

Растениеводство Crop production

DOI 10.22363/2312-797X-2020-15-4-325-334
УДК 630.181.3:581.1

Научная статья / Research article

Изучение особенностей водного режима и пылеудерживающей способности культур *Betula pendula* Roth. в Северном Казахстане

А.Н. Кабанов^{1*}, С.А. Кабанова¹, М.А. Данченко², И.С. Кочегаров¹

¹Казахский научно-исследовательский институт лесного хозяйства и агролесомелиорации,
г. Щучинск, Казахстан

²Томский государственный университет, г. Томск, Российская Федерация
*ankabn@mail.ru

Аннотация. Цель исследований — определение водного режима и выявление характера пылеудерживающей способности ассимиляционного аппарата искусственных березовых насаждений в зеленой зоне г. Нур-Султана (Северный Казахстан). Объект исследований — 16-летние лесные культуры *Betula pendula* Roth., часть которых была пересажена в 8-летнем возрасте в межкулисное пространство. Рассмотрены некоторые особенности водного режима лесных культур для определения адаптационной способности к почвенно-климатическим условиям произрастания. Изучены интенсивность транспирации листьев, относительное содержание воды в листьях, уровень водного дефицита. При выполнении наблюдений установлено, что на пробных площадях в пересаженных и непересаженных культурах нет достоверного различия между показателями водного режима, поэтому результаты исследований приведены без учета особенностей места закладки пробных площадей. Выявлена высокая водоудерживающая способность листьев рассматриваемых культур, которая составила 96,98 %. Интенсивность транспирации в среднем за вегетационный период была в пределах 176 мг/г·ч, при этом наибольший средний показатель интенсивности транспирации (229 мг/г·ч) выявлен в июле, наименьший — в августе (162 мг/г·ч). Сделан вывод о слабой интенсивности испарения влаги листьями, что говорит о низком водном дефиците рассматриваемых культур, который составил 8,96 % при полном насыщении листа влагой. При определении соотношения осевшей пыли и площади листьев березы повислой установлено, что на единицу площади ассимиляционного аппарата (1 см²) в среднем по пробным площадям оседает 0,1 мг пыли. При определении количества осевшей пыли выявлено, что на высоком местоположении на единицу площади ассимиляционного аппарата оседает пыли больше, чем на низком. Наибольшее количество пыли (0,117 мг/см²) осаживалось на отдаленности в 1000 м от автомагистрали, наименьшее (0,091 мг/см²) — на расстоянии

© Кабанов А.Н., Кабанова С.А., Данченко М.А., Кочегаров И.С., 2020



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/1>

200 м. На данный факт повлияли особенности рельефа местности и наличие защитной полосы перед культурами березы. При проведении исследований установлено, что большая площадь листа не является гарантией лучшей пылеудерживающей способности.

Ключевые слова: *Betula pendula* Roth., транспирация, водный дефицит, пылеудерживающая способность

Заявление о конфликте интересов:

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

История статьи:

Поступила в редакцию: 13 февраля 2020 г. Принята к публикации: 2 июня 2020 г.

Для цитирования:

Кабанов А.Н., Кабанова С.А., Данченко М.А., Кочегаров И.С. Изучение особенностей водного режима и пылеудерживающей способности культур *Betula pendula* Roth. в Северном Казахстане // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2020. Т. 15. № 4. С. 325—334. doi: 10.22363/2312-797X-2020-15-4-325-334

Water regime and dust retention capacity of silver birch *Betula pendula* Roth. in Northern Kazakhstan

Andrey N. Kabanov^{1*}, Svetlana A. Kabanova¹, Matvey A. Danchenko²,
Igor S. Kochegarov¹

