

УДК 582.475.4.630\*182:581.321.2

DOI 10.37279/2413-1725-2020-6-2-75-84

## СОСТОЯНИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ПОПУЛЯЦИЙ *PINUS PALLASIANA* D. DON НИЖНЕГО ПОЯСА ЮЖНОГО МАКРОСКЛОНА ГЛАВНОЙ ГРЯДЫ КРЫМСКИХ ГОР

Коба В. П., Хромов А. Ф., Сахно Т. М.

ФГБУН «Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН», Ялта, Российская Федерация  
E-mail: sahno\_tanya@mail.ru

Проведено изучение структуры и состава, жизненного состояния, семенной продуктивности природных популяций *P. pallasiana* D. Don. Установлено, что деревья *P. pallasiana* в нижнем поясе южного макросклона Главной гряды Крымских гор имеют невысокие таксационные показатели. Соотношение возраста, высоты и диаметра деревьев свидетельствуют о достаточно жестких условиях произрастания *P. pallasiana* в экотопах прибрежной зоны. На основе анализа особенностей семенного возобновления в связи с действием климатических факторов выявлено, что наиболее значительное влияние на уровень выживания и динамику численности популяций *P. pallasiana* оказывает температурный режим первой половины вегетационного периода. Показано, что на фоне всевозрастающей хозяйственной и рекреационной деятельности негативные тенденции изменения климата, связанные с глобальным потеплением, все в большей степени будут ограничивать возможности успешного роста и развития, семенного возобновления природных популяций *P. pallasiana* нижнего пояса южного макросклона Главной гряды Крымских гор.

**Ключевые слова:** популяции, динамика, состояние, условия произрастания, климатические факторы.

### ВВЕДЕНИЕ

Основной массив лесов *P. pallasiana* D. Don Горного Крыма расположен на южном макросклоне Главной гряды Крымских гор в пределах высот 400–1200 м над уровнем моря, простираясь от поселка Запрудное до поселка Симеиз. Однако в некоторых местах небольшие участки естественных насаждений *P. pallasiana* встречаются в непосредственной близости от береговой кромки, что свидетельствует о более широком в прошлом распространении данного вида в нижнем поясе южного макросклона Главной гряды Крымских гор [1–3].

Неравномерность высотного распределения лесов *P. pallasiana* в значительной степени связана с почвенно-климатическими условиями, а также биоценотическим взаимодействием – влиянием других видов растений лесных сообществ [4–7]. Сокращение площади естественных насаждений *P. pallasiana* в нижнем поясе, очевидно, связано с антропогенным прессингом, так как здесь находится большая часть селитебных территорий Южного берега Крыма. В настоящее время в прибрежной зоне остались единичные участки природных лесов *P. pallasiana* – это,

прежде всего, в заповеднике «Мыс Мартьян» и заказнике «Мыс Айя». Заповедование данных территорий во второй половине XX в. в той или иной степени обеспечило сохранность природных комплексов с представительством *P. pallasiana*. Однако в последние годы в Крыму наблюдается усиление негативных тенденций усыхания искусственных лесных насаждений *P. pallasiana*, которые в наибольших масштабах отмечаются в степных и предгорных районах. Одна из причин снижения жизненного состояния и гибели древостоев *P. pallasiana* может быть связана с глобальным изменением климатических условий. В этой связи определенный интерес представляет изучение состояния *P. pallasiana* в краевых территориях естественного произрастания, где действие лимитирующих факторов проявляется в наибольшей степени.

