

УДК 630*160:574.2(045)

СОДЕРЖАНИЕ ЭКСТРАКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ В ДРЕВЕСИНЕ ВИДОВ РОДА *PICEA* В НАСАЖДЕНИЯХ ГОРОДА

© *К.Е. Ведерников**, *И.Л. Бухарина*, *Е.А. Загребин*

*Удмуртский государственный университет, ул. Университетская, 1,
Ижевск, 426034 (Россия), e-mail: wke-les@rambler.ru*

Экстрактивные вещества обладают биологической активностью, что может указывать на их связь с формированием устойчивости растений к неблагоприятным факторам. В статье представлены материалы по изучению содержания экстрактивных веществ у *Picea obovata* L. и *Picea pungens* Engelm. в условиях городской среды. Выдвинуто предположение об изменчивости содержания экстрактивных веществ при адаптации к условиям техногенного стресса. Общее содержание экстрактивных веществ в древесине растений определялось методом горячего экстрагирования спирто-толуольной смесью в аппарате Сокслета. Полученные данные были подвергнуты статистической обработке. В результате проведенных исследований выявлены особенности содержания экстрактивных веществ у интродуцированного вида *P. pungens*. Для данного вида отмечено более высокое содержание экстрактивных веществ в условиях возрастающей антропогенной нагрузки. Наибольшее содержание отмечено в селитебной зоне города. У аборигенного вида *P. obovata* наблюдается более высокое содержание экстрактивных веществ в городских насаждениях в сравнении с контрольной зоной, однако статистически достоверных отличий не выявлено. Наиболее изменчив показатель содержания экстрактивных веществ у *Picea pungens* и варьирует от 4.2 до 84%. У *Picea obovata* показатель варьирует от 26.2 до 43.2%.

Ключевые слова: *Picea obovata*, *Picea pungens*, экстрактивные вещества, хвойные растения, ель, устойчивость, смола.

Введение

Массовая гибель еловых насаждений Европейской части РФ после аномальной засухи 2010 г. вызвала значительный интерес исследователей к проблеме устойчивости ели к неблагоприятным условиям среды, антропогенной нагрузке, вредителям и болезням. Особую остроту и внимание этому вопросу придает тот факт, что еловые насаждения составляют значительную часть лесов РФ и являются ценными породами в хозяйственном отношении [1–4].

Однако следует отметить, что в очагах массового усыхания еловых насаждений встречаются участки насаждений и отдельные особи, имеющие хорошее жизненное состояние как в естественных лесных системах [5], так и в насаждениях урбаноэкосистем [6].

Ранее при изучении устойчивости хвойных насаждений мы акцентировали внимание на биохимические показатели ассимиляционного аппарата растений в связи с его широкой вариабельностью в условиях стресса [7], при этом особенности биохимического состава древесины в связи с уровнем техногенной нагрузки не изучались. Однако короеды повреждают флоэмную часть стебля растения, в которой важную защитную роль выполняет смола, входящая в состав группы веществ, извлекаемых при помощи экстракции (экстрактивные вещества) [8].

Ведерников Константин Евгеньевич – кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры инженерной защиты окружающей среды, e-mail: wke-les@rambler.ru

Бухарина Ирина Леонидовна – доктор биологических наук, профессор, заведующая кафедрой инженерной защиты окружающей среды, e-mail: buharin@udmlink.ru

Загребин Егор Александрович – магистрант, e-mail: i.am.yeti@yandex.ru

К экстрактивным веществам относят преимущественно низкомолекулярные вещества вторичного метаболизма, не входящие в состав растительной клетки, содержащиеся в межклеточном пространстве. Это чрезвычайно разнообразная по химическому составу группа веществ. Экстрактивные вещества извлекают из растительного сырья нейтральными органическими растворителями

* Автор, с которым следует вести переписку.

и водой без каких-либо активирующих добавок. По химической природе эти вещества представлены терпенами и их производными, смоляными кислотами, липидами, жирными кислотами, фитостеринами, полифенолами и танинами. Практически все экстрактивные вещества обладают биологической активностью, выполняя значимые функции в жизнедеятельности растений, чаще всего защитные [8, 9].