¹Kazakh Research Institute of Forestry and Agroforestry, Shchuchinsk, Kazakhstan

²Tomsk State University, Tomsk, Russian Federation

*Corresponding author: ankabn@mail.ru

Abstract. The purpose of the research was to determine the water regime and identify the nature of dust retention capacity of assimilation apparatus in artificial birch stands in green zone of Nur-Sultan (Northern Kazakhstan). The objects of the research were 16-year-old *Betula pendula* Roth. forest crops, some of which were transplanted at the age of 8 into the interrow space. Some water regime features of forest crops were considered to determine their adaptive ability to soil and climatic conditions. The intensity of leaf transpiration, relative water content in leaves, and water deficiency were studied. When making observations, it was found that there was no reliable difference between the water regime indicators in the sample areas in transplanted and non-transplanted crops. So, the results of the research are presented without taking into account peculiarities of the sample area location. A high water-holding capacity of the plant leaves was revealed, it amounted 96.98 %. The average transpiration rate during the growing season was 176 mg/g · h, with the highest average transpiration rate (229 mg/g · h) detected in July, and the lowest in August (162 mg/g · h). The data obtained showed weak intensity of moisture evaporation by leaves. This indicates a low water deficit of the plants, which was 8.96 % after leaf was fully saturated with moisture. Ratio of retained dust and leaf area of silver birch showed that 1 cm² of assimilation apparatus accumulated on average 0.1 mg of particulate matter. The amount of dust revealed that at a high location, more particulate matter is accumulated per unit area of assimilation apparatus than at a low location. The largest amount of dust (0.117 mg/cm²) was deposited at a distance of 1000 meters from the highway, and the smallest amount (0.091 mg/cm²) — at a distance of 200 meters. Topographic features and presence of protective birch strip influenced this fact. The research revealed that a large leaf area is not a guarantee of high dust retention capacity.

Keywords: *Betula pendula* Roth., transpiration, water deficiency, dust retention capacity

Conflicts of interest. The authors declared no conflicts of interest.

Article history:

Received: 13 February 2020. Accepted: 2 June 2020

For citation:

Kabanov AN, Kabanova SA, Danchenko MA, Kochegarov IS. Water regime and dust accumulation capacity of silver birch *Betula pendula* Roth. in Northern Kazakhstan. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2020; 15(4):325—334. (In Russ). doi: 10.22363/2312–797X-2020–15–4–325–334

Введение

Значимость зеленых насаждений при развивающейся инфраструктуре современных мегаполисов не вызывает сомнения. Многими авторами приводится полезность зеленых насаждений в условиях городской среды, промышленных предприятий, фермерских хозяйств. Зеленые насаждения выполняют санитарно-гигиенические, декоративно-планировочные функции для городской среды [1]. В искусственных насаждениях постепенно формируется лесная среда, образуется плодородный слой почвы, создается благоприятный микроклимат для роста растений. Известно, что зеленые насаждения уменьшают вредную концентрацию находящихся в воздухе токсичных газов, пыли, защищают почву от перегрева, испаряют в воздух большое количество влаги, создают воздушные потоки и значительно снижают уровень шума [2, 3]. Но не все растения обладают высокими фильтрующими способностями, и это необходимо учитывать при подборе ассортимента пород для создания зеленых насаждений. Изучение водного режима растений продолжает вызывать большой интерес у исследователей. Проблемы засухоустойчивости, водного режима и физиологии растений привлекает внимание ученых по всему миру [4, 5]. Изучается зависимость водного потенциала от климатических условий местопроизрастания создаваемых культур [6], влияние на произрастание в условиях антропогенного воздействия [7]. В условиях резко-континентального климата с малоснежными зимами и засушливым летом для казахстанских исследователей остается актуальной задача внедрения засухоустойчивых древесных пород, а также наблюдение и улучшение продуктивности уже созданных, способных выполнять основные возлагаемые на них функции.

Цель исследований — определение водного режима и выявление характера пылеудерживающей способности ассимиляционного аппарата искусственных березовых насаждений в зеленой зоне г. Нур-Султана (Северный Казахстан).

Материалы и методы

Объектом наблюдений выбраны 16-летние лесные культуры *Betula pendula* Roth., часть которых была пересажена в 8-летнем возрасте в межкулисное пространство. Культуры березы повислой располагаются в зеленой зоне г. Нур-Султана, в Есильском районе, вблизи Коргалжинского шоссе, которое и является источником загрязнения. Здесь присутствуют вредные выбросы систем внутреннего сгорания при движении автотранспорта (CO_2), поскольку довольно эффективным средством борьбы с данной проблемой признано создание полос зеленых насаждений [8, 9], это и было сделано. В 2011 г. в данных культурах проведено прореживание методом выкопки деревьев из первых рядов рядом расположенных кулис с последующей посадкой в межкулисные пространства крупномерным посадочным материалом [10]. В связи с этим пробные площади были разделены на непересаженные и пересаженные, а с учетом особенностей рельефа — на местопроизрастание высокое и низкое. Всего были заложены четыре пробные площади (ПП) размером 16×48 м.

