

*Tretyakov Sergey Vasilevich* – Professor Department of Silviculture and Forest Management, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov», DSc in Agriculture, Professor, Arkhangelsk, Russian Federation, e-mail: s.v.tretyakov@narfu.ru

*Nakvasina Elena Nikolaevna* – Professor Department of Silviculture and Forest Management, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov», DSc in Agriculture, Professor, Arkhangelsk, Russian Federation, e-mail: nakvasina@yandex.ru

*Amosova Irina Borisovna* – Associate Professor Department of Biology, Ecology and Biotechnology, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Northern (Arctic) Federal University named after M.V Lomonosov», PhD in Agriculture, Associate Professor, Arkhangelsk, Russian Federation, e-mail: i.b.amosova@yandex.ru

*Aleynikov Aleksey Aleksandrovich* – Senior researcher Laboratory of Structural and Functional Organisation of Forest Ecosystems, Federal State Budget Scientific Institution Center for Problems of Ecology and Productivity of Forests, Russian Academy of Sciences, PhD in Biology, Moscow, Russian Federation, e-mail: aaacastor@gmail.com

*Bogdanov Aleksandr Petrovich* – Senior researcher Laboratory of Forest Management, Federal Budget Institution Northern Research Institute of Forestry; Associate Professor Department of Silviculture and Forest Management, Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Northern (Arctic) Federal University named after M. V. Lomonosov», PhD in Agriculture, Arkhangelsk, Russian Federation, e-mail: aleksandr\_bogd@mail.ru

DOI: 10.12737/article\_59c224593d4ce7.43510348

УДК 630\*416.1

### **БИОМОНИТОРИНГ ХИМИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОРОСЛЕВЫХ ДУБРАВ ЗЕЛЕННОЙ ЗОНЫ Г. ВОРОНЕЖА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДУБОВЫХ ОРЕХОТВОРОК**

кандидат биологических наук, доцент **Казбанова И.М.**<sup>1</sup>

1 – ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова»  
г. Воронеж, Российская Федерация

Статья посвящена вопросам проведения мониторинга химического загрязнения порослевых дубрав зеленой зоны г. Воронежа на основе использования в качестве биомониторов дубовых орехотворок. Объект исследований – порослевые дубравы зеленой зоны, расположенные вдоль крупных автомагистралей, именно поэтому они постоянно подвергаются воздействию всего комплекса загрязняющих химических веществ, находящихся в окружающей среде – в воздухе и почве, в атмосферных осадках. Для сохранения и развития, а также нормального функционирования и менеджмента лесных экосистем крайне важно постоянно знать текущее состояние природных объектов и значение параметров загрязняющих факторов. В статье исследуется химическое загрязнение порослевых дубрав в зелёной зоне г. Воронежа с позиций оптимизированного мониторинга. Ранее было установлено, что самый мощный источник химического загрязнения порослевых дубрав – это автотранспорт, который загрязняет окружающую среду продуктами сгорания углерода, но наибольшее значение имеют тяжелые металлы, поскольку высшие растения являются признанными коллекторами содержащихся в воздухе и почве тяжелых металлов. Биомониторинг химического загрязнения насаждений вдоль дорог может быть эффективным с помощью высших растений. Нами исследовалась возможность и целесообразность проведения биомониторинга химического загрязнения в порослевых дубравах с помощью орехотворок, обитающих на дубе. Считаем, что дубовые орехотворки как биомониторы перспективны, так как они имеют ряд преимуществ: многие виды орехотворок очень чувствительны к химическому загрязнению воздушной среды и растений-хозяев, являются чутким индикатором изменений условий среды, что проявляется прежде всего в интенсивности и характере галлообразовательных процессов. Галлы орехотворок доступны для наблюдения, сравнительно

легко диагностируются в отношении видовой принадлежности; ориентируясь на них, легче заметить изменения в состоянии окружающей среды, чем проследить эти изменения непосредственно на растительном покрове или в геофизических средах.

**Ключевые слова:** орехотворки, порослевые дубравы, зелёная зона, биомониторинг, химическое загрязнение, тяжелые металлы, биоиндикация.

