

10. Zalesov S.V., Magasumova A.G., Novoselova N.N. The organization of the fire-prevention arrangement in stands which are formed on the former agricultural lands // The bulletin of the Altai state agrarian university. 2010. № 4 (66). P. 60–63.
11. Human settlement protection against the natural fires / S.V. Zalesov, G.A. Godovalov, A.A. Krektunov, E.Yu. Platonov // The agrarian bulletin of Ural. 2013. № 2 (108). P. 34–36.
12. Krektunov A.A., Zalesov S.V. Human settlement security against the natural fires. Yekaterinburg: Ural institute of the state fire engineering service of the Ministry of Emergency Situations of Russian Federation, 2017. 162 p.
13. Shubin D.A., Zalesov S.V. After fire tree falling off in the pine stands of the Priobye water preserving pine-birch forestry region of the Altai Krai // The agrarian bulletin of Ural. 2013. № 5 (111). P. 39–41.
14. Shubin D.A., Malinovskikh A.A., Zalesov S.V. The fire influence on the forest biogeocenosis components in conditions of the Upper Ob pine-forest massif // The proceedings of the Orenburg state agrarian university. 2013. № 6 (44). P. 205–208.
15. Shubin D.A., Zalesov S.V. The consequences of fires in pine forests on the territory of the Priobye water preserving pine-birch forestry region of the Altai Krai. Yekaterinburg: Ural State forest engineering university, 2016. 127 p.
16. Marchenko V.P., Zalesov S.V. The inflammability of the Priirtishje tape pine forests and methods of its minimization on the example of the Public institution State forest nature reserve “Ertis ormani” // The bulletin of the Altai state agrarian university. 2013. № 10 (108). P. 55–59.

УДК 630*561.22:630*522.3

РАДИАЛЬНЫЙ ПРИРОСТ ОПЫТНЫХ КУЛЬТУР (*PINUS SYLVÉSTRIS* L.) В УСЛОВИЯХ ЗАГРЯЗНЕНИЯ КОМБИНАТОМ «МАГНЕЗИТ» НА ЮЖНОМ УРАЛЕ

К.Е. ЗАВЬЯЛОВ – кандидат сельскохозяйственных наук,
научный сотрудник,
e-mail: zavyalov.k@mail.ru*

С.Л. МЕНЩИКОВ – доктор сельскохозяйственных наук,
старший научный сотрудник, заведующий лабораторией ЭТРС,
e-mail: msl@botgard.uran.ru*

П.Е. МОХНАЧЕВ – младший научный сотрудник,
e-mail: mohnachev74@mail.ru*

*ФГБУН Ботанический сад Уральского отделения РАН,
620134, Россия, Екатеринбург, ул. Билимбаевская, 32а;
тел.: 8(343)322-56-47

Ключевые слова: экспериментальные лесные культуры, радиальный прирост, техногенное загрязнение.

Длительные аэротехногенные выбросы вблизи крупных промышленных предприятий приводят к гибели или сильному повреждению лесных экосистем. Лесные экосистемы вокруг промышленных предприятий создают экологически благоприятную среду. Восстановление погибших и сохранение поврежденных лесных экосистем в результате техногенного загрязнения является важной задачей в пути улучшения и стабилизации экологической обстановки. Особенно это важно в промышленно развитом районе г. Сатки

Челябинской области. Мощный источник аэротехногенного загрязнения в г. Сатка – комбинат «Магнезит». Главным компонентом техногенных отходов, попадающих в атмосферу, является магнезитовая пыль, состоящая в основном из окиси магния. Вследствие этого целью наших исследований являлась оценка негативного воздействия аэротехногенных выбросов магнезитового производства на радиальный прирост *Pinus sylvéstris* L. Наши исследования проводились в окрестностях г. Сатка Челябинской области на опытных культурах *Pinus sylvéstris* L. в градиенте загрязнения. Различия в приростах опытных культур сосны обыкновенной проводились с помощью обобщенных древесно-кольцевых хронологий. Данные древесно-кольцевого анализа показали, что динамика радиального прироста сосны обыкновенной в окрестностях комбината «Магнезит» зависит от воздействий аэротехногенных выбросов комбината, которые оказывают негативное действие на прирост. Чем выше уровень загрязнения, тем больше снижается прирост.

