

Научная статья

УДК 581.1

doi: 10.34655/bgsha.2021.64.3.015

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СОДЕРЖАНИЯ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИХ ПИГМЕНТОВ *JUNIPERUS COMMUNIS* L.

Лидия Александровна Семкина<sup>1</sup>, Елена Александровна Тишкина<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Ботанический сад УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

<sup>2</sup> Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

semkina@botgard.uran.ru

elena.mlob1@yandex.ru

**Аннотация.** Декоративные формы хвойных растений приобретают все большую популярность в современном озеленении. Несмотря на значительный ассортимент этих растений в мировых коллекциях (около 1500 таксонов), на Урале насчитывается всего несколько десятков декоративных форм хвойных видов в ботанических садах, в озеленении же они практически не используются. Жесткие климатические условия Урала сдерживают использование видов и их декоративных форм, интродуцированных из других климатических районов. Изучением исходного местного материала можно расширить набор древесных и кустарниковых видов для интродукции и зеленого строительства на Урале. Исследование фотосинтетического аппарата хвои *Juniperus communis* проведено в природной ценопопуляции в Башкирском заповеднике на горе Башарт, интродукционных ценопопуляциях в лесопарковой зоне УГЛТУ и заповедной части Ботанического сада УрО РАН, созданных в 2007 году. Наилучшими местообитаниями как в природных условиях, так и в культуре, является сосновое редколесье, индекс виталитета почти не различается – 70 и 74 %. В горной степи жизненная форма можжевельника – геоксильный кустарник, в сосновом редколесье и в культуре – в форме одноствольного деревца. Содержание пигментного состава не зависит от возраста особей. Накопление хлорофиллов в горных ценопопуляциях ниже по сравнению с равнинными – 1,26 и 1,61, но в благоприятных условиях в культуре в лесопарковой зоне сумма хлорофиллов составляет 2,04. Различий по содержанию фотосинтетических пигментов между природными и интродукционными ценопопуляциями не имеется. Увеличение суммы хлорофиллов в равнинных ценопопуляциях происходит за счет большего накопления хлорофилла *b*, при этом содержание хлорофилла *a* мало отличается (0,88 и 1,01), также нет различий по содержанию каротиноидов (0,47 и 0,50). Накопление пигментов зависит от условий местообитаний – экологических и эдафических показателей.

**Ключевые слова:** *Juniperus communis* L., фотосинтетические пигменты, местообитание, морфометрические показатели.

Original article

## COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF THE CONTENT OF PHOTOSYNTHETIC PIGMENTS IN *JUNIPERUS COMMUNIS* L.

Lydia A. Semkina<sup>1</sup>, Elena A. Tishkina<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Botanical Garden, Russian Academy of Sciences, Ural Branch, Ekaterinburg, Russia

<sup>2</sup> The Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia

semkina@botgard.uran.ru

elena.mlob1@yandex.ru

**Abstract.** *Decorative forms of coniferous plants are becoming increasingly popular in modern landscaping. Despite the considerable assortment of these plants in world collections (about 1500 taxa) in the Urals, there are only a few dozen decorative forms of coniferous species in botanical gardens, and they are practically not used in landscaping. The harsh climatic conditions of the Urals constrain the use of species and their decorative forms introduced from other climatic regions. By studying the initial local material, it is possible to expand the set of tree and shrub species for introduction and green construction in the Urals. The study of the photosynthetic apparatus of Juniperus communis needles was carried out in the natural cenopopulation in the Bashkir Nature Reserve on Mount Bashart, and in the introduced cenopopulations in the forest park zone of UGLTU and in the protected part of the Botanical Garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, created in 2007. The best habitats, both in natural conditions and in culture, are pine woodlands, the vitality index almost does not differ, 70 and 74 %. In the mountain steppe, the life form of juniper is a geoxyl shrub, in pine woodlands and in culture - in the form of a single-stemmed tree. The content of the pigment composition does not depend on the age of the individuals. The accumulation of chlorophylls in mountain cenopopulations is lower compared to the lowland ones of 1,26 and 1,61, but under favorable conditions in the culture in the forest park zone, the amount of chlorophylls is 2,04. There are no differences in the content of photosynthetic pigments between natural and introduced coenopopulations. The increase in the amount of chlorophylls in lowland cenopopulations is due to a greater accumulation of chlorophyll b, while the content of chlorophyll a differs little (0,88 and 1,01), and there are no differences in the content of carotenoids (0,47 and 0,50). The accumulation of pigments depends on the habitat conditions-ecological and edaphic indicators.*