### BIOMONITORING OF CHEMICAL POLLUTION OF COPPICE OAK FORESTS IN THE GREEN AREA OF VORONEZH USING OAK GALLFLIES

PhD (Biology) **Kazbanova I. M.**<sup>1</sup>

1 – FSBEI HE «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov»,  
Voronezh, Russian Federation

#### Abstract

The article is devoted to the monitoring of chemical pollution of coppice oak forests in the green area of Voronezh on the basis of use of oak gallflies as biomonitors. Object of research – the coppice oak forests of green zones along the major highways that are why they are continuously exposed to the entire complex of polluting chemicals in the environment – air and soil, atmospheric precipitation. For conservation and development, as well as the normal functioning and management of forest ecosystems it is extremely important to constantly know the current status of natural objects and parameters, polluting factors. The article investigates chemical pollution of coppice oak forests in the green area of the city of Voronezh from positions of optimized monitoring. Previously, it was found that the most potent source of chemical pollution of coppice oak forests is vehicles, which pollute the environment with combustion products of carbon, but the most important are heavy metals, since the higher plants are recognized as reservoirs for heavy metals contained in the air and soil. Biomonitoring of chemical contamination of vegetation along roads can be effective with higher plants. We investigated the possibility and feasibility of biomonitoring of chemical contamination in coppice oak forests with the help of gallflies, living on oak. We suppose that oak gallflies are promising biomonitor because they have several advantages: a lot of gallflies very sensitive to chemical air pollution and plant hosts, they are sensitive indicator of changes in environmental conditions, which is primarily manifested in the intensity and nature of galeopsifolia processes. Cecidia of gallflies are accessible to observation, they are relatively easily diagnosed in relation to the species; focusing on them, and it is easier to replace changes in the environment than to track those changes directly on the vegetation cover or in geophysical environments.

**Keywords:** gallflies, coppice oak forests, green zone, biomonitoring, chemical pollution, heavy metals, bio-indication.

Современные леса в черте города отличаются друг от друга по степени сохранности. Наибольшей рекреационной нагрузке подвергаются порослевые дубравы зеленой зоны г. Воронежа. По нашему мнению, рассмотрение проблемы следует начать с определения биологической сущности загрязнения, тем более что последнее рассматривается как особая и важная биологическая проблема [4, 5].

Физиологические последствия загрязнения среды почти не изучены, и лишь отдельные фрагменты проблемы могут считаться относительно разработанными. Результаты этих исследований дают возможность выявить многие стороны влия-

ния факторов загрязнения в природных условиях. Однако в полной мере роль загрязнения в жизнедеятельности насекомых-фитофагов как элементов экосистемы не изучена. Имеются данные, что в загазованных и твердых поступлениях вредных выбросов численность листогрызущих может как убывать, так и нарастать [8]. Их кажущаяся безвредность основана на быстропроходящих отдельных функциональных нарушениях протоплазмы, которые внешне незаметны и в результате регенерации в скором времени восстанавливаются вновь [4, 5]. Установлено, что длительное воздействие концентрации тяжелых металлов является причи-

ной «хронических повреждений» насаждений, которые являются следствием отрицательных процессов обмена веществ и медленного скопления ядов в порослевых дубравах зеленой зоны. Известно, что биота является первым звеном в цепи поглощения токсикантов в условиях зеленой зоны, прилегающей к автомагистралям.

Поэтому именно тесная связь, существующая между дубовыми орехотворками и окружающими их условиями среды, делает возможным использование их в качестве показателей этих условий [8, 9]. Эта связь – одно из проявлений всеобщей связи процессов и явлений.

Установлено, что биологически дубовые орехотворки обладают всеми основными атрибутами, необходимыми для биоиндикации: широкой распространенностью, постоянной встречаемостью, лёгкой обнаруживаемостью в насаждениях, сравнительно лёгкой видовой диагностируемостью и высокой чувствительностью к загрязнению среды. Проведенные нами исследования позволяют использовать их и в качестве биомониторов [10, 11, 12].

В наших сборах в зеленой зоне г. Воронежа было выявлено 12 видов. В фауне орехотворок, паразитирующих на дубе черешчатом, в основном преобладают виды рода *Andricus* (50 %). Среди них

*Diplolepis guescus folii* принадлежит к группе наиболее многочисленных видов, является эврибионтом и стабильно сохраняет высокий уровень численности даже при достаточно высоких уровнях загрязнения. В условиях низкого (фонового) загрязнения насаждений встречается наибольшее число (10) видов орехотворок. Наибольший средний балл обилия (2,8) отмечен для яблоковидной (*Diplolepis quercus folii*) и нумизматической (*Neuroterus numismales*) орехотворок, минимальный (0,8) для *Andricus foecundatrix*. Другие виды занимают промежуточное положение.