RADIAL GROWTH OF THE EXPERIMENTAL CULTURES (*PINUS SYLVÉSTRIS* L.) IN CONDITIONS OF POLLUTION BY THE MAGNEZIT PLANT IN THE SOUTHERN URALS

K.E. ZAVYALOV – candidate of agricultural sciences,
Research Officer,
e-mail: zavyalov.k@mail.ru*

S.L. MENSCHIKOV – doctor of agricultural sciences,
senior Researcher Officer,
e-mail: msl@botgard.ru*

P.E. MOKHNACHEV – research assistant,
e-mail: mohnachev74@mail.ru*

* Botanical Garden Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Address:
620134, 32A, Bilimbaevskaya Str., Yekaterinburg, Russia;
Phone:+7 (343)322-56-47;

Keywords: *experimental forest cultures, radial growth, technogenic pollution.*

Chronic technogenic pollution near large industrial enterprises lead to death or severe damage to forest ecosystems. Forest ecosystems around industrial plants create ecologically favorable environment. The recovery of the victims and preserve the damaged forest ecosystems resulting from technogenic pollution is an important task in the way of improvement and stabilization of ecological conditions. This is especially important in the industrial developed area of the city of Satka in Chelyabinsk region. A powerful source of air pollution has been in Satka the Plant “Magnezit”. A major component of industrial waste into the atmosphere, is magnesite dust, consisting mainly of magnesium oxide. The aim of our study was to assess the negative impact of aerial technogenic emissions of the Plant “Magnezit” on radial growth *Pinus sylvéstris* L. Our studies were conducted near the town of Satka Chelyabinsk region on the experimental cultures *Pinus sylvéstris* L., in the pollution gradient. The differences in the radial growth of the experimental cultures *Pinus sylvéstris* L. was carried out using the generalized tree-ring chronologies. Data tree-ring analysis showed that the dynamics of radial growth *Pinus sylvéstris* L. in the area of Plant Magnezit depend on the effects of aerial technogenic emissions of the plant, which has a negative effect on growth. The higher the level of contamination, the more reduced growth.

Введение

Длительные аэротехногенные выбросы вблизи крупных промышленных центров приводят к гибели или сильному повреж-

дению зелёных насаждений, в то время как насаждения выполняют важные защитные, эстетические функции и вносят значительный вклад в улучшение

и стабилизацию экологической обстановки, особенно в городских и пригородных районах [1–5]. Следовательно, восстановление погибших и сохранение

поврежденных насаждений в результате техногенного загрязнения является важной задачей на пути улучшения и стабилизации экологической обстановки. Особенно это важно в промышленно развитых районах, к которым относится и район г. Сатки Челябинской области. Мощным источником аэротехногенного загрязнения в г. Сатка является комбинат «Магnezит». Основной компонент аэротехногенных отходов, попадающих в атмосферу, – магнезитовая пыль, состоящая главным образом из окиси магния. Окись магния хорошо гидратируется, образуя при соединении с водой слабую щелочь $Mg(OH)_2$ [6]. Загрязнение в данном районе щелочного типа. В градиенте загрязнения по мере приближения к комбинату «Магнезит» установлено увеличение pH снеговой воды и почвы, массы взвешенных веществ и содержание тяжелых металлов в снеговой воде [7, 8]. В данном районе установлено ухудшение состояния естественных сосновых древостоев [9] и опытных культур [10–12], снижение надземной фитомассы [13], увеличение ксероморфности листьев и содержания Mg в листьях [14] опытных культур *Betula pendula* Roth, слабое влияние данного загрязнения на посевные качества семян *Pinus sylvestris* L. [15]. Вследствие этого целью наших исследований являлась оценка негативного воздействия аэротехногенных выбросов магнезитового производства на радиальный прирост сосны обыкновенной.

