

Представленный выше состав организационно-технических мероприятий уменьшит техногенную нагрузку на поверхностные водные объекты. Часть загрязненного поверхностного стока с поверхности водосбора будет фильтроваться через зону аэрации к грунтовым водам, создавая там зону загрязнения.

Необходимо отметить, что одна из экологических проблем территории исследований связана с последствиями осушительных мелиораций. Снижение уровня грунтовых вод, уничтожение естественной растительности, распашка торфяно-болотных почв, привели к развитию ветровой эрозии, быстрой сработке торфа и формированию предпосылок к дефициту воды в почвенном профиле в летний период. Осушенные болотные массивы превращены в пахотные и пахотно-культурно-сенокосные ландшафты, находятся в неустойчивом состоянии и несут на себе признаки деградации. Также было выявлено, что наиболее значимое воздействие приходится на подземные воды, поэтому необходимо обратить внимание на водоохранные мероприятия, в том числе, защитные сооружения. Таким образом, для защиты подземных вод от негативного влияния загрязнителей необходимо предусмотреть не только тщательное экранирование ложа солевала и поверхности промышленной площадки водонепроницаемыми покрытиями, но и создание системы локального мониторинга за состоянием подземных вод.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. ОНД 86 – Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. – Л. Гидрометеиздат, 1987 – 82 с.

2. Постановление Министерства Природных Ресурсов и Охраны Окружающей Среды Республики Беларусь от 30 марта 2015 года №13. Об установлении нормативов качества воды поверхностных водных объектов// Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://pravo.by/upload/docs/op/W21529808\\_1429909200.pdf](https://pravo.by/upload/docs/op/W21529808_1429909200.pdf). – Дата доступа: 18.03.2021.

## ИЗМЕНЧИВОСТЬ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ХВОИ *PINUS SYLVESTRIS* (L.) В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА МИНСКА VARIABILITY OF THE ELEMENTAL COMPOSITION OF NEEDLES *PINUS SYLVESTRIS* (L.) UNDER ANTHROPOGENIC LOAD IN THE TERRITORY OF MINSK

**А. Н. Хох<sup>1</sup>, В. Б. Звягинцев<sup>2</sup>**

**A. Khokh<sup>1</sup>, V. Zviagintsev<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Научно-практический центр Государственного комитета  
судебных экспертиз Республики Беларусь, г. Минск, Республика Беларусь  
[npc@sudexpertiza.by](mailto:npc@sudexpertiza.by)

<sup>2</sup>Белорусский государственный технологический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь

<sup>1</sup>Scientific and Practical Centre of The State Forensic Examination Committee of The Republic of Belarus,  
Minsk, Republic of Belarus

<sup>2</sup>Belarusian State Technological University,  
Minsk, Republic of Belarus

В городе Минска достаточно широко представлены насаждения сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), которая наряду с березой повислой (*Betula pendula* Roth.) относится к чутким индикаторам качества окружающей среды. Цель наших исследований заключалась в изучении изменений элементного состава хвои в условиях антропогенной нагрузки с различным по интенсивности автотранспортным и промышленным воздействием.

The woodlands of the Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) are quite widely represented in Minsk, which, along with European white birch (*Betula pendula* Roth.), belongs to sensitive indicators of the quality of the environment. The purpose of our research was to study changes in the elemental composition of needles under conditions of anthropogenic impact with different intensity of motor transport and industrial impact.

**Ключевые слова:** сосна обыкновенная, элементный состав, хвоя, атомно-эмиссионная спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой, антропогенные факторы.

**Keywords:** Scots Pine, element composition, needles, spectrometry with inductively coupled plasma, anthropogenic factors.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2021-2-368-371>

На сегодняшний день загрязнение атмосферного воздуха представляет собой мощный антропогенный фактор, который приводит к серьезным изменениям в функционировании фитоценозов городской среды.

Так, из-за токсических компонентов выбросов промышленных предприятий и автотранспорта возникают как деформации поверхности и внутриклеточной структуры ассимилирующих органов растений, так и нарушения формирования их элементного состава.

Объектами исследования были выбраны сосновые насаждения Первомайского (с удовлетворительной экологической ситуацией) и Партизанского (с преимущественно напряженной ситуацией, обусловленной негативными факторами – высоким уровнем загрязнения воздуха и почв, угнетением растительности [1, с. 28]) районов г. Минска.