В условиях среднего уровня химического загрязнения также присутствуют все исследуемые виды орехотворок, но минимальный средний балл обилия уже снижается до 0,3 (в отношении *Andricus callidoma* и *Frigonapsis megaptera*).

В условиях высокого уровня химического загрязнения некоторые виды орехотворок (*Neuroterus quercus-baccarum*, *Frigonapsis megaptera*, *Andricus testaceipis*, *Andricus callidoma*, *Andricus curvator*) уже перестают встречаться. В то же время средний показатель обилия трёх видов (*Neuroterus numismales*, *Diplolepis quercus folii*, *Andricus ostreus*) достигают своих максимальных значений.

Наглядно итоговые данные табл. 1 представлены диаграммой (рис. 1).

Таблица 1

Зависимость видового состава и среднего уровня обилия дубовых орехотворок (в баллах) от уровня загрязнения дубовых насаждений тяжёлыми металлами

Виды орехотворок	Уровни загрязнения		
	Низкий	Средний	Высокий
<i>Andricus curvator</i>	0,9	0,4	0
<i>Andricus callidoma</i>	1,4	0,3	0
<i>Andricus foecundatrix</i>	0,8	1,2	1,3
<i>Andricus ostreus</i>	1,0	2,4	2,5
<i>Andricus testaceipis</i>	2,0	0,4	0
<i>Diplolepis quercus folii</i>	2,8	3,3	3,8
<i>Frigonapsis megaptera</i>	0,9	0,3	0
<i>Neuroterus albipes</i>	1,3	1,4	1,5
<i>Neuroterus numismales</i>	2,8	3,6	3,9
<i>Neuroterus quercus-baccarum</i>	1,1	0,7	0
$\Sigma$ число видов / обилие	10/15	8/14	5/13,0
$\div$ обилие / число видов (средний уровень обилия)	1,5	1,8	2,6
Примечания: 1) 0 – вид отсутствует, 1 – единичен, 2 – редок, 3 – обычен, 4 – многочислен 2) Уровень значимости определений обилия орехотворок 5 % -й			