**Keywords:** *Juniperus communis* L., photosynthetic pigments, habitat, morphometric indicators.

**Введение.** Декоративные формы хвойных растений приобретают все большую популярность в современном озеленении. Анализ мирового опыта декоративного садоводства показал, что к настоящему времени накоплен значительный ассортимент декоративных форм хвойных древесных растений. Несмотря на значительный ассортимент этих растений в мировых коллекциях (около 1500 таксонов), на Урале насчитывается всего несколько десятков декоративных форм хвойных видов в ботанических садах, в озеленении же они практически не используются. Жесткие климатические условия Урала сдерживают использование видов и их декоративных форм, интродуцированных из других климатических районов. Изучением исходного местного материала

можно расширить набор древесных и кустарниковых видов для интродукции и зеленого строительства на Урале. Одним из перспективных хвойных видов для декоративного оформления садов, парков и пригородной зоны является можжевельник обыкновенный (*J. communis* L.) [1]. Наиболее успешно формообразовательный процесс у можжевельника идет на южном пределе уральских бореальных лесов (10 декоративных форм) в Башкирском заповеднике. Оценить интродукционный потенциал вида возможно при непосредственном наблюдении растений в природе и культуре [2]. Для характеристики функционального состояния растений наиболее информативными считаются показатели фотосинтетического аппарата [3, 4, 5], а среди них состав, содер-

жание и соотношение пигментов [6, 7, 8]. Вместе с тем, следует отметить, что исследования фотосинтетического аппарата можжевельника обыкновенного в различных местообитаниях и в культуре является до сих пор малоизученными [9, 10-12]. При интродукции происходят изменения физиологических функций, пластичности, содержания хлорофиллов и каротиноидов – главных фоторецепторов фотосинтезирующей клетки [13].

**Цель работы** – сравнительный анализ пигментного состава и соотношения разных компонентов фотосинтетических пигментов в хвое *Juniperus communis* L. в природных условиях и культуре.

**Объекты и методы исследования.** Исследования и сбор хвои проведены 22 июля 2018 года в природной ценопопуляции на территории Бурзянского района Республики Башкортостан в Башкирском заповеднике на г. Башарт, в интродукционных ценопопуляциях *Juniperus communis* на новой территории сада лечебных культур УГЛТУ и в заповедной части Ботанического сада УрО РАН г. Екатеринбург (табл. 1).

Массив горы Башарт приурочен к южной части средневысотных горных хребтов высотой от 750 до 1034 м над уровнем моря. В районе преобладают светлохвойные леса с господством сосны обыкновенной и лиственницы сибирской, которые на склонах южных экспозиций с широким распространением горных степей образуют редкостойные сообщества [14]. Интродукционные ценопопуляции были созданы в 2007 году в городской черте Екатеринбурга в сосняке разнотравном (фрагмент ценопопуляции (ФЦП) 6) и березняке вейниковом (ФЦП 5). Средняя температура в Башкирском заповеднике в изучаемый год составила  $+3,1^{\circ}\text{C}$  (в январе –  $14,1^{\circ}\text{C}$  и в июле  $+18,6^{\circ}\text{C}$ ), сумма осадков за год – 429 мм, причем за вегетативный период выпали осадки в количестве 249 мм. В Екатеринбурге за тот же период средняя температура года оказалась ниже на  $0,5^{\circ}\text{C}$  в сравнении с другим районом исследования, но сумма осадков за год была больше на 10% (473 мм) и за вегетативный период на 12% (280 мм).