В качестве контроля (условно чистая территория) были взяты деревья сосны, произрастающие на территории государственного природоохранного учреждения «Березинский биосферный заповедник» (таблица 1).

Таблица 1 – Места отбора образцов

№	Район, улица/лесничество	Средний возраст, лет	Высота, м	Диаметр, см
1	Первомайский, Всехсвятская	70	18	17,2
2	Первомайский, Вересковая	70	17,5	25,5
3	Партизанский, Герасименко	80	19	30,8
4	Партизанский, Ваупшасова	70	23	29,9
5	Партизанский, Долгобродская	75	21	27,4
6	Березинский биосферный заповедник, Домжеричское	80	24	33,1

Отбор хвои 2-го года жизни производился для каждой точки наблюдения с ветвей 1-го порядка в нижней части по всему диаметру кроны 15-ти деревьев в конце вегетационного сезона 2019 года (по 30 пар с каждого дерева).

Впоследствии хвоя, собранная с одного дерева, измельчалась до мелкодисперсного состояния с помощью агатовой ступки, после чего методом квартования отбиралась навеска массой 500 мг, которая помещалась в фарфоровый тигель и проводилось озоление путем прокаливания в муфельной печи при температуре 500°C в течение 4 часов.

Далее зола помещалась в цилиндр картриджа систем микроволнового разложения с уже внесенными туда 10 мл концентрированной азотной кислоты и 2 мл пероксида водорода. Микроволновое разложение проводилось в две последовательные стадии с разными условиями:

- 1) температура: 80 оС, ВЧ-мощность: 700 W, время: 12 мин;
- 2) температура: 150 оС, ВЧ-мощность: 700 W, время: 4 мин.

Затем полученный раствор остужался при комнатной температуре, разбавлялся деионизированной водой для снижения концентрации кислоты непрореагировавшей с пероксидом водорода, фильтровался через бумажные фильтры в колбы на 50 мл и анализировался на оптико-эмиссионном спектрометре с индуктивно-связанной Thermo Fisher iCAP 6300 DUO.

Для каждого образца проводилось три параллельных измерения. Характеристические спектральные линии 10-ти анализируемых элементов (Al, Pb, Cd, Cu, Zn, Mn, Ni, Co, Fe, Cr), а также условия проведения анализа были взяты из методики, изложенной в работе Ari Väisänen [2].

Пример выбора спектральных линий представлен на рисунке 1, на котором содержится информация (слева направо) о длине волны интересующего элемента в нанометрах, интенсивности, типе спектральной щели (slit) и взаимовлияниях других элементов с очень близкими по значению величинами спектральных линий, их типе спектральных щелей и интенсивности.

Линия	Инт	Тип ...	Влияния на Pb (220,353)	
220,353 {153}	120000	II	Pt 220,258	II 1364
216,999 {156}	90000	I	V 220,272	I 1000
261,418 {129}	70000	I	W 220,280	I 1000
182,205 {485}	50000	II	Co 220,296	II 5000
283,306 {119}	45000	I	Re 220,301	I 1500
280,199 {120}	35000	I	Nb 220,317	II 3000
168,215 {501}	20000	II	Bi 220,33	I 1000
			<b>Pb 220,353</b>	<b>II 120000</b>
			Nb 220,363	II 40000
			W 220,379	II 4000
			Os 220,391	I 1200
			W 220,402	II 1000
			Ta 220,410	II 2500
			W 220,448	II 120000

Выбрать Свинец

Рис. 1 – Таблица спектральных линий свинца

Статистическая обработка материалов исследования проводилась с использованием статистических пакетов Microsoft Excel v.10.0, SPSS v.20.0.

Полученные данные обрабатывались с помощью непараметрических методов (из-за малого объема выборок, характеризующихся разными законами распределения).

При сравнении содержания элементов (по отношению к контролю) использовался U-критерий Манна-Уитни.

В таблице 2 представлены усредненные данные о содержании элементов в хвое, рассчитанные с учетом количественных измерений элементного состава хвои у всех 15 деревьев на каждом из шести мест отбора.