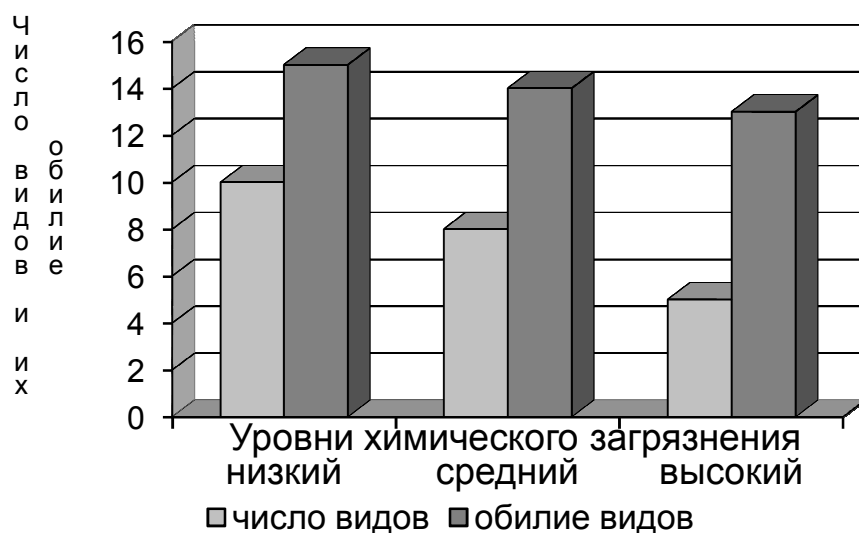
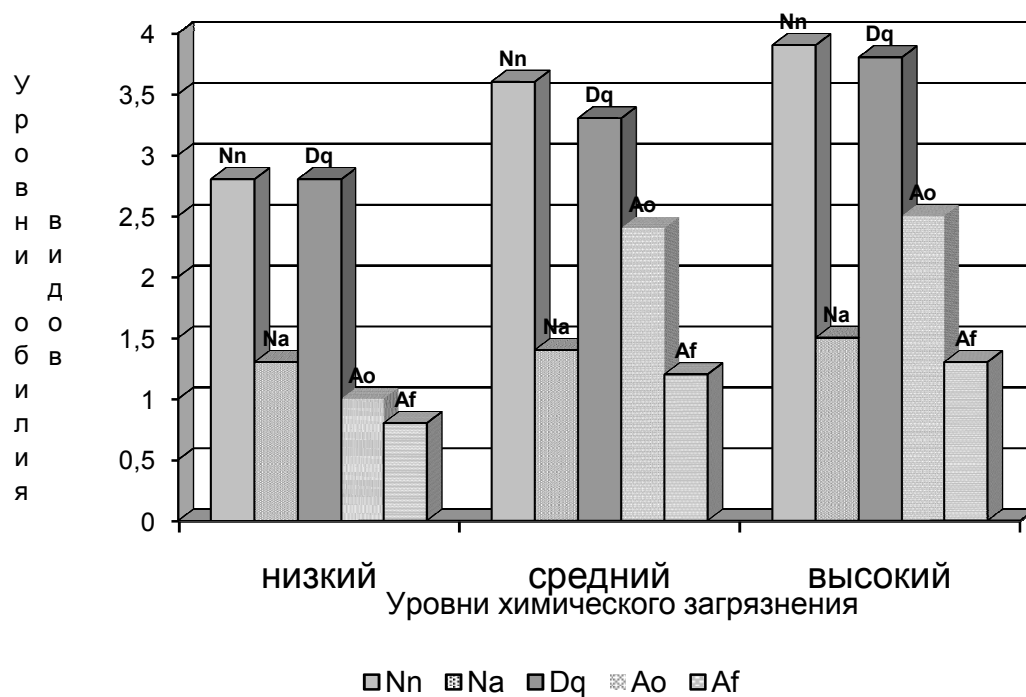


Рис. 1. Зависимость общего числа видов и среднего уровня обилия дубовых орехотворок от уровня загрязнения дубовых насаждений тяжёлыми металлами



Nn - *Neuroterus numismales*, Na - *Neuroterus albipes*,  
 Dq - *Diplolepis quercus folii*, Ao - *Andricus ostreus*,  
 Af - *Andricus foecundatrix*

Рис. 2. Зависимость уровня обилия постоянно встречающихся дубовых орехотворок от уровня химического загрязнения насаждений

Как следует из табл. 1 и диаграммы (рис. 1), общее число видов дубовых орехотворок и уровень их среднего обилия зависят от уровня химического загрязнения дубрав: с усилением загрязнения число видов и их обилие снижается. В то же время средний уровень обилия одного встречающегося вида заметно повышается за счёт исчезновения некоторых видов в условиях высокого уровня химического загрязнения. Поэтому в целях мониторинга химического загрязнения целесообразно использовать не все встречающиеся в исследуемом регионе виды дубовых орехотворок, а лишь встречающиеся при всех уровнях загрязнения. К таким относятся следующие пять видов: *Andricus foecundatrix*, *Andricus ostreus*, *Diplolepis quercus folii*, *Neuroterus albipes*, *Neuroterus numismales*. Уровень их обилия в зависимости от уровня химического загрязнения характеризуется следующей диаграммой (рис. 2). Наиболее целесообразно использовать в качестве биомониторов загрязнения дубрав тяжёлыми металлами яблоковидную и нумизматическую орехотворки.

Представляет интерес механизм воздействия химических загрязнителей на дендрофильных Сунпиде. В принципе он является сложным, обусловленным влиянием как прямых, так и косвенных воздействий – через хозяйинную древесную породу. Некоторые суждения по этому поводу можно сделать на основе табл. 2.