Климат района наблюдений — резко-континентальный, среднегодовая температура воздуха в 2019 г. составила 4,9 °С, относительная влажность воздуха — 67 %, наименьшая влажность наблюдалась в июне — 53 % [11].

Приоритетным направлением исследований являлось изучение водного баланса растений в условиях недостаточного водоснабжения, так как лесные культуры березы повислой выращиваются без полива в достаточно сухих условиях произрастания. Основу водного баланса растений составляет соотношение между поступлением воды из почвы и ее расходом — транспирацией. Непрерывное поглощение требуемого объема влаги и расходование ее при транспирации имеет существенное значение для роста и более того, выживания растения [12]. В связи с этим интенсивность транспирации необходимо изучать как один из наиболее важных физиологических процессов, определяющих продуктивность насаждений [13]. Устойчивость растений к отрицательным экологическим факторам определяли по следующим методикам [14]. Для определения транспирирующей способности листьев березы повислой, водного насыщения и содержания воды образцы листовых пластинок брали из средней и нижней части кроны, с вегетационного побега, предшествующего году исследования, как наиболее полно развитого по морфологическим признакам материала. Сбор материалов для исследований осуществляли в конце каждого месяца вегетационного периода (июнь-август), в утренние, полуденные и вечерние часы. По методу быстрого взвешивания Л.А. Иванова [15] проводили измерения интенсивности транспирации. В полевых условиях взвешивание выполнялось при помощи торсионных весов марки ВТ-500 с точностью измерения до 1 мг. Первое взвешивание проводили непосредственно после отделения листовой пластинки от побега, а второе — по истечении 3 мин после первого при выдерживании образца на рассеянном свете.

Интенсивность транспирации рассчитывали по формуле

$$ИТ = \frac{(M1 - P2)60}{M1 \cdot 3} 1000, \quad (1)$$

где ИТ — интенсивность транспирации; M1 — масса листа сразу после снятия с побега, мг; P2 — масса листа после 3-минутного подсушивания, мг.

Для определения водного дефицита образцы листовых пластинок взвешивали сразу после отделения от побега, затем помещали в емкости с водой для полного насыщения водой и по истечении 120 мин взвешивали повторно. Затем образцы высушивали полностью и получали третий требуемый показатель. Водный дефицит рассчитывали по формуле

$$ВД = \left(\frac{M1 - H}{M1 - M} \right) 100 \% \quad (2)$$

где ВД — водный дефицит, %; M1 — масса листа сразу после снятия с побега, мг; H2 — масса листа после 2-часового насыщения, мг; M3 — масса абсолютно сухого листа, мг.

Относительное содержание воды определяли по формуле

$$\text{ОСВ} = \frac{M1 - M3}{M2 - M3} 100 \%, \quad (3)$$

где ОСВ — относительное содержание воды в листьях, %; M1 — масса листа сразу после снятия с побега, мг; M2 — масса листа после 2-часового насыщения, мг; M3 — масса абсолютно сухого листа, мг.

Как известно, водный дефицит проявляется при недостаточном обеспечении вегетативных органов растений водой, когда интенсивность транспирации превышает ее поступление из корневой системы [16]. Достаточное водоснабжение является обязательным критерием правильного обмена веществ в организме. Внешние признаки завядания не могут служить показателями нарушения водного баланса, для этого в экологических исследованиях целесообразнее вычислять дефицит водного насыщения и относительное содержание воды в растении.

При условии, когда транспирационные потери превышают количество поступающей воды к корням, возникает водный дефицит, уменьшение роста и прироста, завядание, снижение фотосинтеза и в целом ухудшение жизнедеятельности, что в дальнейшем влечет снижение продуктивности, устойчивости и возможную гибель растения. Выявлено, что на величину транспирации в значительной мере влияет влажность почвы — с уменьшением содержания влаги в почве соответственно уменьшается и величина транспирации.

Пылеулавливающая способность определялась по количеству пыли, осевшей на листьях. Для этого после сбора листья помещали в емкость с 50 мл воды, где происходило смывание пыли. Затем на заранее взвешенный лист фильтровальной бумаги сливали воду с пылью. После полной фильтрации фильтр высушивали и взвешивали повторно. По разнице в массе определяли количество загрязнений на листьях. Удельную пылеемкость вычисляли как отношение массы пыли к площади листьев. Площадь ассимиляционного аппарата вычисляли весовым способом. Для этого взвешивают квадрат из кальки размером 10×10 см, контур листа переводят на кальку, вырезают и повторно взвешивают. Далее по пропорции рассчитывают площадь листа.