Цель наших исследований – изучение содержания экстрактивных веществ в древесине хвойных растений в насаждениях разных экологических категорий в условиях городской среды. Научная новизна исследований заключается в рассмотрении возможности участия экстрактивных веществ в формировании адаптивных реакций у двух видов хвойных растений семейства *Pinaceae* рода *Picea* – *Picea obovata* L. и *Picea pungens* Engelm. – в условиях техногенного стресса.

Экспериментальная часть

Исследования хвойных пород проводили в г. Ижевске Удмуртской Республики. Объектами исследования являлись ель колючая (интродуцированный вид) и ель сибирская (аборигенный вид). Особи изучаемых растений произрастали в насаждениях города различных экологических категорий, расположенных с учетом функционального зонирования города и испытывающих антропогенную нагрузку разной интенсивности: насаждения селитебной зоны (жилой микрорайон «Север») и произрастающие вдоль магистрали (ул. Удмуртская). В качестве зоны условного контроля (ЗУК) выбраны насаждения парка ландшафтного типа (ЦПКиО им. С.М. Кирова, площадью 113 га). В качестве контроля для *P. obovata* выбраны насаждения ели на территории ГКУ УР Яганского лесничества (тип леса – ельник кисличник), расположенные в 35 км от г. Ижевска, а для *P. pungens* – питомник лесных культур АУ УР Удмуртлес, располагающийся на юго-западе г. Ижевска.

В каждом насаждении закладывали пробные площади (по 5–10 шт., не менее 0.25 га каждая), на которых проводили сплошную инвентаризацию особей хвойных растений. С целью определения содержания экстрактивных веществ в каждом насаждении отбирали и нумеровали по три учетные особи каждого вида, имеющие хорошее жизненное и среднегенеративное онтогенетическое состояние.

В местах отбора образцов растений провели отбор почвенных проб (смешанная проба, составленная из индивидуально взятых проб по способу конверта) [10–12]. Определили агрохимические и физические показатели почв: pH_{KCl} [13], pH_{H_2O} [14], органическое вещество (гумус, %) – по методу Тюрина И.В. в модификации Симакова, аммонийный азот – фотоколориметрически, нитраты – ионометрическим методом, подвижные формы калия и фосфора – по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО, плотность сложения и влажность почв – по общепринятым методикам.

Образцы древесины отбирали при помощи возрастного бура на высоте 1.3 м от корневой шейки дерева. Влажность древесины определяли методом высушивания образцов в сушильном шкафу [8], определяли коэффициент сухости для дальнейшего пересчета содержания экстрактивных веществ в абсолютно сухой массе навески.

Существует несколько методов извлечения экстрактивных веществ из древесины. Для определения состава подобных веществ используется последовательная обработка древесины растворителями с возрастающей полярностью, полное извлечение веществ с последующим делением его на классы веществ.

Мы определяли общее содержание экстрактивных веществ без разделения на группы и использовали спирто-толуольную смесь. Эта смесь извлекает все смолы, даже устойчивые, а также больше фенольных (в том числе некоторые танины и красители) и окисленных соединений, чем другие растворители [8].

Содержание экстрактивных веществ определяли методом горячей отгонки в аппарате Сокслета. Образцы древесины экстрагировали в течение 4 ч, после чего раствор переливали в колбу (предварительно высушенную до постоянной массы). Затем отгоняли растворитель, после чего колбу с извлеченными веществами сушили при температуре 103 ± 2 °С до постоянной массы.

Математическую обработку результатов провели с применением статистического пакета «Statistica 5.5». Для интерпретации полученных материалов использовали метод описательной статистики.

Обсуждение результатов

Одной из задач исследования была характеристика агрохимических показателей почв в насаждениях, где осуществляли отбор и наблюдение за растениями.

Почвы парковой зоны относятся к естественным, у которых преобразование почвенного профиля составляет не более 50 см и сохранены типовые признаки. Здесь преобладают супесчаные дерново-подзолистые почвы. Содержание органического вещества в данных почвах составляет $4.23 \pm 0.17\%$, реакция почвенного раствора близка к нейтральной ($pH = 5.83 \pm 0.16$). В целом почвы характеризуются средней уплотненностью. Полевая влажность почвы составляет $17.08 \pm 0.61\%$.