Естественно, чрезмерное присутствие тяжёлых металлов в листьях хозяйинного растения не может не влиять на заселяемость их орехотворками. В то же время, как следует из табл. 2, поражённые нумизматической орехотворкой листья дуба черешчатого в значительно большей степени аккумулировали тяжёлые металлы. Поскольку к моменту выбора имаго орехотворки листьев дуба (весной) процесс накопления тяжёлых металлов был лишь в начальной стадии, следует заключить, что поселение орехотворок способствовало накоплению тяжёлых металлов в листьях дуба. Исходя из результатов проведенных нами исследований, предлагается следующий порядок проведения мониторинга химического загрязнения порослевых дубрав зелёной зоны г. Воронежа на основе использования в качестве биомониторов дубовых орехотворок:

– определить сеть маршрутов учёта дубовых орехотворок по галлам (сеть маршрутов может совпадать с маршрутом плановых рекогносцировочных лесопатологических обследований, чтобы не вызывать дополнительных затрат на проведение специального мониторинга). Маршруты должны проходить вдоль основных источников химического загрязнения (автотрасс, интенсивно используемых автодорог), на расстоянии 20-30 м от них;

– учёт на маршрутах рекомендуется проводить один раз в год – во второй половине лета (учёт по галлам на деревьях) или осенью или весной после стаяния снега (учёт по галлам опавших листьев в лесной подстилке в пересчёте на 1 м<sup>2</sup>).

По приведенной ниже шкале оценивать уровень загрязнённости дубрав тяжёлыми металлами (табл. 3).

Как следует из приведенной таблицы, оценку уровня загрязнения тяжёлыми металлами насаждений можно делать как на основе суммарного содержания элементов, так и на основе отдельных элементов. В нашей работе оценка делалась всегда по сумме комплекса элементов, поскольку структура комплекса в качественном отношении не изменилась, а в количественном – изменялась несущественно.

Выбранные маршруты для проведения биомониторинга обычно пересекают участки насаждений с различными характеристиками: разными типами почв и рН, с разным рельефом, с неодинаковым составом насаждений и другими характеристиками. Следует иметь в виду, что эти параметры могут несколько модифицировать результаты наблюдений. Одновременно с регистрацией качественных и количественных характеристик присутствия орехотворок следует учитывать и патологическое состояние насаждений. Эта рекомендация высказывалась и ранее [13]. Для более широких выводов желательнее учитывать также урожай желудей (Houston, 1974; Houston, Stairs, 1973). Эти параметры приобретают особенно большое значение, если проводятся долгосрочные наблюдения, позволяющие выяснить между результатами наблюдений корреляционные отношения [8, 9, 10].

Таблица 2

Сравнительное содержание тяжёлых металлов (мг/кг) в листьях ранораспускающегося дуба черешчатого, поражённых и не поражённых нумизматической орехотворкой

Варианты образцов	Содержание тяжёлых металлов, мг/кг					
	Zn	Pb	Cd	Cu	Ni	Σ
Непоражённые	27,1	2,1	0,48	6,05	3,74	39,47
Поражённые	39,2	5,26	0,95	8,68	3,63	57,72
Условный фон	26,4	3,1	0,18	6,0	1,5	37,18
α по вариантам	**	***	**	*	n.s.	***

Примечание. Достоверность различий при уровне значимости α: \*\*\* = 0,1 %; \*\* = 1 %; \* = 5 %; n.s. – нет существенных различий.

Таблица 3

Условные уровни загрязнения порослевых дубрав тяжёлыми металлами

Уровни загрязнения	Содержание тяжёлых металлов, мг/кг					
	Zn	Pb	Cd	Cu	Ni	
1. Низкий	<27,0	<2,0	<0,20	<6,0	<2,0	<37,20
2. Средний	27,1 – 29,0	2,1 – 3,0	0,21 – 0,30	6,1 – 7,0	2,1 – 3,0	37,61 – 42,3
3. Высокий	>29,0	>3,0	>0,30	>7,0	>3,0	>42,30

Ранее было установлено, что биологический мониторинг, наряду с известными недостатками, имеет ряд преимуществ по сравнению с другими видами мониторинга, основанными на приборных измерениях. При правильном выборе биомониторов биологическая индикация химического загрязнения лесных экосистем позволяет получить быстро и без специальных затрат объективные и достаточно точные сведения о состоянии окружающей среды [1, 2, 4].

Исходя из результатов проведенных обследований, следует заключить, что к основным видам орехотворок, рекомендуемым в качестве биомониторов в порослевых дубравах зелёных зон, следует отнести следующие виды.

Яблоковидная орехотворка – наиболее обычна в исследуемых насаждениях, характеризуется хорошо выраженной сменой жизненных форм в онтогенезе.