Результаты исследований и обсуждение

Удержание растениями накопленной в своем теле влаги в течение определенного времени характеризуется водоудерживающей способностью. Водоудерживающая способность напрямую зависит от скорости испарения воды из тканей, что в свою очередь определяется строением цитоплазмы. Следовательно, чем продолжительнее растение может выносить обезвоживание, тем выше его водоудерживающая способность [7, 17]. В табл. 1 приведены полученные в результате исследований данные. При выполнении наблюдений установлено, что на пробных площадях в пересаженных и непересаженных культурах нет достоверного различия ($t_{\phi} = 1,50 < t_{01} = 1,65$) между показателями водного режима, поэтому результаты исследований приведены без учета особенностей места закладки пробных площадей. Можно предположить, что пересадка деревьев не повлияла на существенные изменения водного обмена в растениях.

Таблица 1

Показатели водного обмена березы повислой

Показатели	Значения
Относительное содержание воды, %	61,85
Водопотеря, %	3,02
Интенсивность транспирации, мг/г·ч	176
Водный дефицит, %	8,96
Водоудерживающая способность, %	96,98
Коэффициент водоудерживающей способности, %	28,38
Водоёмкость, %	56,58

Table 1

Water metrics of *Betula pendula* Roth.

Indicators	Values
Relative water content, %	61.85
Water loss, %	3.02
Transpiration rate, mg /g·h	176
Water deficit, %	8.96
Water holding capacity, %	96.98
Water retention coefficient, %	28.38
Water capacity, %	56.58

Выявлено, что береза обладает высокой водоудерживающей способностью в условиях засушливого климата — 96,98 %, листья березы повислой за 1 час теряли воду только на 3,02 %. Полученные данные подтверждают значениями коэффициента водоудерживающей способности и говорят о высокой приспособленности растений к потерям воды. Следует отметить, что в июне выпало наибольшее количество осадков за весь вегетационный период (64 мм) при среднемесячной температуре воздуха +17,5 °С, в зависимости от данных факторов был выявлен наименьший показатель водного дефицита культур березы — 8,38 %. Средний показатель водного дефицита за вегетационный период составил 8,96 %. Листья березы повислой в среднем содержали 61,85 % воды.

Для различных пород деревьев имеются видовые особенности их транспирирующей способности, связанные со строением устьиц, их размером и числом. Как известно, интенсивность транспирации не только варьирует в пределах суток, но и изменяется в течение всего вегетационного периода. При анализе транспирирующей способности березы повислой наибольший средний показатель интенсивности транспирации (229 мг/г·ч) был выявлен в июле, наименьший — в августе (162 мг/г·ч). В среднем за вегетационный период величина интенсивности транспирации культур березы повислой составила 176 мг на грамм сухого вещества в час. Полученные данные указывают на низкую транспирирующую способность культур березы повислой.

Ассимиляционный аппарат березы повислой обладает высокой водоемкостью (56,58 %) и характеризуется максимальной способностью насыщения листьев водой. Данный показатель коррелирует с активностью воды в тканях растений, следовательно, береза повислая характеризуется наиболее высокой жизнедеятельностью.

Свойство деревьев аккумулировать пыль зависит от особенностей листового аппарата и зависит от их биологических особенностей: опушенности листа, клейкости, наличия воскового налета, а так же климатических факторов: количества и характера выпадающих осадков, ветрового режима и др. [18, 19]. Например, у клена татарского с большей площадью листьев пыли собиралось меньше, чем у березы. Следовательно, размеры ассимиляционного аппарата не влияют на скопление пыли, в большей мере ее количество зависит от отдаленности от источника загрязнения и густоты культур. Это подтверждается исследованиями других ученых.

Определена пылеудерживающая способность листьев березы повислой (табл. 2). Выявлено, что на низком местоположении (200 м от Коргалжинского шоссе) оседало 1,60 мг пыли на 13,78 см² (10 листьев). В расположенных в более отдаленном месте насаждениях листья березы собирали 1,71 мг пыли на 18,8 см². При выявлении соотношения осевшей пыли и площади листьев установлено, что на высоком местоположении на единицу площади ассимиляционного аппарата оседает пыли больше, чем на низком. Но следует отметить при этом, что на листьях пересаженных деревьев пыли оседало больше, чем у не пересаженных. На это могло повлиять более редкое расположение деревьев на площади. Среднее значение данного показателя без учета площади листьев было примерно одинаково на обоих местоположениях. Возможно, большее накопление пыли на верхнем местоположении обусловлено более открытым местом, в то время как в нижнем местоположении посадки закрыты от автомобильной трассы плотными рядами тополей.