Целью исследований являлось изучение структуры и состава, жизненного состояния и семенной продуктивности природных популяций *P. pallasiana* нижнего пояса южного макросклона Главной гряды Крымских гор.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Изучение естественных древостоев *P. pallasiana* проводили в прибрежной зоне южного макросклона Главной гряды Крымских гор. Используя методы дендрометрии и лесной таксации, определяли высоту и диаметр ствола, возраст деревьев [8, 9]. Анализ жизненного состояния осуществляли, используя оригинальную 5-ти бальную шкалу визуального определения уровня развития деревьев. В группу с оценкой 5 баллов относили деревья с хорошо развитой кроной, ровным стволом, без сухих веток и каких-либо внешних признаков повреждения; 4 балла – деревья без внешних признаков повреждения стволов, с относительно хорошо развитой кроной, в структуре которой отмечалось до 5 % усыхающих веток; 3 балла – деревья с относительно искривленным стволом, с ассиметричной кроной, в структуре которой отмечалось до 15 % усыхающих веток; 2 балла – деревья с искривленным стволом, с плохо развитой кроной, со значительной долей (до 40 %) усыхающих веток; 1 балл – деревья с плохо развитой кроной и стволом, с большим количеством, свыше 50 % отмирающих веток. На основе применения шкалы Каппера оценивали семенную продуктивность [10]. Количественные результаты учета ранжировались по возрастным группам, ступеням толщины и высотным грациям деревьев, уровню жизненного состояния и семенной продуктивности. Используя данные Никитской метеорологической станции, оценивали особенности возобновления *P. pallasiana* в связи с динамикой климатических факторов. С использованием методов вариационной статистики, определяли средние величины изучаемых показателей древостоев *P. pallasiana*, оценивали уровень связи отдельных признаков [11].

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В заказнике «Мыс Айя» расположен сравнительно небольшой по площади (около 21 га) участок западной части естественных лесов *P. pallasiana* Горного Крыма. Экологической особенностью данных насаждений является то, что они

произрастают на относительно пологом, сформированном из обломков скального известняка, участке, в непосредственной близости к береговой линии, которая своим изгибом выступает в море, образуя небольшой мыс. При этом, сравнительно недалеко от древостоев *P. pallasiana* под отвесом скал рифтовых известняков на склонах южной экспозиции произрастает сосна пицундская (*P. brutia* var. *Pityusa* (Steven) Silba) в составе смешанных насаждений с участием фисташки туполистной (*Pistacia mutica* Fisch. & C.A. Mey.), можжевельника высокого (*Juniperus excelsa* M. Bieb.), можжевельника дельтовидного (*J. deltooides* R.P. Adams). Очевидно, такое нетипичное территориальное распределение, когда теплолюбивые растения в гипсометрическом распределении занимают территорию выше над уровнем моря, чем растения вида менее требовательного к теплу, определяется орографическими условиями, а также микроклиматической спецификой прибрежной зоны.

На пологих участках уровень инсоляция ниже, чем на склонах. В условиях южного макросклона Главной гряды Крымских гор в летний период температурный режим на склонах, особенно южной экспозиции, является наиболее важным лимитирующим фактором, определяющим особенности роста и развития лесных насаждений [12–14]. В весенний период близость моря оказывает существенное влияние на снижение температуры воздуха, что более заметно проявляется на участках береговой линии. За счет морских туманов повышается доля конденсационной влаги в общем водном балансе прибрежных территорий, особенно с нагромождением обломков скал. Определенное значение также имеет и специфика процессов репродукции данных видов рода *Pinus* L. Диссеминация *P. pallasiana* происходит в первые месяцы весны, когда действие морских туманов в повышении увлажненности проявляется в наибольшей степени, это увеличивает возможности прорастания семян и роста сеянцев.