Нумизматическая орехотворка – также постоянно присутствует в порослевых дубравах, чутко реагирует на химическое загрязнение, наиболее лабильна в отношении плотности популяции.

Шишковидная орехотворка – характеризуется постоянно повышенной встречаемостью в зонах загрязнения порослевых дубрав.

Другие виды орехотворок (полосатая, корневая, конусовидная, почковая) могут дать дополнительную информацию о динамике загрязнения наблюдаемого объекта: их появление в насаждениях в непосредственной близости от источника загрязнения может свидетельствовать об улучшении экологической ситуации; в то же время их исчезновение в более удалённых от источника загрязнения насаждениях свидетельствует об ухудшении экологической ситуации даже в глубине лесного массива.

Установлено, что поскольку все загрязнения воздействуют на насекомых как прямо, вызывая непосредственные изменения фенотипа и генотипа, так и опосредовано – через изменение среды обитания экологических ниш, в рекомендуемой системе мониторинга учитывается тот факт, что для каждого загрязняющего агента по отношению к любому виду насекомых существуют определённые пороговые значения [1, 2, 4, 13]. Если на допороговом уровне наблюдаются преимущественно обратимые или, по крайней мере, допускающие адаптацию изменения в фенотипе с последующим отражением в генотипе, то выше порога имеет место прямое уничтожение насекомых в течение одного или нескольких поколений и – как крайняя мера – их массовая гибель вплоть до геноцида [3, 11].

Вполне понятно, что при допороговых уровнях загрязнения определение последствий сравнительно затруднено, особенно, например, при изменении фона химического загрязнения [5, 13].

Доказано, что орехотворки чувствительно реагируют даже на относительно низкие концентрации загрязняющих атмосферу и почву химических веществ и в этом отношении более информативны, чем растения, животные или человек [1, 12]. В то же время стандарты качества воздуха разрабатываются, как правило, в отношении человека. Считаем, что предлагаемый нами мониторинг позволит прогнозировать развитие экологической ситуации на уровне более чувствительных к химическому загрязнению организмов и способствовать сохранению биоразнообразия в лесных экосистемах.

К числу важных преимуществ биомониторинга с помощью орехотворок следует отнести и тот факт, что его легко осуществить и он несравненно дешевле, чем использование дорогостоящих технических устройств и приборов. В то же время в качестве периодического контроля необходима и инструментальная проверка результатов мониторинга, основанного на поведении биологических объектов [4, 11, 13].

Следует заключить, что биомониторинг химического загрязнения порослевых дубрав зелёной зоны, основанный на эколого-фаунистических комплексах дубовых орехотворок, на ответных реакциях орехотворок на концентрации загрязняющих веществ, предпочтителен, поскольку эффективен как с биологических, так и экономических позиций [8, 9].

### Библиографический список

1. Арефьев, Ю. Ф. Мониторинг биоразнообразия в порослевых дубравах южной местности Центрального Черноземья [Текст] / Ю. Ф. Арефьев, А. В. Дроздова // Вопросы региональной экологии – Тамбов, Изд-во ТГУ им. Г.Р. Державина, 1998, - С. 25-26;
2. Goodman, G.T. and T.M. Roberts Plants and soils as indicators of metals in the air. *Nature*, London. 231, 1971. – pp. 287-292.
3. Hawksworth, D. L. and F. Rose Lichens as Pollution Monitors. Edward Arnold Publishers, London, 1976. – 59 p.
4. Heggestad H. E., Menser H. A. Leaf spot-sensitive tobacco strain Bel –W 3, a biological indicator of the air pollutant ozone // *Phytopathology*, 52, 1962. – P. 735.
5. Heggestad H. E. and Darley E. F. Plants as indicators of the air pollutants ozone and PAN // *Proc. First European Congr., Influence Air pollution, Plants and Animals*, Wageningen, Netherlands, 1968. – 329 p.
6. Manning W. J., Feder W. A. *Biomonitoring Air Pollutants with Plants*. London: Applied science publishers LTD. – 140 p.
7. Roberts B. R. The response of field – grown white pine seedlings to different sulphur dioxide environments // *Environ. Pollut.* 11, 1976. - pp. 175-180.
8. Ruhling A. and G. Tyler An ecological approach to the lead problem // *Bot. Notiser.*, 121, 1968. – pp. 321-342.
9. Ruhling, A. and G. Tyler Sorption and retention of heavy metals in the woodland moss *Hylocomium splendens*. (Hedw.) // *Br. Et. Sch., Oikos.*, 21, 1970. – pp. 445-445.
10. Ruhling, A. and G. Tyler Ecology of heavy metals. A regional and historical study // *Bot. Notiser.* 122, 1969. – P. 248 – 259.
11. Wallin, T. Deposition of airborne mercury from six Swedish chloral kali plants surveyed by moss analysis // *Environ. Pollut.* 10, 1976. – pp. 101-114
12. Zimdahl R. L. Entry and movement in vegetation of lead derived from air and soil sources // *J. Air Poll. Control Assoc.*, 26, 1976. – pp. 655-660.
13. Feder W. A. and W. J. Manning Living plants as indicators and monitors // *In Handbook of Methodology for the Assessment of Air Pollution Effects on Vegetation / Air Pollution Association*, Pittsburgh, PA, 1979. – P. 9-14.