Для более детального экологического анализа пигментного состава в хвое *Juniperus communis* были заложены временные пробные площадки на различных высотных уровнях в переходной зоне лесостепь. Для характеристики местообитания определяли высоту над уровнем моря, тип леса или растительное сообщество, состав древостоя и сомкнутость древесного полога. На пробных площадях 30 x 30 м для каждого можжевельника определяли следующие характеристики: высота растения, диаметр проекции кроны по двум направлениям, жизнённость и онтогенетическое состояние особи по стандартным методикам [15, 16, 17]. Были собраны особи *Juniperus communis* L. двух возрастных категорий: до 50 лет – молодые и свыше 100 лет – старые. Хвою второго года брали в трех биологических повторностях с южной стороны кроны у пяти экземпляров можжевельника. Содержание пигментов определяли в лабораторных условиях в трех аналитических повторностях.

Определение хлорофиллов *a*, *b* и каротиноидов проводили прямым спектрофотометрированием на спектрофотометре Odyssey DR/2500 (HACH, США) в 100%-м ацетоне. Спектрофотометрирование проводили в кювете при длине волны 644, 662 и 440 нм в трех повторностях [18]. Расчеты концентрации каждого пигмента в вытяжке рассчитывали по стандартным формулам [1].

**Результаты и обсуждение.** Можжевельник обыкновенный – очень пластичный вид, легко адаптируется в разных местообитаниях [16]. В исследованных ценопопуляциях в зависимости от условий обитания выявлены различные жизненные формы можжевельника. В горной степи жизненная форма представлена «геоксильным» кустарником, в сосновом редколесье и в культуре – в форме одноствольного деревца. Морфометрические параметры особей по высоте варьируют от 1,34 до 2,76 м, по проекции от 0,11 до 16,50 м<sup>2</sup> и объемом кроны от 0,16 до 13,67 м<sup>3</sup> в зависимости от онтогенетического состояния можжевельника. Положительная корреляция имеется между высотой и объемом кроны ( $r = 0,91$ ,  $p < 0,05$ )

Таблица 1 – Характеристика местообитаний можжевельника обыкновенного

Ценопопуляция	Номер фрагмента ценопопуляции	Тип леса, растительное сообщество	Высота над ур. моря, м	Географические координаты (с.ш., в.д.)	Древостой		Средние климатические характеристики, 2018 г.							Морфометрические показатели можжевельника		
					состав	согнутость крон	среднегодовая температура, °С	сумма осадков, мм	высота снежного покрова, мм	средняя температура июля, °С	средняя температура января, °С	сумма осадков за вегетационный период, мм	высота, м	площадь проекции кроны, м <sup>2</sup>	объем кроны, м <sup>3</sup>	
Башкирская	1	Сосновое	764	53°20', 57°46'	10С	0,2	южноуральская ценопопуляция							1,34±0,12	0,73±0,20	0,35±0,10
	2	редколесье	820				+3,1	429	22,1	+18,6	-14,1	249	1,96±0,22	4,81±0,31	3,08±0,33	
	3	Горная степь					-	-	-	-	-	-	-	2,76±0,11	16,50±0,17	13,67±0,14
	4													1,60±0,28	4,13±0,22	2,98±0,09
X ± mх												1,91±0,18	6,54±0,22	5,02±0,16		
Ботаническая	5	Березняк вейниковый	270	56°50', 60°35'	10Б	0,5	среднеуральская ценопопуляция							1,77±0,12	0,67±0,13	1,22±0,24
							+2,6	473	17,3	+20,9	-18,5	280	1,80±0,14	0,11±0,02	0,16±0,02	
Лесопарковая	6	Сосняк разнотравный			10С	0,7	X ± mх							1,78±0,13	0,39±0,07	0,69±0,13

и площадью кроны ( $r = 0,89$ ,  $p < 0,05$ ). Положительная корреляция отмечена у генеративных особей с высотой  $r = 0,60$ , площадью  $r = 0,84$  и объемом кроны  $r = 0,84$ . Максимальные размеры имеют старые и средние генеративные можжевельники, произрастающие в горной степи (ФЦПЗ).