В условиях прибрежных территорий заказника «Мыс Айя» *P. pallasiana* формирует древостои небольшой высоты, средний показатель высоты ствола составил  $5,3 \pm 0,8$  м, при этом деревья имеют относительно крупные размеры диаметра – до 40 см. Продолжительность жизни отдельных растений достигает 150–180 лет, при среднем возрасте древостоя  $80,1 \pm 7,2$  лет. Соотношение дендрометрических показателей и возраста растений свидетельствуют о достаточно жестких условиях произрастания *P. pallasiana* в экотопах заказника «Мыс Айя». При этом необходимо отметить, что труднодоступность данных территорий для лесозаготовок, очевидно, определила сохранность природных насаждений *P. pallasiana* на мысе Айя. Безусловно, в прошлом в западной части прибрежной зоны южного макросклона Главной гряды Крымских гор леса *P. pallasiana* были распространены значительно шире. Экотопы, подобные мысу Айя, здесь встречаются достаточно часто, однако в большинстве случаев они претерпели значительные изменения в связи с селитебным осваиванием и курортно-рекреационной деятельностью.

В другом обособленном участке естественных насаждений, который находится на территории заповедника «Мыс Мартыан», *P. pallasiana* представлена изреженными группами, реже – единичными деревьями в составе дубово-можжевеловых сообществ. В местах повышения влагообеспеченности – в районе

балки в северо-восточной части заповедника *P. pallasiana* формирует низкополнотные насаждения, в нижнем ярусе которых произрастают *Quercus pubescens* Willd., *Carpinus orientalis* Mill., *Arbutus andrachne* L., *Juniperus deltoides* R.P. Adams, *J. excelsa* M. Bieb., *Fraxinus angustifolia* subsp. *oxycarpa* (Willd.) Franco & Rocha Afonso, а также некоторые инвазионные древесно-кустарниковые растения: *F. ornus* L., *Vupleurum fruticosens* L., *Buxus sempervirens* L., *Spartium junceum* L., *Berberis aquifolium* Pursh, *Sarcococca hymilis* Stapf.

Возрастная динамика является одним из наиболее важных показателей состояния древостоев. Изучение возрастной структуры позволяет в той или иной степени характеризовать историю развития древостоя, определить основные тенденции изменения его состояния. Структура демографических элементов природных популяций лесных древесных растений формируется под воздействием различных факторов, из которых наиболее важными являются почвенно-климатические.

Средний возраст *P. pallasiana* на территории заповедника составил  $70,3 \pm 6,5$  лет. Наибольшую представленность имеют растения в возрасте 40 и 60 лет – 13,6 % и 13,1 % соответственно (рис. 1). Молодые и великовозрастные особи составляют незначительную часть в структуре древостоя. Доля подростка в составе насаждений не превышает 1,9 %. Растения в возрасте 20–30 лет также характеризуются незначительной численностью.

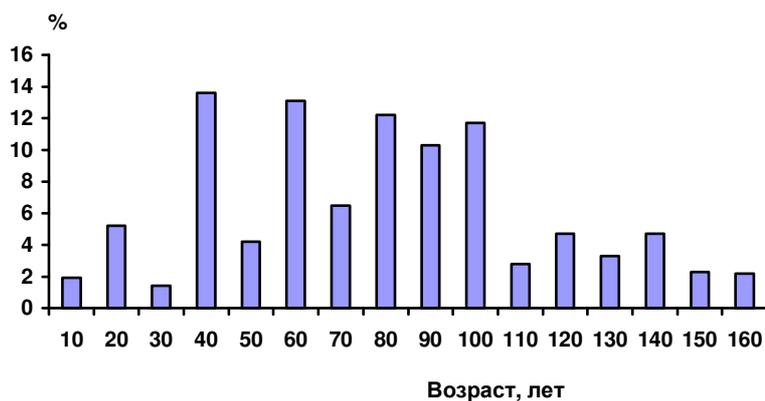


Рис. 1. Возрастная структура древостоев *Pinus pallasiana*.

Древостои *P. pallasiana* на территории заповедника «Мыс Мартьян» имеют сравнительно невысокие таксационные показатели, в их структуре преобладают низкорослые деревья с небольшим диаметром ствола (рис 2, 3). Наиболее крупные великовозрастные деревья произрастают в балках и на относительно пологих склонах юго-восточной экспозиции.

