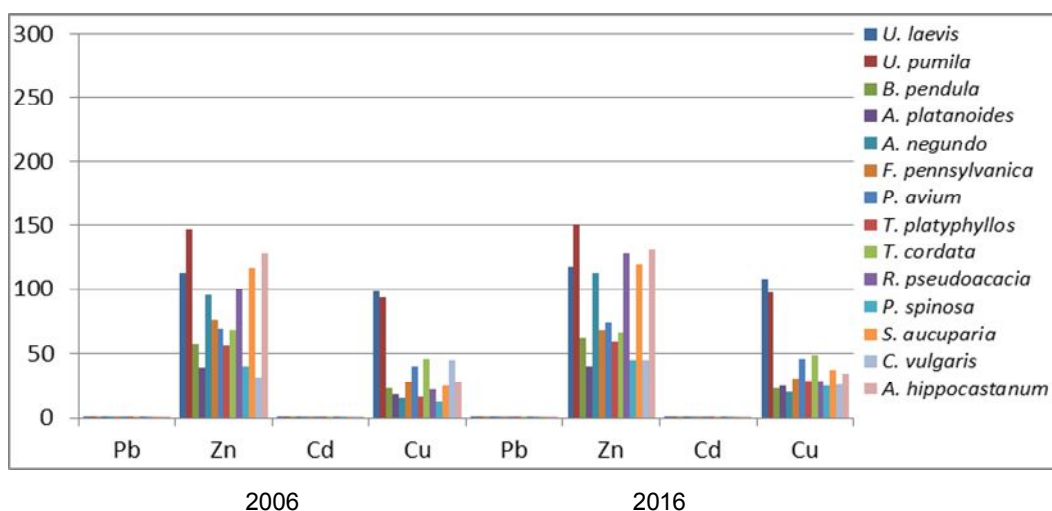


Рис. 3. Среднегодовая динамика средневзвешенных показателей концентраций тяжелых металлов в объектах исследований в г. Камышине

Из этой гистограммы следует, что за период экологического мониторинга концентрации тяжелых металлов демонстрируют незначительный рост. За данный период получены следующие средневзвешенные результаты: по Pb –  $0,4 \pm 0,019$  и  $0,45 \pm 0,022$  (устойчивый рост содержания на 11,1%), по Zn  $81,4 \pm 3,3$  и  $87,1 \pm 3,5$  (рост содержания на 6,5%), по Cd –  $0,009 \pm 0,0003$  и  $0,01 \pm 0,0004$  (концентрация возрастает на 10%), по Cu –  $36,5 \pm 1,6$  и  $41,8 \pm 1,9$  мг/кг сухого вещества (рост содержания на 12,7%). Максимальные темпы роста концентраций выявлены для таких металлов, как кадмий и медь. Причем рост более чем на 6% по цинку также существенен.

Территориально показатели концентраций (в долях ПДК) распределились следующим образом: в рекреационных зонах для Pb – 0,2 ПДК, для Zn – 0,28 ПДК, для Cu – 1,1 ПДК; в селитебных зонах для Pb – 1,02 ПДК, для Zn – 0,76 ПДК, для Cu – 1,7 ПДК; в районах промзон для Pb – 1,8 ПДК, для Zn – 0,93 ПДК, для Cu – 5,8 ПДК.

**Заключение.** Представленные результаты получены на 95%-ном доверительном уровне ( $p < 0,05$ ) и при значениях критерия Стьюдента, превышающих табличные значения. Статистический и последующий графический анализ результатов экоаналитических исследований листьев древесных растений выявил, что уровни загрязнения обоих городов приблизительно сопоставимы. Наиболее интенсивные темпы роста свойственны свинцу и меди, которые вместе с цинком являются приоритетными загрязнителями городской среды, установленными предыдущими исследованиями [5; 6; 8; 9]. Следует добавить, что проблема свинцового загрязнения окружающей среды весьма актуальна и характерна для многих городов и регионов России [1]. Установлено, что наиболее активными концентраторами тяжелых металлов являются *U. laevis* Pall, *U. pumila* L., *P. avium* Mill., *S. aucuparia* L., *R. pseudoacacia* L.

Выполненный мониторинг, и в частности экоаналитические исследования, показали, что элементы группы тяжелых металлов, хоть и являются природными компонентами клеток растений, в высоких концентрациях токсичны для них. По сути, выполнена биохимическая индикация экологической обстановки в пунктах мониторинга (на пробных площадях). Ионы тяжелых металлов воздействуют на ткани древесных растений в комплексе с другими загрязнителями, вызывая их угнетение. При этом визуально просматриваются некротические пятна у листьев, особенно находящихся со стороны автомобильных дорог и перекрестков. Поэтому загрязнение автотранспортных зон влияет на аккумуляцию поллютантов в тканях листьев древесных растений из состава уличных насаждений.