По индексу жизненного состояния можно оценить наиболее благоприятные для произрастания можжевельника местообитания. Так, в природной популяции в Башкирии, в сосновом редколесье, этот индекс составляет 70% и в культуре сосняка разнотравном – 74% благодаря фитоценотической защите сосны.

В природных условиях у особей можжевельника с увеличением сомкнутости древесного полога увеличивается его плотность ( $r = 0,99$ ,  $p < 0,05$ ), в то же время снижается жизненность генеративных растений, что подтверждает индекс виталитета (40%). А с увеличением численности можжевельника и увеличением внутривидовой конкуренции снижается содержание фотосинтетических пигментов – отрицательные корреляции (хлорофилла  $a$   $r = -0,81$ , хлорофилла  $b$   $r = -0,98$  и каротиноидов  $r = -0,51$ ).

С увеличением географической широты и снижением высоты солнцестояния уровень инсоляции уменьшается. При этом происходят изменения спектрального состава солнечной энергии и соотношения рассеянного и прямого излучения, что отражается на пигментной системе листьев и фотосинтетической продуктивности растений [19]. Согласно исследованиям Т. Г. Масловой и И. А. Поповой [20], у растений, произрастающих в крайне суровых условиях Восточного Памира, низкое содержание фотосинтетических пигментов обусловлено действием неблагоприятных факторов, таких как низкая температура и бедность почв. Эти данные согласуются с исследованиями, полученными в природной популяции Башкирии. Так, сумма хлорофиллов в горной степи составляет 1,26 мг/г, а в сосновом редколесье 1,61, при этом содержание каротиноидов почти одинаково – 0,47 и 0,5 (табл. 2, рис.). Увеличение суммы хлорофиллов

в равнинных ценопопуляциях происходит за счет большего накопления хлорофилла  $b$ , при этом содержание хлорофилла  $a$  мало отличается (0,88 и 1,01). При сравнении суммы хлорофиллов в лесопарковой (2,04) и ботанической (1,13) ценопопуляций констатируем увеличение пигментов почти в 2 раза. Ботаническая ценопопуляция оказалась под кроной крупной березы, вследствие этого можжевельник страдает от недостатка влаги и питательных веществ, что подтверждается низким виталитетом – 57%. Лесопарковая интродукционная ценопопуляция находится под фитоценотической защитой сосняка с оптимальными эдафическими и водными ресурсами. В неблагоприятных условиях для произрастания можжевельника накопление хлорофиллов регулируется наибольшим накоплением хлорофилла  $b$  (0,8 и 0,33), который участвует в светособирающем комплексе фотосистемы II и приспособлении растений. Хлорофилл  $b$  необходим для образования и поддержания многотилакоидных гранхлоропластов для осуществления эффективного фотосинтеза [21], но соотношение хлорофилла  $a$  и хлорофилла  $b$  классическое – у можжевельника в горной ценопопуляции 2,31 и 1,68, в ботанической и лесопарковых ценопопуляциях 2,42 и 1,51, так как хлорофилл  $a$  является основополагающим для жизнедеятельности. Установлено, что содержание пигментного состава не зависит от возраста особей.

Изучены параметры фотосинтетического аппарата *Juniperus communis* в природных условиях в пределах одного горного склона в контрастных условиях обитания – в горной степи и сосновом редколесье в Башкирском заповеднике и в культуре в городской черте г. Екатеринбурга – на новой территории сада лечебных культур УГЛТУ в сосняке разнотравном и березняке вейниковом в заповедной части Ботанического сада УрО РАН. Исследования выявили, что в культуре в сосняке разнотравном можжевельник обыкновенный имеет оптимальные условия для произрастания, что подтверждает высокие значения фотосинтетических пигментов, в то время как в природной це-

