

И.И. КОРШИКОВ<sup>1</sup>, Н.С. ТЕРЛЫГА<sup>2</sup>, С.А. БЫЧКОВ<sup>1</sup>, А.Е. МАЗУР<sup>2</sup><sup>1</sup> Донецкий ботанический сад НАН Украины  
Украина, 83059 г. Донецк, просп. Ильича, 110<sup>2</sup> Криворожский ботанический сад НАН Украины  
Украина, 50089 г. Кривой Рог, ул. Маршака, 50

## ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ СОСНЫ КРЫМСКОЙ (PINUS PALLASIANA D. DON) К УСЛОВИЯМ ТЕХНОГЕННО ЗАГРЯЗНЕННОЙ СРЕДЫ В НАСАЖДЕНИЯХ СТЕПНОЙ ЗОНЫ УКРАИНЫ

*На основании трехлетних наблюдений за состоянием 25–30-летних растений сосны крымской (Pinus pallasiana D. Don) в восьми насаждениях, расположенных на железорудном отвале, промплощадках и в зонах рассеивания выбросов крупных металлургических и горно-обогатительных комбинатов Криворожья и Приазовья, в рекреационных зонах городов и пригородных сельскохозяйственных районах, а также в природных популяциях Крыма, разработана бонитировочная шкала оценки продолжительности жизни и охвоенности боковых ростовых побегов. Обоснован методический подход по использованию этой шкалы для определения степени изреженности кроны растений как основного показателя их жизненного состояния и оценено состояние изучаемых насаждений по этой методике. Показана высокая устойчивость сосны крымской к условиям техногенно загрязненных территорий интродукционного ареала.*

Древесные растения, используемые в озеленении промышленных городов степной зоны Украины, испытывают в ходе онтогенеза не только влияние неблагоприятных климатических факторов, но часто и повреждающие воздействия аэрополлютантов [2, 7]. В связи с этим в интегрированную оценку состояния новых видов в пионерных насаждениях промышленных регионов как главный показатель должна входить характеристика степени их устойчивости к атмосферным выбросам доминирующих производств [2]. С этой целью

можно использовать шкалу категорий жизненного состояния деревьев по характеристике кроны, разработанную для оценки "новой болезни ослабления лесов" вследствие повреждения аэрополлютантами и кислотными дождями в Европе и Северной Америке [9], а также шкалы оценки видовой газоустойчивости растений [2, 4, 7].

Согласно наиболее употребляемым шкалам в лесонасаждениях, подверженных повреждающим эмиссионным воздействиям, классифицировано пять категорий состояния деревьев: здоровое, умеренно поврежденное, сильно поврежденное, усыхающее и сухое [1, 8]. Эти шкалы, используемые для визуаль-



ного мониторинга, как правило, хвойных лесов [9, 10], не всегда приемлемы для характеристик жизненного состояния экзотов в пионерных насаждениях интродукционного ареала. Особенно в тех случаях, когда отсутствуют две последние категории, а индивидуальные отличия в повреждаемости поллютантами проявляются лишь в степени развития хлороза и некроза хвои и продолжительности ее жизни. Эти показатели, являющиеся базисными в разработанных шкалах для первых трех категорий состояния растений [1, 8, 9], имеют определенную видовую специфику, а их естественная индивидуальная вариабельность в пределах одного насаждения может существенно различаться. Так, например, у молодых растений сосны крымской в насаждениях Криворожья и возрастных растений Крыма продолжительность жизни хвои варьировала от 2 до 6 лет, а по степени относительной охвоенности ростовых боковых побегов индивидуальные различия достигали десятикратных величин в пределах одного насаждения [5, 6]. Высокая вариабельность по этим основным показателям устойчивости сосны крымской к техногенному загрязнению требовала разработки более дифференцированной шкалы, отражающей в полной мере индивидуальные особенности жизненного состояния молодых растений. Такая шкала необходима для мониторинговых оценок состояния древостоев этого перспективного для лесоразведения и озеленения населенных пунктов степной зоны Украины вида, а также для выделения наиболее устойчивых индивидуумов, необходимых для формирования региональных банков селекционно-перспективных генотипов.