По показателям жизненного уровня большая часть деревьев *P. pallasiana* (71,7 %) в пределах территории заповедника характеризуется неудовлетворительным состоянием (рис. 4). Около 1/3 всех деревьев имеют искривленный ствол, с плохо развитой кроной и значительной долей усыхающих веток.

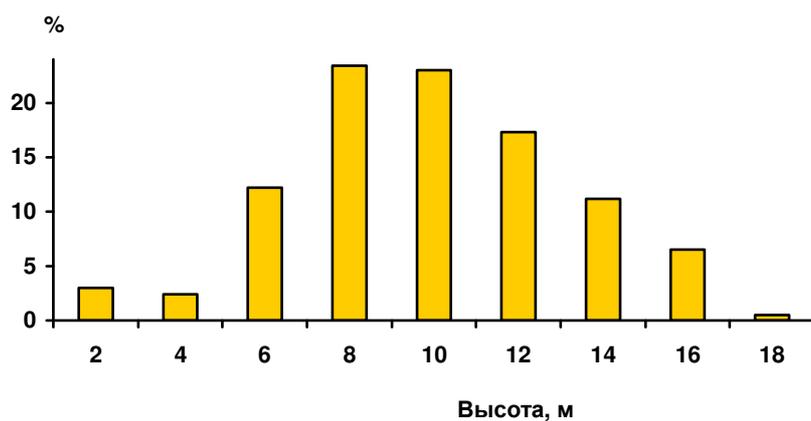


Рис. 2. Распределение деревьев *P. pallasiana* по высоте ствола.

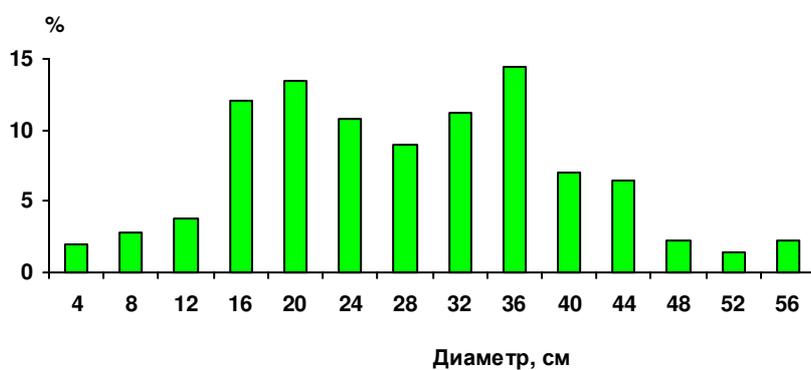


Рис. 3. Распределение деревьев *P. pallasiana* по ступеням толщины.

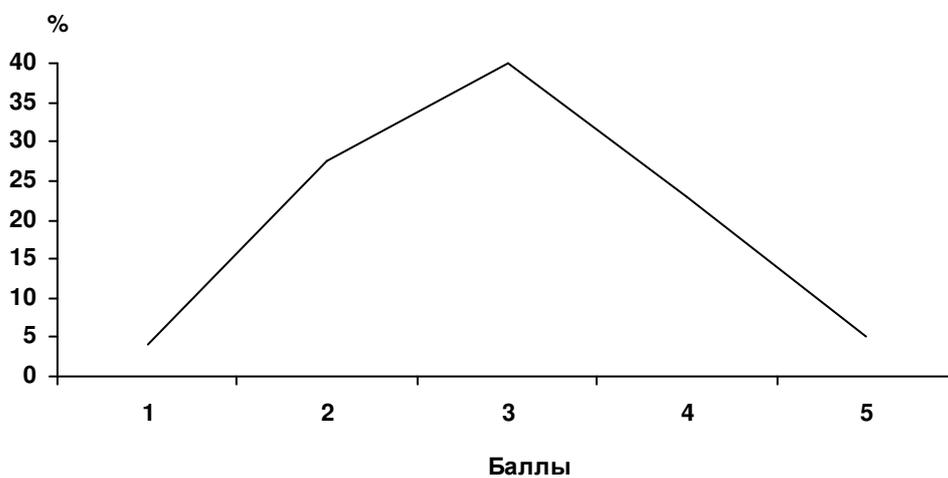


Рис. 4. Показатели жизненного состояния деревьев *P. pallasiana*.