**Таблица 2** – Содержание и соотношения разных компонентов фотосинтетических пигментов в хвое можжевельника обыкновенного, мг/г сырого вещества

Номер фрагмента ценопопуляции	Онтогенетическая стадия	Содержание пигментов						Соотношение хлорофилла a/b	Соотношение хлорофиллов/каротиноиды
		хлорофилл a	хлорофилл b	a+b	каротиноиды	сумма пигментов			
1	виргинильные	0,98±0,05	0,61±0,05	1,59±0,10	0,53±0,02	2,12	1,60	3	
2	старые генеративные	1,03±0,06	0,60±0,08	1,63±0,14	0,47±0,02	2,10	1,71	3,46	
	X ± mх	1,01±0,05	0,60±0,06	1,61±0,11	0,50±0,02	2,11	1,68	3,22	
3	виргинильные	0,94±0,04	0,37±0,05	1,31±0,09	0,49±0,01	1,8	2,54	2,67	
4	старые генеративные	0,83±0,05	0,40±0,06	1,23±0,11	0,45±0,02	1,68	2,07	2,73	
	X ± mх	0,88±0,04	0,38±0,05	1,26±0,09	0,47±0,01	1,73	2,31	2,68	
5	молодые генеративные	0,80±0,06	0,33±0,05	1,13±0,11	0,38±0,02	1,51	2,42	2,97	
6	виргинильные	1,23±0,09	0,81±0,11	2,04±0,20	0,45±0,03	2,49	1,51	4,53	

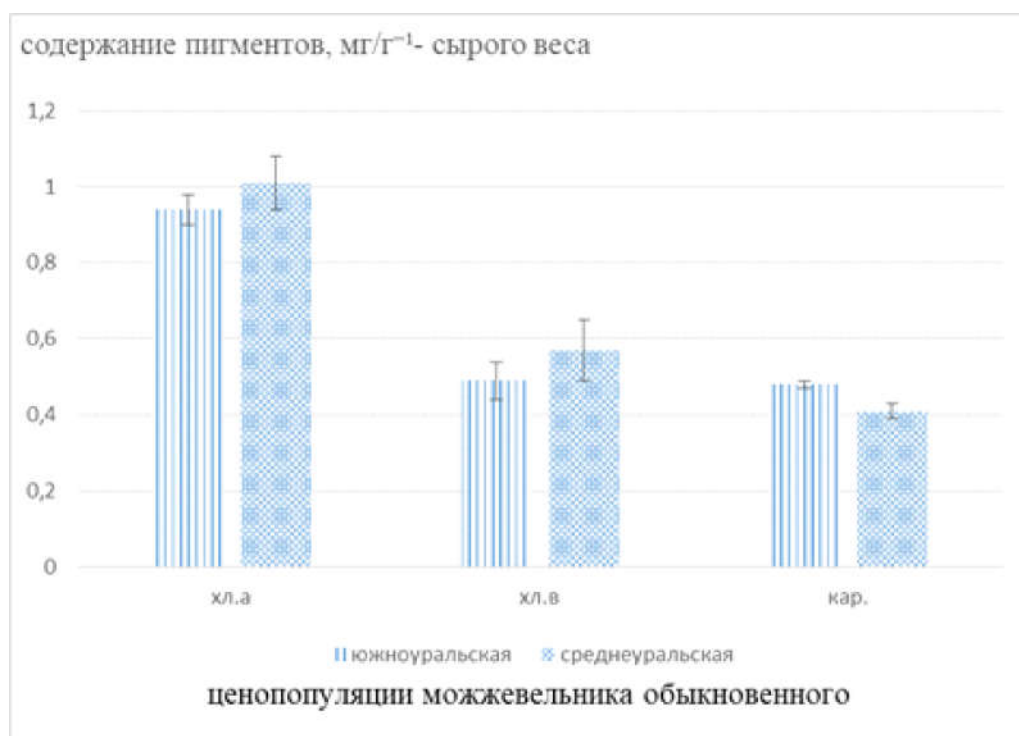


Рисунок. Содержание фотосинтетических пигментов в хвое можжевельника обыкновенного на Южном и Среднем Урале