### References

1. Arefyev, Y.F. *Monitoring bioraznoobrazia v poroslevyh dubravah ujnoy mestnosti Centralnogo Chernozemya* [Monitoring of biodiversity in coppice oak forests in the southern area of the Central Black Soil Region] Y.F. Arefyev, A.V. Drozdova // *Voprosy regionalnoy ekonomiki* [Problems of regional ecology]. - Tambov, Publishing House of the TSU named after GR Derzhavin, 1998, - pp. 25-26. (In Russian).
2. Goodman, G. T. and T. M. Roberts Plants and soils as indicators of metals in the air. *Nature*, London. 231, 1971. – pp.287-292.
3. Hawksworth D. L. and F. Rose Lichens as Pollution Monitors. Edward Arnold Publishers, London, 1976. – 59p.
4. Heggstad H. E., Menser H. A. Leaf spot-sensitive tobacco strain Bel –W 3, a biological indicator of the air pollutant ozone // *Phytopathology*, 52, 1962. – 735 p.
5. Heggstad H. E. and Darley E. F. Plants as indicators of the air pollutants ozone and PAN. Proc. First European Congr., Influence Air pollution, Plants and Animals, Wageningen, Netherlands, 1968. – 329 p.
6. Manning W. J., Feder W. A. *Biomonitoring Air Pollutants with Plants*. London: Applied science publishers LTD. – 140 p.
7. Roberts B. R. The response of field – grown white pine seedlings to different sulphur dioxide environments // *Environ. Pollut.* 11, 1976. - . pp. 175-180.
8. Ruhling A. and G. Tyler An ecological approach to the lead problem // *Bot. Notiser.*, 121, 1968. – pp. 321-342.
9. Ruhling A. and G. Tyler Sorption and retention of heavy metals in the woodland moss *Hylocomium splendens*. (Hedw.) // *Br. Et. Sch., Oikos.*, 21, 1970. – pp. 445-445.
10. Ruhling A. and G. Tyler Ecology of heavy metals. A regional and historical study // *Bot. Notiser.* 122, 1969. – pp. 248-259.
11. Wallin T. Deposition of airborne mercury from six Swedish chloral kali plants surveyed by moss analysis // *Environ. Pollut.* 10, 1976. – pp. 101-114.
12. Zimdahl R. L. Entry and movement in vegetation of lead derived from air and soil sources. // *J. Air Poll. Control Assoc.*, 26, 1976. – pp. 655-660.
13. Feder W. A. and W. J. Manning Living plants as indicators and monitors // *In Handbook of Methology for the Assessment of Air Pollution Effects on Vegetation / Air Pollution Assotiation*, Pittsburgh, PA, 1979. – pp. 9-14.

### Сведения об авторе

*Казбанова Ирина Михайловна* – доцент кафедры безопасности жизнедеятельности и правовых отношений ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», кандидат биологических наук, доцент, г. Воронеж, Российская Федерация, e-mail: Kazbanova.irina@yandex.ru.

### Information about the author

*Kazbanova Irina Mikhaylovna* – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor FSBEI HE «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Voronezh, Russian Federation, e-mail: Kazbanova.irina@yandex.ru.