Объект и методика исследований

Наши исследования проводились в окрестностях г. Сатка Челябинской области на трех опытных участках (ОУ) в зоне сильного загрязнения – ОУ № 2, среднего загрязнения – ОУ № 5 и слабого загрязнения – ОУ № 4 (условно-контрольный участок). Район г. Сатка расположен в центральной части подзоны хвойно-широколиственных и южно-таежных хвойных лесов лесной зоны Южного Урала [16]. Объекты наших исследований – опытные лесные культуры сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), созданные рядовой посадкой в 1980–1983 гг. Уральской лесной опытной станцией ВНИИЛМ. При закладке опытных участков в зоне сильного загрязнения использовали следующие мелиоранты: торф слоем 2 см, слабый раствор серной кислоты (для снижения показателя pH почвы), удобрение NPK. Все обследованные участки размещены на северо-востоке от источника выбросов и согласно розе ветров находятся в зоне основного сноса пыли [17]. Все опытные участки находятся в сходных лесорастительных условиях. Отбор кернов проводился шведским возрастным буром на высоте около 30 см от шейки корня по два с каждого дерева. Сбор, транспортировку и первичную обработку кернов проводили по стандартным методикам, принятым в дендрохронологии. Измерение ширины годичных колец выполнено на измерительном комплексе LINTAB 6 с точностью

0,01 мм. Все годичные кольца перекрестно датировались визуально и в пакете TSAP-WIN [18]. Контроль качества перекрестного датирования осуществлялся статистическими показателями, рассчитываемыми в пакете TSAP-WIN. На основе индивидуальных хронологий строились обобщенные древесно-кольцевые хронологии.

Результаты исследований и их обсуждение

В ходе обследования опытных культур установлено, что через 30 лет после посадки сосна обыкновенная сохранилась во всех зонах загрязнения. В зоне сильного загрязнения культуры сосны обыкновенной сохранились лишь в варианте с торфом слоем 2 см. Установлено, что с увеличением техногенной нагрузки у опытных культур сосны обыкновенной снижаются средние показатели роста. В зоне сильного загрязнения в варианте с торфом слоем 2 см средний диаметр сосны обыкновенной меньше на 40%, а средняя высота на 54% по сравнению с соответствующими показателями на контрольном участке (табл. 1).

Для оценки влияния аэротехногенного загрязнения на радиальный прирост на основе индивидуальных хронологий были построены обобщенные древесно-кольцевые хронологии сосны обыкновенной, находящейся в зоне сильного, среднего загрязнения и в фоновых условиях. Основные статистические характеристики радиального прироста приведены в табл. 2. Из данных

Таблица 1

Table 1

Характеристика (*Pinus sylvestris* L.)
Characteristics (*Pinus sylvestris* L.)

№ ОУ № ES	Расстояние от комбината, км Distance from plant, km	Вариант Variant	Индекс повреждения Average index of damage of stands	Дефолиация Average defoliation, %	Средний диаметр, см Average diameter, cm	Средняя высота, м Average height, m
Зона сильного загрязнения Zone of strong pollution						
2	1	Торф 2 см Peat 2 cm	3,75±0,10	72±3,1	9,7±0,50	5,9±0,26
Зона среднего загрязнения Zone of average pollution						
5	3	Без мелиоранта Without meliorant	2,66±0,08	45±2,04	7,2±0,33	6,9±0,20
Контроль Control						
4	10	Без мелиоранта Without meliorant	1,13±0,06	10±1,71	16,1±0,52	12,7±0,27

Таблица 2

Table 2

Статистические характеристики обобщенных хронологий приростов
Statistical characteristics of generalized chronologies of growth

Характеристики Characteristics		ОУ № 2 ES № 2	ОУ № 5 ES № 5	ОУ № 4 ES № 4
Количество образцов The number of samples	N	22	58	28
Длина сегмента The length of the segment	LEN	28	27	28
Минимальное значение, 1/100 мм The minimum value, 1/100 mm	MIN	23	65	224
Среднее значение, 1/100 мм The average value, 1/100 mm	MEAN	171	198	311
Максимальное значение, 1/100 мм The maximum value, 1/100 mm	MAX	474	358	446
Коэффициент вариации The coefficient of variation	V	0,73	0,42	0,22
Стандартное отклонение The standard deviation	STDV	125,5	83,4	68,2
Автокорреляция 1-го порядка Autocorrelation of the 1st order	AC (1)	0,63	0,63	0,43
Коэффициент чувствительности The sensitivity coefficient	Kr	0,27	0,25	0,17
Средний межсерийный коэффициент корреляции Mercurially average correlation coefficient	R _M	0,92	0,63	0,63
Отношение сигнала к шуму Signal-to-noise ratio	SNR	253	99	48
Оценка надежности хронологии Expressed Population Signal	EPS	1,00	0,99	0,98