популяции можжевельника в сосновом редколесье имеет преимущество перед особями, произрастающими в горной степи за счет функциональных особенностей фотосинтетического аппарата. Высокая фотосинтетическая способность хвои *Juniperus communis* в сосновом редколесье может характеризоваться как преадаптация к условиям горной степи, но при более сильном затенении можжевельник может испытывать нехватку освещения, к которому его фотосинтетический аппарат эволюционно не приспособлен. Следующим фактором морфометрической адаптации можжевельника обыкновенного к недостатку света является изменение его жизненной формы. В сосновом редколесье можжевельник имеет форму одноствольного деревца, а в горной степи – в виде многоствольного кустарника. Изменение жизненной формы растения связано с конкуренцией за световой ресурс, при этом преимущественным направлением роста у особей является рост в высоту, тогда как у можжевельника в горной степи идет как в вертикальном, так и в горизонтальном направлениях.

**Заключение.** Таким образом, выявленные особенности можжевельника по-

зволяют ему активно внедряться в горную степь г. Башарт Башкирского заповедника. Различий по содержанию фотосинтетических пигментов между природными и интродукционными популяциями не имеется. Накопление пигментов зависит от условий местообитаний – экологических и эдафических показателей. При введении в культуру необходимо использовать природные виды и их внутривидовые декоративные формы как наиболее устойчивые в местных условиях. В этом заключается обоснованность селекции местного вечнозеленого вида из семейства кипарисовых (сupressaceae) при введении его в культуру на Урале.

#### Список источников

1. Кожевников А.П., Тишкина Е.А. Экология можжевельника. Екатеринбург : Изд-во Уральского ун-та, 2011. 143 с.
2. Тишкина Е.А. Закономерности распространения, формовое разнообразие и экологическая приуроченность *Juniperus communis* L. на Урале: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.03. Екатеринбург, 2009. 144 с.
3. Заленский О.В. Эколого-физиологические аспекты изучения фотосинтеза. Ленинград : Наука, 1977. 56 с.
4. Крючков В.А., Булатова И.К. Практи-

кум по физиологии древесных растений. Екатеринбург : Изд-во Уральского ун-та, 2006. 248 с.

5. Пьянков В.И., Мокроносов А.Т. Основные тенденции изменения растительности Земли в связи с глобальным потеплением климата // Физиология растений. 1993. Т. 40. № 4. С. 515-531.

6. Дымова О.В., Головки Т.К. Состояние пигментного аппарата растений живучки ползучей в связи с адаптацией к световым условиям произрастания // Физиология растений. 2007. Т. 54. № 1. С. 47-53.

7. Любименко В.Н. Работы по фотосинтезу и пигментам растений. Киев: Академия наук Украинской ССР, 1963. Т.2. 681 с.

8. Шульгин И. А. Морфофизиологические приспособления растений к свету. Москва : Изд-во МГУ, 1963. 74 с.

9. Герлинг Н.В. Структура и фотосинтез хвои видов р. *Juniperus* на северо-востоке европейской части России: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.02.01. Сыктывкар, 2010. 20 с.

10. Тишкина Е.А., Семкина Л.А. Оценка состояния ценопопуляций можжевельника обыкновенного по содержанию фотосинтетических пигментов на Среднем и Южном Урале // Лесоведение. 2017. № 6. С. 127-132.

11. Тишкина Е.А., Семкина Л.А. Биологические особенности *Juniperus communis* L. по возрастному составу и содержанию хлорофиллов на Среднем Урале // Известия Самарского научного центра РАН. 2018. Т. 20. № 5-2 (85). С. 268-273.

12. Тишкина Е.А., Семкина Л.А. Особенности сезонной динамики фотосинтетических пигментов в хвое интродукционных популяций *Juniperus communis* L. // Известия Самарского научного центра РАН. 2018. Т. 20. № 5-3 (85). С. 473-478.