Таблица 2

**Содержание пыли на ассимиляционном аппарате березы повислой
в лесных культурах**

Наименование породы	Площадь ассимиляционного аппарата, см ²	Показатели		Местонахождение участка
		Масса удержанной пыли, мг	Удельная пылеемкость, мг/см ²	
Береза повислая	18,80	1,7109	0,091	200 м от трассы
Береза повислая	13,78	1,6055	0,117	1000 м от трассы

Table 2

Dust content on *Betula pendula* Roth. assimilation apparatus in forest crops

Species	Area of assimilation apparatus, cm ²	Indicators		Site location
		Mass of retained dust, mg	Dust retention capacity mg/cm ²	
<i>Betula pendula</i> Roth.	18.80	1.7109	0.091	200 m from highway
<i>Betula pendula</i> Roth.	13.78	1.6055	0.117	1000 m from highway

Заключение

На основании полученных данных установлено, что береза обладает высокой водоудерживающей способностью в условиях засушливого климата — 96,98 %. По результатам исследований водного дефицита в культурах березы повислой выявлено не было, приведенные показатели для данной породы находятся в пределах нормы. За вегетационный период средний показатель водного дефицита составил 8,96 %.

Пылеудерживающая способность листьев березы повислой составила в среднем 0,1 мг/см². Выявлено, что размеры листовой пластинки растений не влияют на количество удерживания ими пыли. У березы повислой при меньшей площади листа пыли оседало больше, чем у образцов ассимиляционного аппарата клена татарского, взятых в аналогичных условиях и характеризующихся большей площадью листьев.

Библиографический список

1. *Беляева Ю.В.* Показатели флуктуирующей асимметрии *Betula pendula* Roth., в условиях антропогенного воздействия (на примере г.о. Тольятти) // Известия Самарского НЦ РАН. 2013. Т. 15. № 3 (7). С. 2196—2200.
2. *Бульгин Н.Е., Ярмишко В.Т.* Дендрология. М. : МГУЛ, 2003. 528 с.
3. *Татарникова В.Ю., Дашиева О.* Древесные растения и городская среда // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2009. № 23. С. 191—194.
4. *Lutter R., Tullus A., Kanal A., Tullus T., Vares A., Tullus H.* Growth development and plant—soil relations in midterm silver birch (*Betula pendula* Roth.) plantations on previous agricultural lands in hemiboreal Estonia // European Journal of Forest Research. 2015. № 134(4). P. 653—667. doi: 10.1007/s10342-015-0879-x
5. *Daugaviete M., Korica A.M., Silins I., Barsevskis A., Bardulis A., Bardule A., Spalvis K., Daugavietis M.* The use of mineral nutrients for biomass production by young birch stands and stands vitality in different forest growing conditions // Journal of Environmental Science and Engineering. 2015. В 4. P. 177—189. doi: 10.17265/2162-5263/2015.04.002
6. *Сенькина С.Н.* Водный потенциал ассимиляционного аппарата хвойных, как мера активности и состояния воды в растении // Вестник ИБ КОМИ НЦ УрО РАН. 2018. № 1 (203). С. 39—44.
7. *Беляева Ю.В.* Результаты исследования водоудерживающей способности листовых пластинок *Betula pendula* Roth., произрастающей в условиях антропогенного воздействия (на примере г. Тольятти) // Изв. Самар. НЦ РАН. 2014. Т. 16. № 5 (5). С. 1654—1659.
8. *Сергейчик С.А.* Газопоглотительная способность растений и аккумуляция в них элементов промышленных загрязнений // Оптимизация окружающей среды средствами озеленения. Минск : Наука и техника, 1985. С. 68—75.
9. *Данченко М.А.* Система лесоводственных мероприятий по повышению рекреационной емкости и устойчивости городских лесов // Вестник Томского государственного университета. 2011. № 347. С. 156—158.
10. *Кабанова С.А., Нысанбаев Е.Н., Данченко М.А., Кабанов А.Н.* Итоги опытно-производственных работ по пересадке деревьев в межкулисные пространства и введению хвойных интродуцентов в зеленой зоне г. Астаны // Успехи современного естествознания. 2016. № 9. С. 56—61.
11. Погода и климат. Режим доступа: <http://www.pogodaiklimat.ru/climate/35188.htm>
12. *Бюсген М.* Строение и жизнь наших лесных деревьев. М. : Гослесбумиздат, 1961. 424 с.
13. *Лир Х., Польстер Г., Фидлер Г.И.* Физиология древесных растений. М. : Лесная промышленность, 1974. 424 с.
14. *Кентбаева Б.А.* Методология научных исследований. Алматы : Нур-Принт, 2014. 209 с.
15. *Иванов Л.А., Силина А.А., Цельникер Ю.Л.* О методе быстрого взвешивания для определения транспирации в естественных условиях // Ботанический журнал. 1950. Т. 35. № 2. С. 171—185.