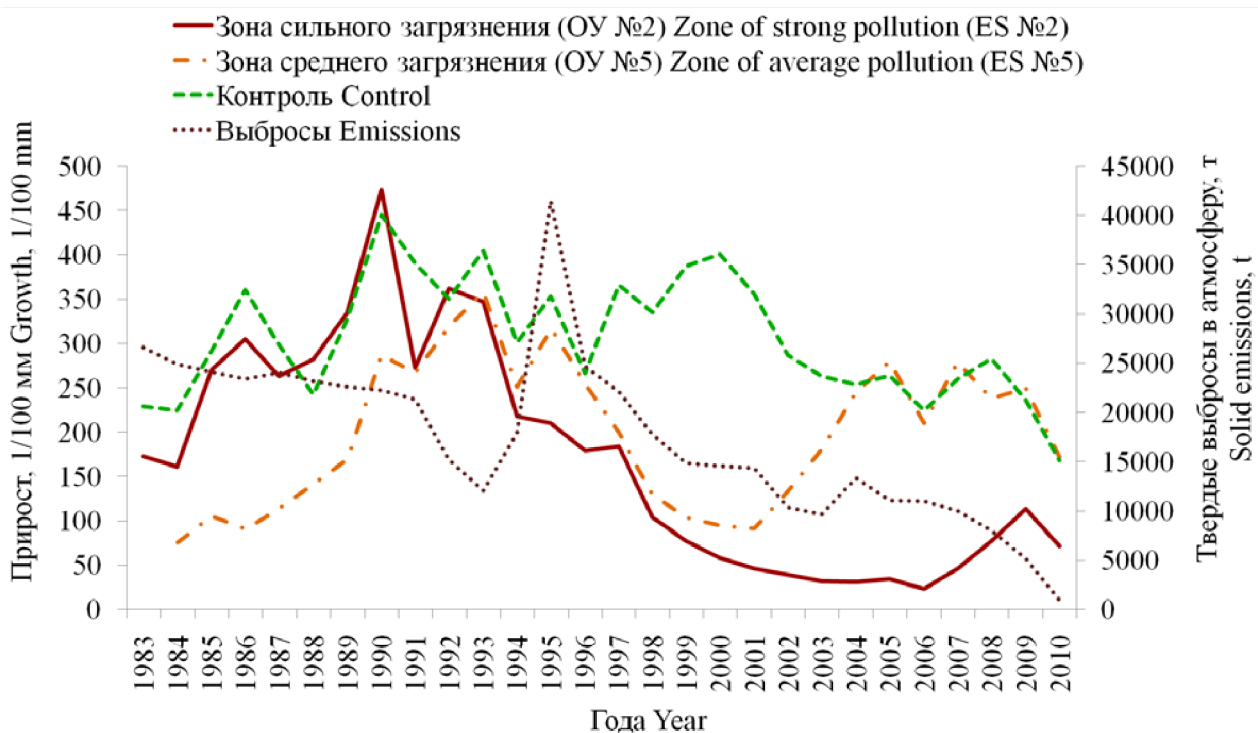
таблицы видно, что при приближении к источнику выбросов и, соответственно, увеличении степени загрязнения средние значения абсолютных приростов уменьшаются, а все остальные статистические характеристики увеличиваются. Следовательно, прирост на загрязненном участке в большей степени зависит от внешних условий. Это подтверждается высокой межсерийной корреляцией и отношением сигнала к шуму (оценивающим долю общего сигнала).

Сравнение хронологий в градиенте загрязнения показывает различия в приростах годовых колец (рисунок). Хронология радиального прироста сосны обыкновенной, растущей в непосредственной близости от комбината на ОУ № 2, характеризуется сни-

жением приростов после 1994 г. В периоде до 1994 г. (это первые 10 лет роста) прослеживаются высокие приросты. Рост культур на данном участке в данный период схож с ростом культур на контрольном участке ОУ № 4 и превышает прирост культур на ОУ № 5 из зоны среднего загрязнения.

Отсутствие отрицательной реакции радиального прироста сосны обыкновенной на ОУ № 2 в условиях воздействия сильного аэротехногенного загрязнения в этот период можно объяснить положительным влиянием низинного торфа, внесенного при посадке культур на данном участке. Низинный торф сглаживает действие аэротехногенного загрязнения комбината «Магнит».