13. Тарчевский И.А., Андрианова И.А. Содержание пигментов как показатель мощности развития фотосинтетического аппарата у пшеницы // Физиология растений. 1980. Т. 27. № 2. С. 390-395.

14. Моисеев П.А., Гайсин И.К., Бубнов М.О., Моисеева О.О. Динамика древесной растительности на участках остепненных склонов Южного Края в последние 80 лет // Экология. 2018. № 2. С. 157-162.

15. Алексеев В.А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев // Лесоведение. 1989. № 4. С. 51-57.

16. Работнов Т.А. Вопросы изучения состава популяции для целей фитоценологии // Проблемы ботаники: сб. статей. 1950.

Вып.1. С. 465-483.

17. Уранов А.А. Возрастной спектр фитоценопопуляций как функция времени и энергетических волновых процессов // Биологические науки. 1975. № 2. С. 7-34.

18. Годнев Т.Н. Хлорофилл, его строение и образование в растении. Минск : Изд-во АН БССР, 1963. 319 с.

19. Иванов Л.А., Иванова Л.А., Ронжина Д.А., Юдина П.К. Изменение содержания хлорофиллов и каротиноидов в листьях степных растений вдоль широтного градиента на Южном Урале // Физиология растений. 2013. Т. 60. № 6. С. 856-864.

20. Maslova T.G., Popova I.A. Adaptive Properties of the Pigment Systems // Photosynthetica. 1993. Vol. 29. P. 195-203.

21. Тютюрев Е.В., Иванова А.Н., Войцеховская О.В. К вопросу о роли хлорофилла в онтогенетических адаптациях растений // Успехи современной биологии. 2014. Т.134. № 3. С. 249-356.

## References

1. Kozhevnikov A.P., Tishkina E.A. *Ekologiya mozhzhevelnika* [Ecology of juniper]. Yekaterinburg. Publishing House of the Ural University, 2011. 143 p. (in Russ.)

2. Tishkina E.A. *Zakonomernosti rasprostraneniya, formovoye raznoobrazie i ekologicheskaya priurochennost' Juniperus communis L. na Urale* [Distribution patterns, form diversity and ecological confinement of *Juniperus communis* L. in the Urals]. Candidate's dissertation abstract. Ekaterinburg, 2009. 144 p. (in Russ.)

3. Zalenskiy O.V. *Ekologo-fiziologicheskiye aspekty izucheniya fotosinteza* [Ecological and physiological aspects of the study of photosynthesis]. Leningrad. Nauka, 1977. 56 p. (in Russ.)

4. Kryuchkov V.A., Bulatova I.K. *Praktikum po fiziologii drevesnykh rasteniy*. [Practical course on the physiology of woody plants]. Yekaterinburg. Publishing house of the Ural University, 2006. 248 p. (in Russ.)

5. Pyankov V.I., Mokronosov A.T. Main tendencies of changes in the vegetation of the Earth in connection with global warming of the climate. *Russian Journal of Plant Physiology*. 1993;40(4):515-531 (in Russ.)

6. Dymova O.V., Golovko T.K. Pigment apparatus in *Ajuga reptans* plants as affected by adaptation to light growth conditions. *Russian Journal of Plant Physiology*. 2007;54(1):39-45 (in Russ.)

7. Lyubimenko V.N. *Raboty po fotosintezu i*



*pigmentam rasteniy* [Works on photosynthesis and plant pigments]. Kiev. Academy of Sciences of the Ukrainian SSR, 1963. Vol. 2. 681 p. (in Russ.)

8. Shulgin I.A. *Morfofiziologicheskiye prispособleniya rasteniy k svetu* [Morphophysiological adaptations of plants to light]. Moscow. Publishing house of Moscow State University, 1963. 74 p. (in Russ.)

9. Gerling N.V. *Struktura i fotosintez khvoi vidov r. Juniperus na Severo-Vostoke yevropeyskoy chasti Rossii* [The structure and photosynthesis of needles for Juniperus genus in the North-East of the European part of Russia]: Candidate's dissertation abstract. Syktyvkar, 2010. 20 p. (in Russ.)