16. Пахомова Г.И., Безуглов В.К. Водный режим растений. Казань : Изд-во Казан. ун-та, 1980. 249 с.
17. Кавеленова Л.М. Проблемы организации системы фитомониторинга городской среды в условиях лесостепи. Самара : Универс групп, 2006. 223 с.
18. Бессонова В.П. Эффективность осаждения пылевых частиц листьями древесных и кустарниковых растений // Вопросы защиты природной среды и охрана труда в промышленности. Днепропетровск : ДГУ, 1993. С. 34—37.
19. Канелюш Н.В., Бессонова В.П. Пилоосаджуюча роль *Platanus orientalis* й *Platanus acerifolia* у насаджених санітарно-гігієнічного призначення // Науковий вісник Чернівецького університету: Збірник наукових праць. Вип. 343: Біологія. 2007. С. 88—97.

References

1. Belyaeva YV. Indicators of fluctuating asymmetry *Betula pendula* Roth. under anthropogenic impact (Tolyatti case). *Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2013; 15(3-7):2196—2200. (In Russ).
2. Bulygin NE, Yarmishko VT. *Dendrologiya* [Dendrology]. 2nd ed. Moscow: MGUL publ.; 2003. (In Russ).
3. Tatarnikova VY, Dashieva O. Woody plants and urban environment. *Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa*. 2009; (23):191—194. (In Russ).
4. Lutter R, Tullus A, Kanal A, Tullus T, Vares A, Tullus H. Growth development and plant—soil relations in midterm silver birch (*Betula pendula* Roth) plantations on previous agricultural lands in hemiboreal Estonia. *European Journal of Forest Research*. 2015; 134(4):653—667. doi: 10.1007/s10342-015-0879-x
5. Daugaviete M, Korica AM, Silins I, Barsevskis A, Bardulis A, Bardule A, et al. The use of mineral nutrients for biomass production by young birch stands and stands vitality in different forest growing conditions. *Journal of Environmental Science and Engineering*. 2015; B4:177—189. doi: 10.17265/2162-5263/2015.04.002
6. Senkina SN. Water potential of the assimilation apparatus of coniferous as the measure of water activity and condition of water in plant. *Vestnik Insituta biologii Komi NC UrO RAN*. 2018; (1):39—44. (In Russ). doi: 10.31140/j.vestnikib.2018.1(203).11
7. Belyaeva YV. Results water-holding capacity of the leaf blades *Betula pendula* Roth., growing under anthropogenic impact (Tolyatti case). *Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2014; 16(5-5):1654—1659. (In Russ).
8. Sergeichik SA. Gas absorption capacity of plants and the accumulation of elements of industrial pollution in them. In: *Optimizatsiya okruzhayushchei sredy sredstvami ozeleneniya* [Environmental optimization by means of gardening]. Minsk: Nauka i tekhnika publ.; 1985. p.68—75. (In Russ).
9. Danchenko MA. System of forestry measures to increase the recreational capacity and sustainability of urban forests. *Tomsk State University Journal*. 2011; (347):156—158. (In Russ).
10. Kabanova SA, Nyisanbaev EN, Danchenko MA, Kabanov AN. The results of pilot production work on transplanting trees into inter-backyard spaces and introducing coniferous introducers in the green zone of Astana. *Advances in current natural sciences*. 2016; (9):56—61. (In Russ).
11. *Pogoda i klimat*. Available from: <http://www.pogodaiklimat.ru/climate/35188.htm> [Accessed 11th February 2020]. (In Russ).
12. Byusgen M. *Stroenie i zhizn' nashikh lesnykh derev'ev* [Structure and life of our forest trees]. Moscow: Goslesbumizdat publ.; 1961. (In Russ).
13. Lir K, Polster G, Fidler GI. *Fiziologiya drevesnykh rastenii* [Physiology of woody plants]. Moscow: Lesnaya promyshlennost' publ.; 1974. (In Russ).
14. Kentbaeva BA. *Metodologiya nauchnykh issledovaniy* [Research Methodology]. Almaty: Nur-print publ.; 2014. (In Russ).
15. Ivanov LA, Silina AA, Tselniker YL. Fast weighing method for determining transpiration in vivo. *Botanicheskii zhurnal*. 1950; 35(2):171—185. (In Russ).
16. Pahomova GI, Bezuglov VK. *Vodnyi rezhim rastenii* [Water regime of plants]. Kazan: KFU publ.; 1980. (In Russ).
17. Kavelenova LM. *Problemy organizatsii sistemy fitomonitoringa go-rodskoi sredy v usloviyakh lesostepi* [Problems of organizing a phytomonitoring system for forest-steppe urban environment]. Samara: Univers-grupp publ.; 2006. (In Russ).
18. Bessonova VP. Efficiency of dust deposition by leaves of trees and shrubs. In: *Voprosy zashchity prirodnoi sredy i okhrana truda v promyshlennosti* [Environmental protection and labor protection in industry]. Dnepropetrovsk: DGU publ.; 1993. p.34—37. (In Russ).
19. Kapelyush NV, Bessonova VP. Dust-deposition role of *Platanus orientalis* and *Platanus acerifolia* in sanitary plantations. *Naukovii visnik Chernivets'kogo universitetu: Zbirnik naukovikh prats' . Vypusk 343: Biologiya*. Chernovtsy; 2007; p.88—97. (In Ukr).