На обрывистых склонах южной экспозиции отмечается усыхание отдельных деревьев, что в наибольшей степени проявляется на участках, примыкающих к территории заповедника, где антропогенное воздействие, связанное с рекреационной деятельностью, значительно выше. Определенная депрессивность наблюдается в развитии генеративной сферы *P. pallasiana* в экотопах мыса Мартьян (рис. 5). Около половины деревьев не формирует женских репродуктивных структур, менее 20 % взрослых растений характеризуются удовлетворительной и хорошей семенной продуктивностью.

Данная ситуация отражает общее состояние природных популяций *P. pallasiana* в нижнем поясе южного макросклона Главной гряды Крымских гор, что, очевидно, связано с негативными тенденциями изменения условий произрастания.

Анализ особенностей семенного возобновления в связи с динамикой климатических факторов показал, что наиболее заметное влияние на уровень выживания и динамику численности популяций *P. pallasiana* в нижнем поясе южного макросклона Главной гряды Крымских гор оказывает количество осадков и температурный режим первой половины вегетационного периода. Коэффициенты корреляции средней численности отдельных генераций *P. pallasiana* с количеством осадков, суммой положительных температур и показателями сухости климата, (определенные с использованием гидротермического коэффициента (ГТК) Селянинова) [15] первого полугодия за период с 1960 по 2018 гг. (рис. 6) соответственно составили 0,536–0,629 и 0,790. Динамика гидротермического коэффициента Селянинова свидетельствует об устойчивом его снижении в последние 30 лет. При этом среднегодовое количество осадков в последние десятилетия, по данным Никитской метеостанции, возросло. Таким образом, негативные тенденции изменения условий произрастания в районе проведения исследований в наибольшей степени связаны с динамикой температурного режима.

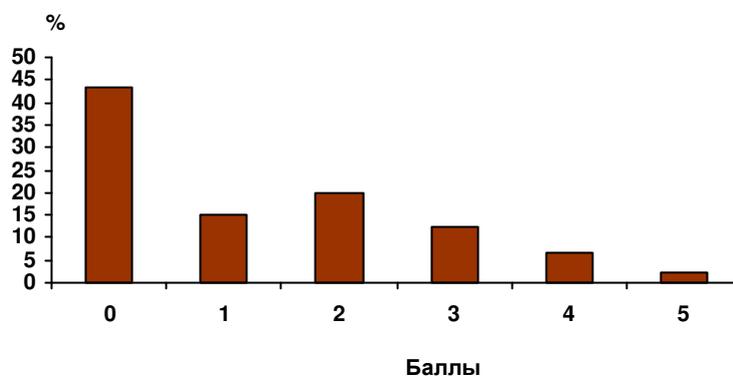


Рис. 5. Характеристика семенной продуктивности древостоев *P. pallasiana*.

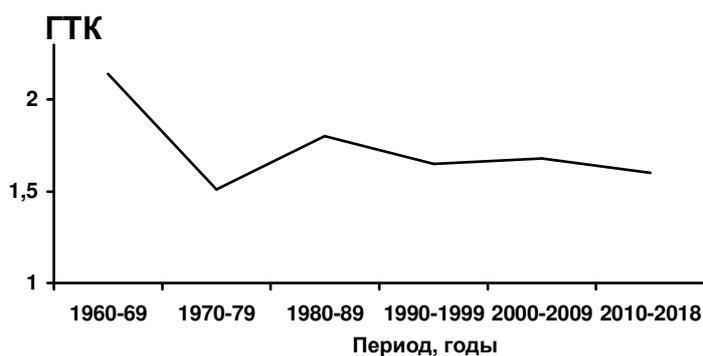


Рис. 6. Динамика гидротермического коэффициента Селянинова в районе проведения исследований.