В селитебной зоне выявлены антропогенные почвы – стратоземы (насыпь поверх естественного профиля). Высокое содержание органического вещества $6.48 \pm 0.04\%$, кислотность солевой вытяжки $pH 7.20 \pm 0.00$, что может быть связано с внесением растительного грунта при благоустройстве и озеленении исследуемой территории. Уплотненность почв средняя (1.31 ± 0.04 г/см²), полевая влажность почвы составляет $8.01 \pm 1.03\%$.

В магистральных посадках был выявлен комплекс антропогенных почв с преобладанием стратоземов (насыпь поверх естественного профиля). Для почвы были характерны значения $pH 6.97 \pm 0.07$, содержание органического вещества – $2.29 \pm 0.05\%$, средняя уплотненность, полевая влажность почвы – $15.92 \pm 1.44\%$.

Почвы лесного питомника относятся к естественным супесчаным дерново-подзолистым почвам. Мощность пахотного слоя составляет 22 см. Содержание органического вещества в данных почвах составляет $3.2 \pm 0.50\%$, реакция почвенного раствора нейтральная ($pH = 6.10 \pm 0.10$). В целом почвы характеризуются средней уплотненностью. Полевая влажность почвы составляет $16.10 \pm 1.20\%$. В почвах питомника отмечено высокое содержание подвижного фосфора ($P_2O_5 = 450.00 \pm 20.28$ мг/кг или 45 мг/100 г почвы). По степени окультуренности почва питомника относится к средней степени. По основным агрохимическим показателям (мощность пахотного слоя, плотность, содержание органического вещества, pH_{KCl} , подвижный фосфор и обменный калий) почва исследуемого лесного питомника имеет оптимальные параметры лесорастительных свойств пахотного слоя для почв питомников в лесной зоне [15].

Лесная почва относится к естественным суглинистым дерново-подзолистым почвам. Содержание органического вещества в данных почвах составляет $5.38 \pm 0.05\%$. Реакция почвенного раствора кислая ($pH = 2.96 \pm 0.03$), характерная для почв, на которых произрастают еловые насаждения. Полевая влажность почвы составляет $29.50 \pm 1.27\%$, что достоверно выше, чем в почвах города, парковой зоне и в лесном питомнике. В лесной почве отмечено достоверно низкое содержание подвижного фосфора и калия ($P_2O_5 = 3.81 \pm 0.77$ мг/кг, $K_2O = 40.54 \pm 3.33$ мг/кг почвы), в сравнении с другими анализируемыми районами (табл. 1).

Почвы в насаждениях вдоль магистрали и в селитебной зоны имеют нейтральную или даже слабощелочную реакцию, а также высокое содержание обменного калия в сравнении с контролем и с зональными дерново-подзолистыми почвами, что может быть связано с использованием песчано-солевой смеси в качестве антигололедного реагента.

В результате исследования содержания экстрактивных веществ в древесине установлено, что у особей, произрастающих в условиях городской среды, их содержание в среднем на 40.3% выше по сравнению с контрольной зоной. Наиболее существенные различия наблюдаются у *Picea pungens*, значения показателей варьируют от 4.2 до 84%. У *Picea obovata* показатель варьирует от 26.2 до 43.2% (рис.).

Для выявления статистических различий нами использовался метод описательной статистики. Данные статистической обработки представлены в таблицах 2.

Результаты исследований не выявили статистически значимых различий по содержанию экстрактивных веществ в древесине *P. obovata* и *P. pungens* по районам исследования, за исключением посадок микрорайона «Север», где у особей *P. pungens* содержание экстрактивных веществ достоверно выше, чем у *P. obovata* (табл. 2).

Для установления влияния условий произрастания на содержание экстрактивных веществ, сравнение результатов велось с контрольной зоной. Результаты статистической обработки полученных данных свидетельствуют о том, что содержание экстрактивных веществ в древесине *P. obovata* в естественных условиях произрастания хотя и меньше, чем в городских условиях, но при этом не имеет с ними статистически значимых различий (табл. 2).

Анализ содержания экстрактивных веществ в древесине *P. pungens* не выявил достоверных отличий у особей, произрастающих в условиях питомника и в парковой зоне. Однако выявлены достоверные отличия в содержании экстрактивных веществ у особей, произрастающих в селитебной зоне (15.42 ± 1.11) и в магистральных насаждениях (4.46 ± 0.23) по сравнению с особями, произрастающими в лесном питомнике (2.48 ± 0.18) и особями в парковой зоне (2.59 ± 0.01).