Цель работы — разработка шкалы для визуальной оценки степени изре-

женности кроны сосны крымской и ее использование для определения устойчивости этого вида в различных условиях техногенных экотопов степной зоны Украины.

В период с 1995 по 1997 гг. нами проводились наблюдения за состоянием кроны растений сосны крымской в четырех насаждениях Кривого Рога: на промплощадке горно-обогатительного комбината (СевГОК), на отвале железорудного карьера (ПРР), в 3 км от металлургического комбината (КМК) и на окраине города в Романовском урочище (РУ). В каждом насаждении изучалось 25 случайно отобранных и промаркированных растений.

В течение двух лет (1997–1998 гг.) проводились наблюдения за состоянием кроны растений в четырех насаждениях Мариуполя, два из которых (Ю, КАМ) находились в зоне прямого действия металлургического комбината (0,5–5 км), третье (Ф) — на окраине города, а четвертое (Х) — в 20 км от города в сельскохозяйственной зоне. Выборки изучаемых растений в этом районе составили: Ю-КАМ — 40 шт., Ф — 20 и Х — 27 шт. Возраст растений в Криворожье и Приазовье был почти одинаковым — 23–30 лет. В Крыму для наблюдений использовали 47 деревьев природных популяций среднего яруса гор в районе поселка Долосы и в урочище Никита. Оценку охвоенности кроны растений проводили в период их глубокого покоя в ноябре–декабре.

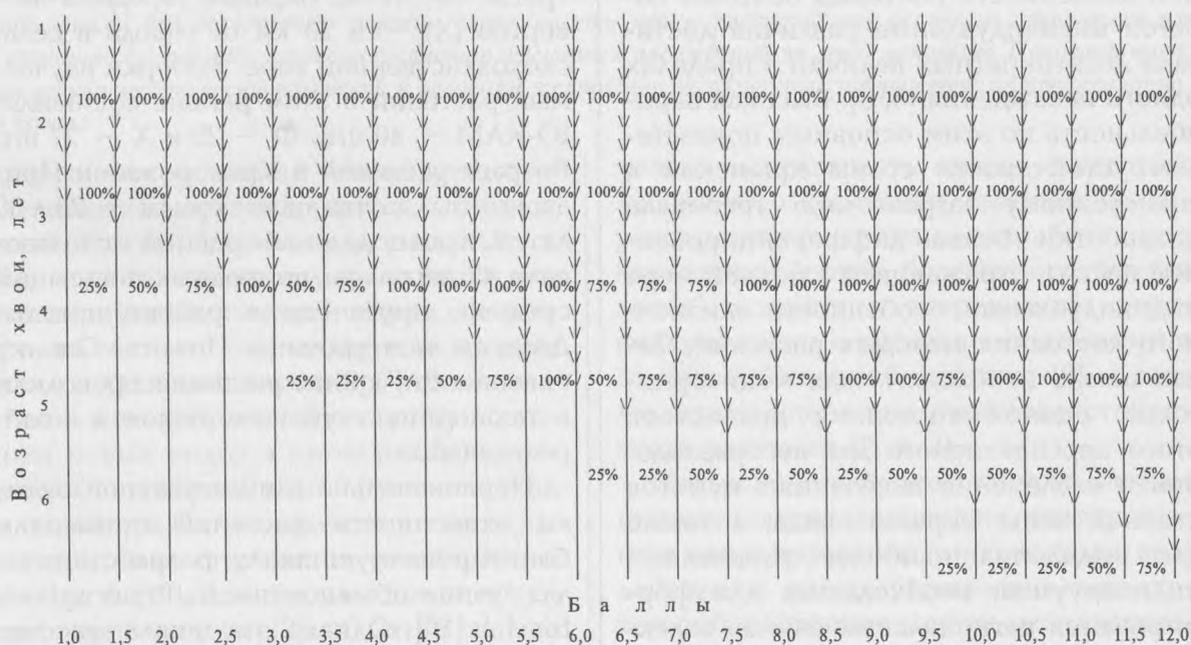
Первоначально для визуальной оценки охвоенности растений применяли бонитировочную шкалу, разработанную для сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) [10]. Однако эта шкала, рассчитанная на продолжительность жизни хвои *P. sylvestris* (до четырех лет) оказалась неприемлемой для *P. pallasiana*, у