Наши наблюдения показали, что в последние десятилетия на южном макросклоне Главной гряды Крымских гор отмечается значительный рост сумм положительных температур, особенно в летний период [16]. В целом условия произрастания на ЮБК по характеристикам почвенной влаги и сухости воздуха являются достаточно жесткими для семенного возобновления *P. pallasiana*. С учетом негативных тенденций изменения климата, связанных с глобальным потеплением, можно предположить, что возможности роста и развития, семенного возобновления *P. pallasiana* в экотопах прибрежной зоны все в большей степени будут ограничиваться усилением действия лимитирующих факторов – в первую очередь увеличением сухости условий произрастания. На фоне всё возрастающей хозяйственной и рекреационной деятельности – это может привести к развитию деструктивных процессов в природных популяциях *P. pallasiana* нижнего поясе южного макросклона Главной гряды Крымских гор.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Древостои *P. pallasiana* нижнего пояса южного макросклона Главной гряды Крымских гор характеризуются сравнительно невысокими таксационными показателями. Соотношение возраста, высоты и диаметра деревьев свидетельствуют о достаточно жестких условиях произрастания *P. pallasiana* в экотопах прибрежной зоны.
2. На основе анализа особенностей семенного возобновления в связи с действием климатических факторов выявлено, что наиболее значительное влияние на уровень выживания и динамику численности популяций *P. pallasiana* оказывает температурный режим первой половины вегетационного периода.
3. На фоне всевозрастающей хозяйственной и рекреационной деятельности негативные тенденции изменения климата, связанные с глобальным потеплением, все в большей степени будут ограничивать возможности успешного роста и развития, семенного возобновления природных популяций *P. pallasiana* нижнего пояса южного макросклона Главной гряды Крымских гор.

Список литературы

1. Голубев В. Н. Синэкологические оптимумы высотного распределения некоторых видов растений Горного Крыма / В. Н. Голубев, В. В. Корженевский // Бюл. Никит. ботан. сада. – 1980. – Вып. 42. – С. 10–14.
2. Голубев В. Н. Антропогенные преобразования растительности в Южном Крыму / В. Н. Голубев, В. В. Корженевский // Антропогенные процессы и растительность: сборник трудов конференции. – Уфа, 1985. – С. 77–88.
3. Дидух Я. П. Растительный покров Горного Крыма (структура, динамика, эволюция и охрана) / Я. П. Дидух. – К: Наук. думка, 1992. – 256 с.
4. Голубев В. Н. Особенности высотного распределения растительности в Южном Крыму / В. Н. Голубев, В. В. Корженевский // Бюл. Никит. ботан. сада. – 1978. – Вып. 37. – С. 19–24.
5. Дидух Я. П. Сосновые леса Горного Крыма / Я. П. Дидух // Ботан. журн. – 1990. – Т. 75, № 3. – С. 336–346.
6. Плугатар Ю. В. Типологічна структура лісів Криму / Ю. В. Плугатар // Лісівництво і агролісомеліорація. – 2009. – Вып. 116. – С. 120–129.
7. Плугатарь Ю. В. Леса Крыма: монография / Ю. В. Плугатарь. – Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2015. – 368 с.
8. Анучин Н. П. Лесная таксация / Н. П. Анучин. – М., Лесная промышленность, 1982. – 512 с.
9. Воробьева Т. С. Дендрометрия. Учебное пособие / Т. С. Воробьева, И. С. Сальникова. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2014. – 55 с.
10. Родин А. Н. Пособие лесокультурнику / А. Н. Родин. – М.: Лесн. пром-сть, 1969. – 194 с.
11. Лакин Г. Ф. Биометрия / Г. Ф. Лакин. – М.: Высшая школа, 1990. – 352 с.
12. Антифеев В. В. Микроклиматическая изменчивость термических ресурсов вегетационного периода на Южном берегу Крыма / В. В. Антифеев // Труды Никит. ботан. сада. – 2003. – Т. 121. – С. 137–145.
13. Коба В. П. Возобновление коренных насаждений *Pinus pallasiana* D. Don после верховых пожаров на фоне динамики абиотических факторов в постпирогенный период / В. П. Коба // Растительные ресурсы. – 2004. – Т. 40, Вып. 2. – С. 19–30.
14. Korsakova S. A research on models of the photosynthetic light response curves on the example of evergreen types of plants / S. Korsakova, Y. Plugatar, O. Ilnitsky, M. Karpukhin // Agronomy Research. – 2019. – Vol. 17 (2). – P. 518–539.
15. Селянинов Г. Т. Методика сельскохозяйственной характеристики климата / Селянинов Г. Т. // Мировой агроклиматический справочник. – Л.; М.: Гидрометеиздат, 1937. – С. 5–27.
16. Коба В. П. Климатические факторы и динамика пожаров в лесах Горного Крыма / В. П. Коба, Т. П. Жигалова // Лесоведение. – 2014. – № 2. – С. 52–58.