Таблица 2 – Рассчитанные показатели изменчивости элементного состава хвои ( $M$  – среднее,  $\pm SD$  – стандартное отклонение)

Элемент, мг/кг	№1	№2	№3	№4	№5	№6
Al	99,3±13,4	110,4±15,9	130,7±17,4***	184,7±29,7***	201,3±29,1***	91,2±9,9
Pb	2,3±0,5	2,3±0,5	3,7±1,0***	3,6±0,9***	3,5±0,8**	2,2±0,7
Cd	0,2±0,05	0,2±0,05	0,4±0,04**	0,4±0,04**	0,4±0,04**	0,2±0,05
Cu	2,3±0,5	4,8±1,1***	6,4±1,7***	4,5±1,1***	8,1±1,2***	2,0±0,6
Zn	23,1±6,9	50±15,3***	53,7±11,2***	95±17,8***	55,7±15,9***	22,1±4,5
Mn	224±55,4	207,3±55,0	233,3±64,4	220,7±56,6	231,3±49,0	214±66,8
Ni	1,0±0,3	1,2±0,5	2,6±0,4***	3,7±0,9***	2,1±0,6***	1,0±0,3
Co	0,9±0,3	0,9±0,4	1,2±0,3*	1,5±0,2**	1,1±0,3	0,9±0,2
Fe	55,7±15,9**	58,1±14,2**	113,6±16,4***	130,7±17,1***	144,7±19,8***	31,9±7,6
Cr	0,4±0,1	0,4±0,1	0,5±0,2**	0,6±0,2**	0,7±0,1***	0,3±0,1

Примечание: \*  $p \leq 0,05$ , \*\*  $p \leq 0,01$ , \*\*\*  $p \leq 0,001$ , уровень значимости рассчитан по сравнению с контролем

Рассчитанные из данных в таблице 2 средние коэффициенты вариации исследуемых элементов показывают, что особенно велика индивидуальная изменчивость никеля (29,6%) и хрома (28%).

В наименьшей степени индивидуальная изменчивость выражена для алюминия – 13,5 % и кадмия – 17%.

В целом принято считать, что, если значение коэффициента вариации менее 33%, то совокупность данных является однородной, если более 33%, то – неоднородной [3].

Результаты наших исследований свидетельствуют о том, что статистически значимые различия были выявлены для 3-х элементов в Первомайском районе и 9-ти элементов в Партизанском районе (таблица 2).

Единственным элементом, для которого по сравнению с контролем статистически значимых различий выявлено не было, был марганец.

Сравнительный анализ исследуемых сосновых насаждений показал, что для сосны обыкновенной, произрастающей в Первомайском районе характерно увеличение содержания меди в 1,7 раз, цинка – в 1,6, кобальта – в 1,1, железа – в 1,8 и хрома – в 1,3 раза.

Для Партизанского района наблюдается следующая ситуация: увеличение содержания алюминия в 1,9 раз, свинца – в 1,6, кадмия – в 1,8, меди и цинка – в 3,1, никеля – в 2,9, кобальта – в 1,4, железа – в 4,1 и хрома – в 2 раза, что подтверждает неблагоприятную экологическую обстановку в данном районе.

Для наглядного представления распределения содержания элементов в хвое в исследованных выборках на рисунке 2 представлен пример диаграммы размахов (на примере алюминия).

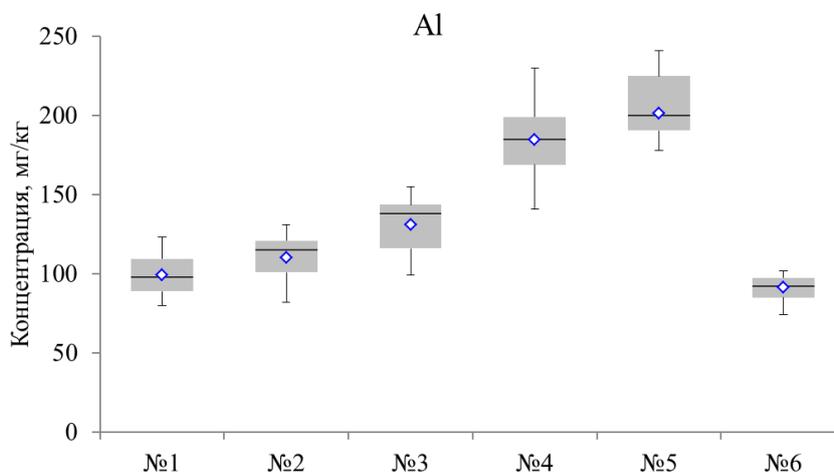


Рис. 2 – Диаграмма размахов, отображающая разницу в содержании алюминия в хвое сосны обыкновенной исследованных насаждений