Во втором периоде (после 1994 г.) наблюдаем резкое снижение приростов в зоне сильного загрязнения. После этого года прирост ОУ № 2 в зоне сильного загрязнения стал меньше, чем прирост на ОУ № 5 в зоне среднего загрязнения, а по сравнению с приростом на контрольном участке (ОУ № 4) различие стало ещё больше увеличиваться. Мы считаем, что к этому периоду влияние низинного торфа на культуры закончилось. Средняя ширина годового кольца за этот период стала в 3 раза меньше, чем таковая на контрольном участке. Прирост на ОУ № 5 в зоне среднего загрязнения стал снижаться с 1996 до 2000 г. Снижение прироста в данные годы мы можем объяснить резким повышением объемов твердых



Хронологии радиальных приростов в градиенте загрязнения при одинаковом плодородии почв
Chronologies of radial increment in the pollution gradient under the same soil fertility

выбросов комбината в атмосферу в 1994–1998 гг. (см. рисунок). После 2000 г. прирост на ОУ № 5 стал увеличиваться и к 2004 г. дошёл до уровня контрольного участка (ОУ № 4). Это связано со снижением объёмов твердых выбросов в атмосферу в результате снижения производства с 1998 г. в период кризиса.

Выводы

Данные древесно-кольцевого анализа показывают, что динамика радиального прироста сосны обыкновенной в окрестностях комбината «Магнезит» зависит от воздействий аэротехногенных выбросов комбината, которые оказывают негативное действие на прирост. Чем выше уровень загрязнения, тем больше снижается прирост. Внесение торфа

при посадке культур в качестве мелиоранта позволило снизить негативное влияние аэротехногенных выбросов комбината в первые 10 лет жизни и сохранить культуры до наших дней. Следовательно, на загрязнённых аэротехногенными выбросами магнетитового производства участках можно создавать культуры сосны обыкновенной с применением низинного торфа.

Библиографический список

1. Юсупов И.А., Луганский Н.А., Залесов С.В. Состояние искусственных сосновых молодняков в условиях аэропромвыбросов. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. акад., 1999. 185 с.
2. Хайретдинов А.Ф., Залесов С.В. Введение в лесоводство. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2011. 202 с.
3. Ценопопуляции лесных и луговых видов растений в антропогенно нарушенных ассоциациях Нижегородского Поволжья и Поветлужья / С.В. Залесов, Е.В. Невидомова, А.М. Невидомов, Н.В. Соболев. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2013. 204 с.
4. Залесов С.В., Бачурина А.В., Бачурина С.В. Состояние лесных насаждений, подверженных влиянию промышленных поллютантов ЗАО «Карабашмедь», и реакция их компонентов на проведение рубок обновления [Электронный ресурс]. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2017.
5. Залесов С.В., Лаишевцев Р.Н., Колтунов Е.В. Содержание тяжелых металлов в почве и хвое сосны обыкновенной в лесопарках Екатеринбурга // Леса России и хоз-во в них. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2007. № 1 (29). С. 238–246.
6. Носырев В.И. Вредное воздействие магнетитовой пыли на древесную растительность // Лесн. хоз-во. 1962. № 1. С. 18–21.
7. Менщиков С.Л., Кузьмина Н.А., Мохначев П.Е. Воздействие атмосферных выбросов магнетитового производства на почвы и снеговой покров // Изв. Оренбург. гос. аграрн. ун-та. 2012. № 5 (37). С. 221–224.
8. Кузьмина Н.А., Менщиков С.Л. Влияние аэротехногенных выбросов магнетитового производства на химический состав снеговой воды и почвы в динамике // Изв. Оренбург. гос. аграрн. ун-та. 2015. № 6 (56). С. 192–196.
9. Завьялов К.Е. Состояние сосновых древостоев зелёной зоны г. Сатка, подверженных аэротехногенным выбросам магнетитового производства // Изв. Оренбург. гос. аграрн. ун-та. 2015. № 6 (56). С. 57–59.
10. Завьялов К.Е., Менщиков С.Л. Состояние березовых культур в условиях магнетитового загрязнения // Аграрн. Россия. 2009а. Спец. выпуск. С. 60–61.
11. Завьялов К.Е. Состояние искусственных насаждений березы повислой (*Betula pendula Roth*) в условиях магнетитового загрязнения: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Завьялов К.Е. Екатеринбург: УГЛТУ, 2009б. 16 с.
12. Оценка повреждения опытных культур (*Pinus sylvestris L.*, *Betula pendula Roth*, *Larix sukaczewii Dul.*) в условиях загрязнения комбинатом «Магнезит» на Южном Урале / К.Е. Завьялов, С.Л. Менщиков, П.Е. Мохначев, Н.А. Кузьмина // Леса России и хоз-во в них. 2016. № 4 (59). С. 35–41.