За период исследований установлено общее ухудшение экологической обстановки в рассмотренных районах, проявляющееся в загрязнении таких наиболее функциональных биотических компонентов городских экокаркасов, как древесные насаждения. Наибольшую

экологическую опасность представляют высокие темпы повышения концентраций техногенных тяжелых металлов в селитебных зонах и в районах, находящихся под влиянием промзон, причем не только занятых действующими объектами, но и на заброшенных участках. Кризисные экологические ситуации в обоих городах наблюдаются в некоторых районах селитебных зон, насыщенных автодорогами, разнообразными торговыми пунктами, АЗС и транспортными средствами, в пределах промзон, в том числе заброшенных (обычно эти бросовые участки находятся в запустении, разрухе и, как правило, в захламленном состоянии), вблизи от многочисленных ремонтных станций.

Отдельного внимания заслуживает проблема высокого уровня запыления городских улиц в том и другом городе, особенно в районах частного сектора и малоэтажной застройки, внутридворовых и примыкающих к ним участков, бросовых территорий. Зачастую (на многих улицах) зеленые, в том числе древесные, насаждения не справляются с функцией природного барьера и биофильтра на пути эмиссии и рассеивания техногенных загрязнителей, в числе которых и элементы группы тяжелых металлов.

Состояние самих древесных насаждений также вызывает тревогу. Они являются ослабленными, расстроеными. В свое время они создавались зачастую бессистемно и из имеющегося посадочного материала, без соблюдения методических руководств по озеленительной практике, часто без учета биоэкологических особенностей применяемых в озеленении растений. Озеленительные работы сейчас проводятся довольно слабо, в основном локально, зачастую на некоторых рекреационных территориях (парках, скверах).

В то же время можно констатировать, что в последние годы отмечается усиление работы городских организаций и служб по своевременной уборке мусора с придорожных территорий, на улицах, в жилых кварталах, в районе рекреационных объектов, что в определенной мере препятствует масштабной эмиссии поллютантов и существенному загрязнению обширных городских территорий, а также пригородных районов.

### **Список литературы**

1. О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2014 году : Государственный доклад. – М., 2015. – 473 с.
2. О состоянии и об охране окружающей среды Саратовской области в 2015 году : Доклад. – Саратов, 2016. – 247 с.
3. О состоянии окружающей среды Волгоградской области в 2015 году : Доклад. – Волгоград, 2016. – 300 с.
4. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. – М., 1989. – 439 с.



5. Ларионов М.В., Ларионов Н.В. Важнейшие экотоксиканты почв в условиях малого города // Формирование культуры безопасности жизнедеятельности у участников образовательного процесса. – Саратов, 2014. – С. 87-91.
6. Ларионов М.В., Ларионов Н.В. Некоторые результаты геохимического мониторинга почвенной среды природно-антропогенных систем Саратовской области // Экопрофилактика, оздоровительные и спортивно-тренировочные технологии. – Саратов, 2015. – С. 63-68.
7. Ларионов М.В., Любимов В.Б., Логачёва Е.А. и др. Влияние сернистого газа на декоративные кустарники (на примере урбанизированных территорий и сельской местности Балашовского муниципального района) // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 7-1. – С. 35-38.
8. Ларионов М.В. Оценка экологического состояния и устойчивости древесных насаждений урбанизированных территорий / Брянский гос. ун-т им. акад. И.Г. Петровского. – Брянск, 2012. – 182 с.
9. Ларионов М.В. Результаты мониторинга элементов группы тяжелых металлов в почвенной среде урболандшафтов Саратовской области // Проблемы и мониторинг природных экосистем. – Пенза, 2014. – С. 82-85.
10. Ларионов М.В. Состояние наземно-воздушной среды как показатель стабильности урбозкосистем // Формирование культуры безопасности жизнедеятельности у участников образовательного процесса. – Саратов, 2014. – С. 82-87.
11. Лукина Н.В., Никонов В.В. Поглощение аэротехногенных загрязнителей растениями сосняков на северо-западе Кольского полуострова // Лесоведение. – 1993. – № 6. – С. 34-41.
12. Любимов В.Б., Балина К.В. Математические методы и их практическое применение в экологических исследованиях. – Брянск, 2010. – 175 с.
13. Прохорова Н.В. и др. Аккумуляция тяжелых металлов дикорастущими и культурными растениями в лесостепном и степном Поволжье. – Самара, 1998. – 131 с.
14. Русин Г.Г. Физико-химические методы анализа в агрохимии. – М., 1990. – 303 с.
15. Тарабрин В.П. Физиология устойчивости древесных растений в условиях загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами // Микроэлементы в окружающей среде. – Киев, 1980. – С. 17-28.