Об авторах:

Кабанов Андрей Николаевич — магистр экологии, научный сотрудник отдела воспроизводства лесов и лесоразведения, Казахский научно-исследовательский институт лесного хозяйства и агролесомелиорации, Казахстан, 021704, Акмолинская обл., г. Щучинск, ул. Кирова, д. 58; e-mail: ankabn@mail.ru

Кабанова Светлана Анатольевна — кандидат биологических наук, зав. отделом воспроизводства лесов и лесоразведения, Казахский научно-исследовательский институт лесного хозяйства и агролесомелиорации, Казахстан, 021704, Акмолинская обл., г. Щучинск, ул. Кирова, д. 58; e-mail: Kabanova.05@mail.ru

Данченко Матвей Анатольевич — кандидат географических наук, доцент кафедры лесного хозяйства и ландшафтного строительства, Биологический институт, Томский государственный университет, Российская Федерация, 634050, г. Томск, ул. Ленина, д. 36; e-mail: mtd2005@sibmail.com

Кочегаров Игорь Сергеевич — младший научный сотрудник отдела воспроизводства лесов и лесоразведения, Казахский научно-исследовательский институт лесного хозяйства и агролесомелиорации, Казахстан, 021704, Акмолинская обл., г. Щучинск, ул. Кирова, д. 58; e-mail: garik_0188@mail.ru

About authors:

Kabanov Andrey Nikolaevich — Master of Ecology, Researcher, Department of Forest Reproduction and Afforestation, Kazakh Research Institute of Forestry and Agroforestry, 58, Kirova st., Shchuchinsk, Akmola region, 021704, Kazakhstan; e-mail: ankabn@mail.ru

Kabanova Svetlana Anatolyevna — Candidate of Biological Sciences, head of Department of Forest Reproduction and Afforestation, Kazakh Research Institute of Forestry and Agroforestry, 58, Kirova st., Shchuchinsk, Akmola region, 021704, Kazakhstan; e-mail: Kabanova.05@mail.ru

Danchenko Matvey Anatolyevich — Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Department of Forestry and Landscape Construction, Biological Institute, Tomsk State University, 36, Lenina st., Tomsk, 634050, Russian Federation; e-mail: mtd2005@sibmail.com

Kochegarov Igor Sergeevich — junior researcher of the department of reproduction of forests and afforestation, Kazakh Research Institute of Forestry and Agroforestry, 58, Kirova st., Shchuchinsk, Akmola region, 021704, Kazakhstan; e-mail: garik_0188@mail.ru