**STATE AND ECOLOGICAL STRUCTURE OF POPULATIONS OF *PINUS PALLASIANA* D. DON OF THE LOWER BELT OF THE SOUTHERN MACROSLOPE OF THE MAIN RIDGE OF THE CRIMEAN MOUNTAINS**

*Koba V. P., Khromov A. F., Sakhno T. M.*

*FSBSI "Nikita Botanical Gardens – National Scientific Center" Yalta, Russian Federation  
E-mail: sahno\_tanya@mail.ru*

The main area of the forests of *P. pallasiana* D. Don of the Mountain Crimea is located on the southern macroslope of the Main ridge of Crimean mountains at altitudes of 400–1200 m above sea level, stretching from Zaprudnoe village to the town of Simeiz. In

some places, small areas of natural plantings of *P. pallasiana* occur in close proximity to the coastal edge, which indicates a wider distribution of this species in the lower belt of the southern macroslope of the Main ridge of the Crimean mountains in the past.

The reduction in the area of natural plantings of *P. pallasiana* in the lower belt is obviously due to anthropogenic pressure, since most of the residential areas of the Southern coast of the Crimea are located here. At present, there are isolated areas of natural forests of *P. pallasiana* in the coastal zone – this is primarily in "Cape Martyan" and "Cape Aya" nature reserves. One of the reasons for the decline in the life status and death of stands of *P. pallasiana* may be due to global climate change. In this regard, the study of the state of *P. pallasiana* is of particular interest in the regional territories of natural growth, where the effect of limiting factors is most pronounced.

The study of natural stands of *P. pallasiana* was carried out in the lower zone of the southern macroslope of the Main ridge of the Crimean mountains, using methods of dendrometry and forest taxation.

Under the conditions of the coastal territories of the reserve "Cape Aya", *P. pallasiana* forms open stands of trees, the average trunk height is  $5.3 \pm 0.8$  m, while the trees have relatively large diameter sizes – up to 40 cm. The life span of individual plants reaches 150–180 years, with an average stand age of  $80.1 \pm 7.2$  years. The ratio of dendrometric indicators and the age of plants indicate that the growing conditions of *P. pallasiana* in the ecotopes of the reserve "Cape Aya" are quite tough.

In another isolated area of natural plantings, which is located on the territory of the reserve "Cape Martyan", *P. pallasiana* is represented by widely spaced groups, less often – single trees in the oak-juniper communities. The average age of *P. pallasiana* here is  $70.3 \pm 6.5$  years. Plants aged 40 and 60 years have the highest representation – 13.6 % and 13.1 %, respectively. Young and old individuals make up a small part of the structure of the stand. Plantings *P. pallasiana* on the territory of the reserve "Cape Martyan" have relatively low forest assessment rates, their structure is dominated by low-growing trees with a small trunk diameter. In terms of life quality, most of *P. pallasiana* trees (71.7 %) within the reserve are in poor state.