13. Завьялов К.Е., Менщиков С.Л. Надземная фитомасса опытных культур берёзы повислой в условиях загрязнения магнезитовой пылью // Изв. Оренбург. гос. аграрн. ун-та. 2010. № 4 (28). С. 27–30.
14. Завьялов К.Е. Морфология и химический состав листьев опытных культур берёзы повислой (*Betula Pendula Roth*) в условиях магнезитового загрязнения // Изв. Оренбург. гос. аграрн. ун-та. 2013. № 3 (41). С. 230–232.
15. Мохначев П.Е., Махнева С.Г., Менщиков С.Л. Особенности репродукции сосны обыкновенной (*Pinus silvestris L.*) в условиях загрязнения магнезитовой пылью // Изв. Оренбург. гос. аграрн. ун-та. 2013. № 3 (41). С. 8–9.
16. Колесников Б.П. Леса Челябинской области // Леса СССР. М., 1969. Т. 4. С. 125–157.
17. Менщиков С.Л. Исследование экологических особенностей роста и обоснование агротехники создания культур хвойных пород в условиях магнезитовых запылений: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Менщиков С.Л. Свердловск, 1985. 20 с.
18. Rinn F. TSAP. Reference manual. Version 3.0. Heidelberg, 1996. 263 p.

Bibliography

1. Yusupov I.A., Lugansky N.A., Zalesov S.V. State of artificial pine young stands in terms of Agroprombiznes. Yekaterinburg: Ural state forest acad., 1999. 185 p.
2. Khairtdinov A. F., Zalesov S.V. Introduction to forestry. Yekaterinburg: Ural state forest univ., 2011. 202 p.
3. TSE-dopopulate forest and meadow species of plants in anthropogenically disturbed-governmental associations of the Nizhny Novgorod Volga region and Povetluzhye / S.V. Zalesov, E.V. Nevidimov, A.M. Nevidimov, N.V. Sobolev. Yekaterinburg: Ural state forest univ., 2013. 204 p.
4. Zalesov S.V., Bachurina A.V., Bachurina S.V. State of forest stands exposed to industrial pollutants, ZAO “Karabash copper” and the reaction of the components to the operations update [Electronic resource]. Yekaterinburg: Ural state forest univ., 2017.
5. Zalesov S.V., Laisheva R.N., Koltunov E.V. The Content of heavy metals in the soil and needles of Scots pine in the forest parks of Yekaterinburg // Russian Forest and farm them. Yekaterinburg: Ural state forest univ., 2007. № 1 (29). P. 238–246.
6. Nosyrev V.I. Harmful effects of magnesite dust on wood vegetation // Forestry Journal. 1962. № 1. P. 18–21.
7. Menshikov S.L., Kuzmina N.A., Mohnachev P.E. Influence of atmospheric emissions of magnesite production on soils and snow cover // Izvestia of Orenburg State Agrarian University. 2012. № 5 (37). P. 221–224.
8. Kuzmina, N.A., Menshchikov S.L. Influence of aero technogenic emissions of magnesite production on the chemical composition of snow water and the soil in dynamics // Izvestia of Orenburg State Agrarian University. 2015. № 6 (56). P. 192–196.
9. Zavyalov K.E. Sostoyaniye of pine forest stands of a green zone Satka, subject to aero technogenic emissions of magnesite production // Izvestia of Orenburg State Agrarian University. 2015. № 6 (56). P. 57–59.
10. Zavyalov, K.E., Menshikov S.L. Condition of birch cultures in the conditions of magnesite pollution // Agricultural Russia. 2009a. Special issue. P. 60–61.
11. Zavyalov K.E. Condition of artificial plantations of the silver birch (*Betulapendula Roth*) in the conditions of magnesite pollution: avtoref. dis ... cand. agric. Sciences. Yekaterinburg, 2009b. 16 p.
12. Damage assessment of experimental cultures (*Pinus sylvestris L.*, *Betula Pendula Roth*, *Larix sukaczewii Dyl.*) in the conditions of pollution of the Magnezit Plant in the southern Urals / K.E. Zavyalov, S.L. Menshikov, P.E. Mohnachev, N.A. Kuzmina // The Woods of Russia and economy in them. 2016. № 4 (59). P. 35–41.
13. Zavyalov K.E., Menshikov S.L. Overground phytomass of pilot cultures of the birch in conditions of magnesite dust pollution // Izvestia of Orenburg State Agrarian University. 2010. № 4 (28). P. 27–30.