которой средняя продолжительность жизни хвои составляет 6 лет, а у отдельных деревьев в пределах естественного ареала достигала 9 лет. В результате наблюдений за растениями сосны крымской в искусственных насаждениях Криворожья и Приазовья, а также в природных популяциях Крыма нами была разработана бонитировочная шкала продолжительности жизни хвои и степени охвоенности боковых ростовых побегов (см. рисунок).

Преждевременное опадание хвои у сосны крымской в условиях Кривбасса и Приазовья начинается с третьего года жизни. Однако и в оптимальных условиях заповедных территорий Крыма в популяциях сосны крымской встречаются деревья, у которых продолжительность жизни хвои не превышает двух лет. В искусственных насаждениях и природных популяциях сосны крым-

ской наблюдается высокая индивидуальная гетерогенность по сохранности хвои 3–6-летнего возраста. В условиях техногенных экотопов визуально заметнее отличия в охвоенности боковых побегов, чем в повреждении хвои, особенно на 3–6-годичных приростах. Так, например, у растений сосны крымской 4 года жизни в насаждениях Криворожья отличия в сохранности хвои могут достигать 3,7–13,8 раза, а по показателю ее поврежденности всего 1,2–2,5 раза [5]. По этой причине при диагностике жизненного состояния молодых растений сосны крымской в насаждениях интродукционного ареала определяющим показателем должна быть изреженность их кроны.

Для объективной оценки степени влияния факторов техногенно загрязненной среды на жизненное состояние конкретных древостоев как контроль



Бонитировочная шкала продолжительности жизни хвои и охвоенности боковых ростовых побегов сосны крымской



необходимо использовать эталонные насаждения [2]. При выборе таких контрольных насаждений в крупных промышленных агломерациях могут возникнуть серьезные трудности из-за того, что рассеивание промышленных эмиссий в силу особенностей рельефа местности, турбулентных процессов в атмосфере и погодных условий происходит неравномерно и может распространиться на значительные расстояния [3]. С особенностями рассеивания газопылевых выбросов промышленных производств Кривого Рога, по-видимому, связано то, что в насаждении сосны крымской, расположенном в сельскохозяйственном районе, продолжительность жизни хвои оказалась самой низкой [6]. По этим причинам как контрольные можно использовать насаждения в фоновых условиях в районах недоминантных ветров, а как эталонные — природные популяции заповедных территорий, где антропогенное и техногенное влияние сведено к минимуму. Для сосны крымской в качестве эталонных лучше всего использовать природные популяции Горного Крыма. При этом надо учитывать, что степень изреженности кроны зависит не только от жесткости экологических условий, повреждаемости растений болезнями и вредителями, но и от возраста растений. На примере разновозрастных насаждений *P. sylvestris* показано, что степень дефолиации кроны у растений до 50 лет ниже, чем у генеративно старых деревьев в перестойных древостоях [8].