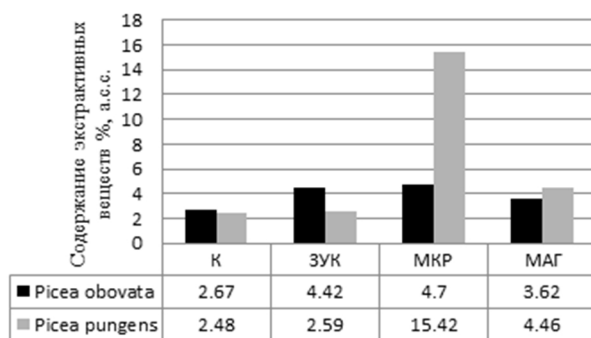
Высокая доля экстрагируемых веществ в древесине особей *P. pungens* в жилом мкр. «Север» связана с реакцией на особенности эдафических факторов произрастания. Почвы данного района отличаются низ-

ким содержанием основных элементов питания (табл. 1), к тому же кислотность почвенного раствора имеет самые высокие показатели по сравнению с другими насаждениями, что в свою очередь снижает доступность почвенных элементов. В научных публикациях [16] отмечен факт повышения содержания фенольных соединений у растений, произрастающих на техногенных территориях в условиях невысокого содержания основных элементов минерального питания и близкими к полученным нами показателями рН почвенного раствора.

Таблица 1. Агрохимические и физические показатели почв в районах исследования

Показатели	Районы исследования				
	ЦПКиО им. С.М. Кирова	Микрорайон «Север»	ул. Удмуртская	Лесной питомник	Ельник кисличник
pH _{KCl}	5.83±0.16* 5.14–6.52**	7.20±0.00	6.97±0.07 6.67–7.27	6.10±0.10 5.67–6.53	2.96±0.03 2.83–3.09
pH _{H2O}	6.70±0.00	7.74±0.02 7.65...7.83	8.03±0.25 6.95...9.11	–	–
NH ₄ ⁺ , мг/кг	331.56±6.90 301.87–361.25	108.52±7.37 76.81–140.23	541.98±4.28 523.56–560.40	4.80±0.00	423.33±10.47 378.28–468.38
NO ₃ ⁻ , мг/кг	16.84±0.39 15.16–18.52	0.23±0.03 0.10–0.36	5.13±0.85 1.47–8.79	6.30±0.06 6.04–6.56	0.95±0.10 0.52–1.38
P ₂ O ₅ , мг/кг	290.75±10.40 245.98–335.51	133.09±0.00	321.95±6.86 292.43–351.47	450.00±20.28 362.74–537.26	3.81±0.77 0.50–7.12
K ₂ O, мг/кг	371.39±1.25 366.02–376.75	197.05±3.40 182.43–211.66	423.19±9.26 383.34–463.04	174.00±26.00 62.12–285.88	40.54±3.33 26.21–54.87
Органическое вещество (гумус), %	4.23±0.17 3.49–4.96	6.48±0.04 6.31–6.65	2.29±0.05 2.07–2.51	3.20±0.50 1.05–5.35	5.38±0.05 5.16–5.60
Влажность, %	17.08±0.61 14.46–19.68	8.01±1.03 3.58–12.44	15.92±1.44 9.72–22.12	16.10±1.20 10.94–21.26	29.50±1.27 24.04–34.96
Плотность, г/см ³	1.21±0.03 1.08–1.34	1.31±0.04 1.14–1.48	1.13±0.03 1.00–1.26	1.01±0.01 0.97–1.05	0.75±0.07 0.45–1.05

Примечание: * – среднее значение показателя ± стандартная ошибка; ** – интервал для среднего значения, при уровне достоверности p=0.05; – – данные анализа не проводились.



Содержание экстрактивных веществ в древесине хвойных растений (% от а.с.с.) в насаждениях города (К – контроль (ельник кисличник для *P. obovata* и лесной питомник для *P. pungens*); ЗУК – зона условного контроля (парк им. С.М. Кирова); МКР – жилой микрорайон «Север»; МАГ – насаждения вдоль ул. Удмуртской)

Таблица 2. Содержание экстрактивных веществ в древесине представителей видов рода *Picea* в различных условиях произрастания, % от а.с.с.