14. Zavyalov K.E. Morphology and chemical composition of leaves of pilot cultures of the silver birch (*Betula Pendula Roth*) in the conditions of magnesite pollution // Izvestia of Orenburg State Agrarian University. 2013. № 3 (41). P. 230–232.
 15. Mohnachev P.E., Makhniova S.G., Menshikov S.L. Features of reproduction of the Scotch pine (*Pinus silvestris L.*) in the conditions of pollution by magnesite dust // Izvestia of Orenburg State Agrarian University. 2013. № 3 (41). P. 8–9.
 16. Kolesnikov B.P. Forests of Chelyabinsk region // Forests of the USSR. M, 1969. V. 4. P. 125–157.
 17. Menshikov S.L. Research of ecological features of growth and reasons for agrotechnology of creation of cultures of coniferous breeds in the conditions of magnesite dust: avtoref. diss. ... cand. agricult. Sciences. Sverdlovsk, 1985. 20 p.
 18. Rinn F. TSAP. Reference manual. Version 3.0. Heidelberg, 1996. 263 p.
-

УДК 577.118, 574.23, 575.2

СООТНОШЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ В ЛИСТЬЯХ БЕЛЫХ БЕРЕЗ ВДОЛЬ ВЫСОТНОГО ГРАДИЕНТА СЕВЕРНОГО УРАЛА

В.Д. ГОРБУНОВА – старший инженер, тел. 8(908)921-70-11,
e-mail: botgarden.gor@yandex.ru*

А.К. МАХНЕВ – доктор биологических наук, профессор,
тел. 8(343)322-56-29, e-mail: afrmah@rambler.ru*

* «ФГБУН Ботанический сад Уральского отделения РАН»,
620134 Россия, Екатеринбург, ул. Билимбаевская, 32а

Ключевые слова: *Betula pendula*, *Betula pubescens*, макроэлементы, азот, высотная изменчивость.

Изучена закономерность содержания основных макроэлементов и соотношение N:P:K в листьях *Betula pendula Roth* и *Betula pubescens Ehrh.* вдоль высотного градиента г. Конжаковский камень (Северный Урал), а также погодичная, межпопуляционная и индивидуальная изменчивость. Обнаружены противоположные тенденции двух видов по содержанию общего азота в листьях – увеличение с высотой у *Betula pubescens* и снижение у *Betula pendula*. Обнаружена также различная тенденция двух видов по накоплению фосфора и калия. Содержание калия и фосфора в листьях *B. pendula* снижалось от контроля к верхней границе горно-лесного пояса в отличие от *B. pubescens*, где наблюдалось стабильное содержание калия в листьях вдоль высотного градиента. Вероятно, пониженная температура почвы тормозит поступление макроэлементов в растения, что проявляется в уменьшении общего содержания азота, фосфора и калия в листьях *B. pendula* в высотном градиенте. Сходство двух видов проявилось в стабильном содержании магния и натрия вдоль высотного градиента и снижении содержания магния. Суммарное содержание макроэлементов в листьях *B. pubescens* увеличивалось от горно-лесного до тундрового пояса в отличие от *B. pendula*, где обнаружена обратная направленность, при этом тенденция сохранялась за два года исследования. Также у двух видов изменялось соотношение N:P:K в сторону повышения содержания азотистых соединений с увеличением высоты произрастания при снижении соотношения фосфора и калия в листьях. Таким образом, увеличение доли азота в листьях двух видов берез может свидетельствовать о повышении продуктивности обоих видов в высотном градиенте, несмотря на значительное снижение общего содержания азота у березы по-вислой.