Для диагностики жизненного состояния древостоев в экстремальных условиях существования необходимо выяснить степень естественной флуктуации анализируемого признака в эталонных популяциях. В отношении сосны крымской — это встречаемость деревьев с

разной продолжительностью жизни хвои в популяциях Горного Крыма (табл. 1). В эталонных природных популяциях сосны крымской на долю деревьев с сохранившейся 5–6-летней хвоей приходится 51,1%, в то время как доля этих растений в насаждениях интродукционного ареала изменяется от 3,3 до 44,5%. В насаждениях Мариуполя и Кривого Рога, подвергающихся острым или спорадическим воздействиям выбросов металлургических комбинатов, около половины (42–48,7%) составляют растения с продолжительностью жизни хвои до трех лет, тогда как в природных популяциях — всего 17%. Используя нашу бонитировочную шкалу охвоенности и частоту встречаемости деревьев с разной продолжительностью жизни хвои, можно установить степень изреженности кроны среднестатистического дерева в каждом насаждении по формуле:

$$Tx = n_2A + n_3A + n_4A + n_5A + n_6A,$$

где  $n$  — частота встречаемости деревьев в насаждении с продолжительностью жизни хвои до 2, 3, 4, 5, 6 лет;  $A$  — охвоенность (в баллах) групп деревьев с 2–6-летней продолжительностью жизни хвои.

В природных популяциях сосны крымской в Горном Крыму охвоенность среднестатистического растения 50–90-летнего возраста согласно предложенной методике составила приблизительно 7 баллов (табл. 1). В этих популяциях встречалось небольшое число деревьев (8,5%), охвоенность которых оценивалась в 10 баллов. Таким образом, максимальный уровень охвоенности или изреженности кроны в природных популяциях сосны крымской составляет 10 баллов, а реально оптимальный — 7 баллов. В интродукционных насаждениях наиболее высокая изреженность кроны отмечена в насаждениях сосны крымской, подвер-

женных острым воздействиям газовой-пылевой выбросов металлургических комбинатов Мариуполя и Кривого Рога. Крона среднестатистического растения в таких насаждениях приблизительно в 2,5 раза более изрежена, чем в среднем у растений природных популяций.

На основании анализа данных охвоенности боковых ростовых побегов сосны крымской в различных насаждениях интродукционного ареала и природных популяциях разработана шкала изреженности кроны растений (табл. 2).

Из данных табл. 1 следует, что молодые растения сосны крымской в насаждениях, примыкающих к крупным про-

мышленным городам степной зоны Украины, характеризуются слабой или умеренной степенью изреженности кроны. На окраине Мариуполя изреженность кроны растений была средней, а в таком же насаждении Кривого Рога – слабой. По всей видимости, это связано с тем, что сосна крымская значительно более чувствительна к эмиссиям металлургических комбинатов, чем к воздействию выбросов горно-обогатительных железорудных комбинатов, преобладающих в Кривом Роге. Об этом свидетельствует тот факт, что у растений, произрастающих в зоне острого действия выбросов металлургических

Таблица 1

**Встречаемость деревьев с различной продолжительностью жизни хвои и изреженность кроны у среднестатистического растения сосны крымской в природных популяциях Крыма и искусственных насаждениях Приазовья и Криворожья**

№ п/п	Место произрастания растений	Обследовано деревьев, шт.	Встречаемость деревьев с разным возрастом сохранившейся хвои, %					Изреженность кроны, баллы
			Возраст хвои, год					
			2	3	4	5	6	
<b>К р ы м</b>								
1	Природная популяция в среднем ярусе Крымских гор	47	10,6	17,0	21,3	42,6	8,5	6,96
<b>П р и а з о в ь е (г. Мариуполь и его окрестности)</b>								
2	Лесонасаждение в сельскохозяйственном районе (20 км от Мариуполя)	27	0	24,1	53,7	22,2	0	5,18
3	Окрестности Мариуполя	20	5,1	48,7	33,3	12,9	0	4,03
4	Зона острого действия эмиссий металлургического комбината	40	8,2	45,9	42,6	3,3	0	2,94
<b>К р и в о р о ж ь е</b>								
5	Окрестности Кривого Рога	25	0	12	50	38	0	5,84
6	Отвал железорудного горно-обогатительного комбината	25	0	6	64	20	10	4,63
7	Зона острого действия эмиссий металлургического комбината	25	0	42	54	4	0	2,78
8	Промплощадка горно-обогатительного железорудного комбината	25	0	14	42	26	18	5,17



комбинатов Мариуполя и Кривого Рога, изреженность кроны была высокой.