Таким образом, в ходе исследования было установлено, что в условиях антропогенного загрязнения происходят изменения элементного состава хвои сосны обыкновенной, которые проявляются в накоплении элементов, преимущественно связанных с техногенезом. На основе его анализа может быть проведена диагностика состояния фитоценозов городской среды. При этом следует отметить, что листовая диагностика имеет ряд преимуществ перед почвенной, поскольку в последнем случае не всегда проявляется зависимость между содержанием элементов в почве, химическим составом хвои и ее продуктивностью.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Хомич, В. С. Городская среда: геоэкологические аспекты / В. С. Хомич, С. В. Какаренко, Т. И. Кухарик // под ред. В. С. Хомича. Минск : Беларуская навука, 2013. – 301 с.
2. Väisänen, A. Determination of mineral and trace element concentrations in pine needles by ICP-OES: evaluation of different sample pre-treatment methods/ A. Väisänen, P. Laatikainen, A. Pander, S. Renvall //International Journal of Environmental and Analytical Chemistry. – 2008. – V. 88. – №. 14. – P. 1005-1016.
3. Miller, J. Statistics and chemometrics for analytical chemistry / J. Miller, J. Miller // USA: Pearson Education, 2018.–297 p.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СПОСОБЫ СОХРАНЕНИЯ ГЕНОФОНДА ПОПУЛЯЦИЙ РЕДКИХ ВИДОВ ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ

### ADDITIONAL METHODS FOR PRESERVING THE GENE POOL OF POPULATIONS OF RARE SPECIES OF MEDICINAL PLANTS

**А. Г. Чернецкая<sup>1</sup>, Т. В. Юнкевич<sup>2</sup>, Т. В. Каленчук<sup>2</sup>**  
**A. Chernetskaya<sup>1</sup>, T. Yunkevich<sup>2</sup>, T. Kalenchuk<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Учреждение образования «Международный государственный экологический институт им. А.Д. Сахарова» БГУ, г. Минск

<sup>2</sup>Учреждение образования «Полесский государственный университет», г. Пинск  
tatyana\_yunkevich@mail.ru

<sup>1</sup>Belarussian State University, ISEI BSU, Minsk, Republic of Belarus

<sup>2</sup>Republic of Belarus Educational establishment «Polessky State University», Pinsk

Для эффективного сохранения генофонда охраняемых растений *ex situ* используется широкий круг методов и подходов, каждый из которых обладает своими преимуществами и недостатками. К настоящему времени получен значительный опыт по сохранению генетических ресурсов растений, важных в основном для аграрного сектора, с использованием разного температурного режима, по всему миру созданы генные банки. К сожалению, криоконсервация семян и различного другого растительного материала успешно применяется в основном для сельскохозяйственных культур, а опыты для сохранения генофонда редких и исчезающих видов растений не столь распространены. Необходимы исследования возможности устойчивого воспроизводства генофонда отдельных редких и исчезающих видов. Применение микроклонального размножения охраняемых растений – это дополнительный способ сохранения их генофонда и предпосылка репатриации видов, исчезающих в природе. Разработка эффективных методов микроклонального размножения является основой работ по созданию генетических банков *in vitro* редких и исчезающих видов растений, а также одним из перспективных направлений сохранения биоразнообразия в целом.

To effectively conserve the gene pool of protected plants *ex situ*, a wide range of methods and approaches is used, each of which has its own advantages and disadvantages. To date, considerable experience has been gained in the preservation of plant genetic resources, which are important mainly for the agricultural sector, using different temperature regimes; gene banks have been created all over the world. Unfortunately, cryopreservation of seeds and various other plant material is successfully used mainly for agricultural crops, and experiments to preserve the gene pool of rare and endangered plant species are not so widespread. It is necessary to investigate the possibility of sustainable reproduction of the gene pool of certain rare and endangered species. The use of microclonal reproduction of protected plants is an additional way to preserve their gene pool and a prerequisite for the repatriation of species that are disappearing in nature. The development of effective methods of microclonal reproduction is the basis of work on the creation of *in vitro* genetic banks of rare and endangered plant species, as well as one of the promising directions for the conservation of biodiversity in general.

**Ключевые слова:** охраняемые растения, генофонд, криоконсервация, микроклональное размножение, реинтродукция.

**Keywords:** protected plants, gene pool, cryopreservation, micropropagation, reintroduction.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2021-2-371-374>