In the whole, the stands of *P. pallasiana* in the lower zone of the southern macroslope of the Main ridge of the Crimean mountains are characterized by relatively low taxational indicators. The ratio of age, height, and diameter of trees indicate that *P. pallasiana* grows under rather harsh conditions in the ecotopes of the coastal zone. Based on the analysis of the characteristics of seed renewal due to the influence of climatic factors, it was found that the most significant influence on the survival rate and population dynamics of *P. pallasiana* is the temperature regime of the first half of the growing season. Against the background of ever-increasing economic and recreational activities, negative climate change trends associated with global warming will increasingly limit the opportunities for successful growth and development, seed renewal of natural populations of *P. pallasiana* in the lower belt of the southern macroslope of the Main ridge of the Crimean mountains.

**Keywords:** populations; dynamics; state; growing conditions; climatic factors.

### References

1. Golubev V. N., Korzhenevsky V. V. Synecological optima of the altitude distribution of some plant species in the Crimean Mountains, *Bul. Nikit. Bot. Gard.*, **42**, 10 (1980).
2. Golubev V. N., Korzhenevsky V. V. Anthropogenic transformations of vegetation in Southern Crimea "Anthropogenic processes and vegetation", *Proceedings of the Conference*, Ufa, 77 (1985).
3. Diduh Y. P. *Vegetation cover of the Crimean Mountains (structure, dynamics, evolution and conservation)*, 256 p. (Science Dumka, Kyiv, 1992).
4. Golubev V. N., Korzhenevsky V. V. Features of the altitudinal distribution of vegetation in Southern Crimea, *Bul. Nikit. Bot. Gard.*, **37**, 19 (1978).
5. Diduh Y. P. Pine forests of the Crimean Mountains, *Botan. journal*, **75**, 336 (1990).
6. Plugatar Yu. V. Typological structure of forests of the Crimea, *Forestry and agroforestry*, **116**, 120 (2009).
7. Plugatar Yu. V. *Forests of the Crimea: monograph*, 368 p. (PH "ARIAL", Simferopol, 2015).
8. Anuchin N. P., *Forest taxation*, 512 p., (Forest industry, Moscow, 1982).
9. Vorobyeva T. S., Salnikova I. S. *Dendrometry Textbook*, 55 p. (Ural State Technical University, Yekaterinburg, 2014).
10. Rodin A. N. *Textbook of forestry worker*, 194 p. (Forest industry, Moscow, 1969).
11. Lakin G. F. *Biometrics*, 352 p. (Higher School, Moscow, 1990).
12. Antyufeev V. V. Microclimatic variability of thermal resources of the vegetation period on the southern coast of the Crimea, *Proceedings of the Nikit. Bot. Gard.*, **121**, 137 (2003).
13. Koba V. P. The resumption of root plantings of *Pinus pallasiana* D. Don after horse fires against the background of the dynamics of abiotic factors in the post-pyrogenic period, *Plant Resources*, **40(2)**, 19 (2004).
14. Korsakova S., Plugatar Y., Ilnitsky O., Karpukhin M. A research on models of the photosynthetic light response curves on the example of evergreen types of plants, *Agronomy Research*, **17(2)**, 518 (2019).
15. Selyaninov G. T. *Methods of agricultural climate characteristics*, *World agroclimatic reference book*, pp. 5-27, (Gidrometeoizdat, Leningrad; Moscow, 1937).
16. Koba V. P., Zhigalova T. P. Climatic factors and dynamics of fires in forests of the Mountainous Crimea, *Forestry*, **2**, 52 (2014).