Районы исследования	<i>Picea obovata</i> L.	<i>Picea pungens</i> Engelm.
Контроль*	2.67±0.18**	2.48±0.18
	1.90–3.44***	1.71–3.25
ЦПКиО им. С.М. Кирова	4.42±0.70	2.59±0.01
	1.41–7.43	2.55–2.63
Микрорайон «Север»	4.69±1.01	15.42±1.11
	0.34–9.04	10.64–20.20
ул. Удмуртская	3.62±0.41	4.46±0.23
	1.86–5.38	3.47–5.45

Примечание: * контроль – *Picea obovata* L. ельник кисличник, *Picea pungens* Engelm. лесной питомник; ** – среднее значение показателя ± стандартная ошибка; *** – интервал для среднего значения, при уровне достоверности p=0.05.

Экстрактивные вещества не входят в состав клеточных стенок древесины и находятся в полостях клеток или в межклеточных каналах (смоляных ходах). Доля экстрактивных веществ в древесине хвойных растений невелика и составляет 3–4%, при этом у некоторых тропических видов растений доля этих веществ может достигать 40% от абсолютно сухого состояния [8].

Следует отметить, что в результате проведенных исследований не выявлена видоспецифичность по содержанию экстрактивных веществ в древесине, однако у особей *P. pungens* наблюдается более значительная вариабельность в содержании экстрактивных веществ. Скорее всего, имеет место влияние условий произрастания и состояние особи, что подтверждается исследованиями ряда ученых [17, 18]. Таким образом, можно заключить, что содержание экстрактивных веществ в древесине зависит не только от степени техногенных условий, но и от трансформации почв в условиях города.

Выводы

Исследования показали, что *Picea pungens* отличается от *Picea obovata* более значительным варьированием показателя содержания экстрактивных веществ в различных условиях произрастания.

У *P. pungens* выявлено достоверное более высокое содержание экстрактивных веществ в насаждениях жилого микрорайона и на ул. Удмуртской в сравнении с контрольной зоной, где почвы отличаются низким содержанием основных элементов минерального питания и близкими к щелочным значениями рН почвенного раствора.

Таким образом, можно заключить, что условия произрастания значительно влияют на содержание экстрактивных веществ в древесине изучаемых видов хвойных растений.

Список литературы

1. Коротков С.А., Стоноженко Л.В., Ерасова Е.В., Иванов С.К. Устойчивость и динамика еловых и липовых насаждений северо-восточного Подмосковья // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. 2014. №4. С. 13–22.
2. Маслов А.Д. Короед-типограф и усыхание еловых лесов. М., 2010. 138 с.
3. Малахова Е.Г., Крылов А.М. Усыхание ельников в Клинском лесничестве Московской области // Известия Самарского научного центра РАН. 2012. Т. 14. №1–8. С. 1975–1978.
4. Алябьев А.Ф. Усыхание ельников Подмосковья // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. 2013. №6 (98). С. 159–166.
5. Мартыненко О.В., Карминов В.Н., Онтиков П.В., Щепашенко Д.Г., Бараненкова А.А. Почвенные факторы устойчивости ельников // Лесной вестник. ForestryBulletin. 2016. Т. 20. №5. С. 147–153.
6. Бухарина И.Л., Пашкова А.С., Ведерников К.Е., Ковальчук А.Г., Пашков Е.В. Биоэкологические особенности хвойных растений в условиях городской среды: учебно-научное издание (монография). Ижевск, 2015. 152 с.
7. Bukharina I.L., Vedernikov K.E., Pashkova A.S. Morphophysiological Traits of Spruce Trees in Conditions of Izhevsk // Contemporary Problems of Ecology. 2016. Vol. 9. N7. Pp. 853–862. DOI: 10.1134/S1995425516070027.
8. Оболенская А.В., Ельницкая З.П., Леонович А.А. Лабораторные работы по химии древесины и целлюлозы: учебное пособие для вузов. М., 1991. 320 с.
9. Бабкин В.А. Экстрактивные вещества древесины лиственницы: химический состав, биологическая активность, перспективы практического использования // Инноватика и экспертиза. 2017. Вып. 2(20). С. 210–223.
10. ГОСТ 17.4.3.01-83. Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб. М., 1983.
11. Большаков В.А. и др. Методические рекомендации по оценке загрязненности городских почв и снежного покрова тяжелыми металлами. М., 1999. 31 с.
12. Методические указания по оценке городских почв при разработке градостроительной и архитектурно-строительной документации. М., 1996. 36 с.
13. ГОСТ 26483-85. Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение ее рН по методу ЦИНАО. М., 1985.
14. ГОСТ 17.5.4.01-84. Охрана природы. Рекультивация земель. Метод определения рН водной вытяжки вскрышных и вмещающих пород. М., 1984.
15. Окультуривание и повышение плодородия почв лесных питомников Европейской части России (Федеральная служба лесного хозяйства России, М., 1994) [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/9013020>.
16. Бухарина И.Л., Кузьмина А.М., Кузьмин П.А. Особенности содержания танинов в листьях древесных растений в техногенной среде // Химия растительного сырья. 2015. №4. С. 71–76. DOI: 10.14258/jcprm.201504711.
17. Севастьянова Ю.В., Фетюкова Н.Н., Татарский К.О. Сравнение химического состава экстрактивных веществ сухостойной и здоровой древесины ели приарктических экосистем // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. 2015. №8 (21). С. 14–16.