10. Tishkina E.A., Semkina L.A. Health assessment based on photosynthetic pigments contents in coenopopulations common juniper in Middle and Southern Urals. *Lesovedenie*. 2017;6:127-132 (in Russ.)

11. Tishkina E.A., Semkina L.A. Biological peculiarities of *Juniperus communis* L. in the age and chlorophylls content in the Middle Urals. *Izvestiya Samarskogo Nauchnogo Tsentra RAN*. 2018;20(5-2(85)):268-273 (in Russ.)

12. Tishkina E.A., Semkina L.A. Peculiarities of seasonal dynamics in needle photosynthetic pigments in introduced *Juniperus communis* L. populations. *Izvestiya Samarskogo Nauchnogo Tsentra RAN*. 2018;20(5-3(85)):473-478 (in Russ.)

13. Tarchevsky I. A., Andrianova I. A. The content of pigments as an indicator of the power of the photosynthetic apparatus development in wheat. *Russian Journal of Plant Physiology*. 1980;27(2):390-395 (in Russ.)

14. Moiseev P.A., Bubnov M.O., Moiseeva

O.O., Gaisin I.K. Dynamics of tree vegetation in steppified areas on the slopes of the Southern Kraka during the past 80 years. *Russian Journal of Ecology*. 2018;49(2):190-195 (in Russ.)

15. Alekseev V.A. Diagnostics of the vital state of trees and forest stands. *Lesovedenie*. 1989;4:51-57 (in Russ.)

16. Rabotnov T.A. *Voprosy izucheniya sostava populyatsii dlya tseley fitotsenologii* [Issues of studying the composition of the population for the purposes of phytocenology]. *Problems of botany: collection of articles*. 1950. Issue 1. pp. 465-483 (in Russ.)

17. Uranov A.A. *Vozrastnoy spektr fitotsenopopulyatsiy kak funktsiya vremeni i energeticheskikh volnovykh protsessov* [Age spectrum of phytocenopopulations as a function of time and energy wave processes]. *Biologicheskie nauki*. 1975;2:7-34 (in Russ.)

18. Godnev T.N. *Khlorofill, yego stroyeniye i obrazovaniye v rastenii*. [Chlorophyll, its structure and formation in the plant]. Minsk: Publishing house of the Academy of Sciences of the BSSR, 1963. 319 p. (in Russ.)

19. Ivanov L.A., Ivanova L.A., Ronzhina D.A., Yudina P.K. Changes in the content chlorophylls and carotenoids contents in the leaves of steppe plants along a latitudinal gradient in South Ural. *Russian Journal of Plant Physiology*. 2013;60(6):812-820 (in Russ.)

20. Maslova T. G., Popova I. A. Adaptive Properties of the Pigment Systems. *Photosynthetica*. 1993;29:195-203

21. Tyuterev E.V., Ivanova A.N., Voitsekhovskaya O.V. On the role of chlorophyll in plant ontogenetic adaptations. *Uspekhi sovremennoy biologii*. 2014;134(3):249-356 (in Russ.)

#### Информация об авторах

**Лидия Александровна Семкина** – доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории «Экология древесных растений»;

**Елена Александровна Тишкина** – кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник лаборатории «Экология древесных растений», доцент кафедры экологии и природопользования.

#### Information about the authors

**Lydia A. Semkina**, Doctor of Sciences (Biology), Leading Researcher, Ecology of Woody Plants laboratory; Associate Professor of Ecology and nature management Chair, elena.mlob1@yandex.ru

**Elena A. Tishkina** – Candidate of Sciences (Agriculture), Researcher, Ecology of Woody Plants Laboratory; Associate Professor, Ecology and Nature Management Chair.

Статья поступила в редакцию 14.05.2021; одобрена после рецензирования 17.06.2021; принята к публикации 22.06.2021.

The article was submitted 14.05.2021; approved after reviewing 17.06.2021; accepted for publication 22.06.2021.