18. Чернышева О.А., Анашенков С.Ю., Рошин В.И. Состав экстрактивных веществ из проэкстрагированной древесной зелени ели европейской // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2009. №22. С. 148–149.

Поступила в редакцию 22 февраля 2018 г.

После переработки 22 июня 2018 г.

Принята к публикации 25 июня 2018 г.

Для цитирования: Ведерников К.Е., Бухарина И.Л., Загребин Е.А. Содержание экстрактивных веществ в древесине видов рода *Picea* в насаждениях города // Химия растительного сырья. 2018. №4. С. 177–183. DOI: 10.14258/jcprm.2018043770.

*Vedernikov K.E.**, *Buharina I.L.*, *Zagrebina E.A.* THE CONTENT OF EXTRACTIVES IN THE WOOD SPECIES OF THE GENUS *PICEA* IN THE PLANTINGS OF THE CITY

Udmurt State University, ul. Universitetskaya 1, Izhevsk 426034 (Russia), e-mail: wke-les@rambler.ru

Extractive substances have biological activity, which may indicate their relationship with the formation of plant resistance to adverse factors. The article presents materials on the study of the content of extractives in *Picea obovata* L. and *Picea pungens* Engelm. in an urban environment. An assumption about the variability of the content of their participation in adaptive processes under conditions of technogenic stress. The total content of extractives in the wood of plants was determined by hot extraction of alcohol-toluene mixture in the apparatus of soxlet. The data obtained were statistically processed. As a result of the conducted researches the peculiarities of the content of extractive substances in the introduced *P. pungens* species are revealed. For this species, a higher content of extractives was observed in the conditions of increasing anthropogenic load. The greatest maintenance is noted in a residential zone of the city. In aboriginal species *P. obovata* although there is a higher content of extractives in urban areas in comparison with the control zone, however, statistically significant differences were not revealed. The most volatile content of extractives in *Picea pungens* varies from 4.2 to 84%. From *Picea obovata* index varies from 26.2 to 43.2%.

Keywords: *Picea obovata*, *Picea pungens*, extractives, coniferous plants, spruce, sustainability, resin.

* Corresponding author.

References

1. Korotkov S.A., Stonozhenko L.V., Yerasova Ye.V., Ivanov S.K. *Vestnik MGUL – Lesnoy vestnik*, 2014, no. 4, pp. 13–22. (in Russ.).
2. Maslov A.D. *Koroyed-tipograf i usykhaniye yelovykh lesov*. [Bark beetle and drying out of spruce forests]. Moscow, 2010, 138 p. (in Russ.).
3. Malakhova Ye.G., Krylov A.M. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN*, 2012, vol. 14, no. 1–8, pp. 1975–1978. (in Russ.).
4. Alyab'yev A.F. *Vestnik MGUL – Lesnoy vestnik*, 2013, no. 6 (98), pp. 159–166. (in Russ.).
5. Martynenko O.V., Karminov V.N., Ontikov P.V., Shchepashchenko D.G., Baranenkova A.A. *Lesnoy vestnik. Forestry Bulletin*, 2016, vol. 20, no. 5, pp. 147–153. (in Russ.).
6. Bukharina I.L., Pashkova A.S., Vedernikov K.Ye., Koval'chuk A.G., Pashkov Ye.V. *Bioekologicheskiye osobennosti khvoynykh rasteniy v usloviyakh gorodskoy sredy: uchebno-nauchnoye izdaniye (monografiya)*. [Bioecological features of coniferous plants in the urban environment: educational and scientific publication (monograph)]. Izhevsk, 2015, 152 p. (in Russ.).
7. Bukharina I.L., Vedernikov K.E., Pashkova A.S. *Contemporary Problems of Ecology*, 2016, vol. 9, no. 7, pp. 853–862. DOI: 10.1134/S1995425516070027.
8. Obolenskaya A.V., Yel'nitskaya Z.P., Leonovich A.A. *Laboratornyye raboty po khimii drevesiny i tsellyulozy: Uchebnoye posobiye dlya vuzov*. [Laboratory work on the chemistry of wood and pulp: A manual for universities]. Moscow, 1991, 320 p. (in Russ.).
9. Babkin V.A. *Innovatika i ekspertiza*, 2017, no. 2(20), pp. 210–223. (in Russ.).
10. *GOST 17.4.3.01-83. Okhrana prirody. Pochvy. Obshchiye trebovaniya k otboru prob*. [GOST 17.4.3.01-83. Protection of Nature. The soil. General requirements for sampling]. M., 1983. (in Russ.).
11. Bol'shakov V.A. i dr. *Metodicheskiye rekomendatsii po otsenke zagryaznenosti gorodskikh pochv i snezhnogo pokrova tyazhelyimi metallami*. [Methodological recommendations on the assessment of pollution of urban soils and snow cover with heavy metals]. Moscow, 1999, 31 p. (in Russ.).
12. *Metodicheskiye ukazaniya po otsenke gorodskikh pochv pri razrabotke gradostroitel'noy i arkhitekturno-stroitel'noy dokumentatsii*. [Guidelines for the assessment of urban soils in the development of urban planning and architectural documentation]. Moscow, 1996, 36 p. (in Russ.).
13. *GOST 26483-85. Pochvy. Prigotovleniye solevoy vytyazhki i opredeleniye yeye pH po metodu TSINAO*. [GOST 26483-85. The soil. Preparation of salt extract and determination of its pH according to the method of ZINA]. Moscow, 1985. (in Russ.).
14. *GOST 17.5.4.01-84. Okhrana prirody. Rekul'tivatsiya zemel'. Metod opredeleniya rN vodnoy vytyazhki vskryshnykh i vmeshchayushchikh porod*. [GOST 17.5.4.01-84. Protection of Nature. Reclamation of land. Method for determining the pH of the aqueous extract of overburden and host rocks]. Moscow, 1984. (in Russ.).
15. *Okul'turivaniye i povysheniye plodorodiya pochv lesnykh pitomnikov Yevropeyskoy chasti Rossii (Federal'naya sluzhba lesnogo khozyaystva Rossii, M., 1994)* [Cultivation and improvement of soil fertility in nursery forests of the European part of Russia (Federal Forest Service of Russia, Moscow, 1994)]. [Electronic resource]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/9013020>. (in Russ.).
16. Bukharina I.L., Kuz'mina A.M., Kuz'min P.A. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2015, no. 4, pp. 71–76. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcpm.201504711.
17. Sevast'yanova YU.V., Fetyukova N.N., Tatarskiy K.O. *Sovremennaya nauka: aktual'nyye problemy i puti ikh resheniya*, 2015, no. 8 (21), pp. 14–16. (in Russ.).
18. Chernysheva O.A., Anashenkov S.Yu., Roshchin V.I. *Aktual'nyye problemy lesnogo kompleksa*, 2009, no. 22, pp. 148–149. (in Russ.).

Received February 22, 2018

Revised June 22, 2018

Accepted June 25, 2018

For citing: Vedernikov K., Buharina I., Zagrebin E. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2018, no. 4, pp. 177–183. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcpm.2018043770.