Полученные оценки жизненного состояния молодых растений сосны крымской в насаждениях Криворожья и Приазовья характеризуются достаточно высокой стабильностью по годам. Наибольшее отклонение в оценке, составляющее 17,5%, обнаружено у растений, подвергающихся эмиссионным воздействиям Криворожского металлургического комбината, в то время как у растений контрольного Романовского урочища изменения в оценках за трехлетний период наблюдений не превышали 1,4%.

В насаждениях Приазовья максимальные изменения в оценках составляли 6,3% (зона острого действия эмиссий металлургического комбината) и 0,5% (в пригородных насаждениях). Безусловно, следует ожидать определенной вариабельности оценок жизненного состояния растений по годам, так как они определяются общей реакцией растений на колебания погодных условий и на изменения степени воздействия выбросов промышленных производств крупных индустриальных городов степной зоны Украины. Продуктивность молодых насаждений сосны крымской в разных условиях интродукционного ареала можно оценить на основе учета фитомассы растений, используя для этого обычные таксационные показатели ствола дерева [1]. Эти показатели, в первую очередь, важны для выяснения лесохозяйственного потенциала вида, однако, требуют дополнительного масштабного сбора данных.

В целом, предложенный методический подход несложен и вполне приемлем для озеленителей, так как позволяет объективно и оперативно оценить жизненное состояние насаждений и отдельных растений сосны крымской в преде-

Таблица 2

### Шкала оценки степени изреженности кроны сосны крымской

Степень изреженности кроны	V среднестатистического дерева, баллы	Потеря хвои по сравнению с эталоном (природные популяции), %
Отсутствует	≤7	≤10
Слабая	6	15
Умеренная	5	25
Средняя	4	40
Высокая	3	55
Очень высокая	2	70
Критическая	1	85
Полная	0	100

лах интродукционного ареала. Из проведенного анализа следует, что сосна крымская отличается высокой устойчивостью в условиях крупных индустриальных городов степной зоны Украины и ее следует рекомендовать для более широкого использования в озеленении этих территорий.

1. *Алексеев В.А.* Некоторые вопросы диагностики и классификации поврежденных загрязнением лесных экосистем // Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение. — Л.: Наука, 1990. — С. 38–54.

2. *Взаимодействие растений с техногенно загрязненной средой. Устойчивость. Фитоиндикация. Оптимизация / И.И. Коршиков, В.С. Котов, И.П. Михеенко и др.* — К.: Наук. думка, 1995. — 192 с.

3. *Жилет Д.Д.* Загрязнение атмосферы — предмет для беспокойства // Загрязнение воздуха и жизнь растений / Под ред. М. Трешоу. — Л.: Гидрометеиздат, 1988. — С. 24–31.

4. *Кулагин Ю.З.* Древесные растения и промышленная среда. — М.:1974. — 124 с.

5. *Терлыга Н.С.* Адаптивна мінливість сосни кримської (*Pinus pallasiana* D. Don) в насадженнях Кривбасу: Автореф. дис. ... канд. біол. наук. — Киев, 2000. — 19 с.

6. *Терлыга Н.С., Коршиков И.И.* Сосна крымская как пассивный биоиндикатор



загрязненности среды в Кривбассе // Вопросы биоиндикации и экологии. — Запорожье, 1997. — Вып. 2. — С. 102–109.

7. *Фитотоксичность органических и неорганических загрязнителей* / В.П. Тарабрин, Е.Н. Кондратюк, В.Г. Башкатов и др. — К.: Наук. думка, 1986. — 216 с.

8. *Ярмишко В.Т.* Сосна обыкновенная и атмосферное загрязнение на европейском Севере. — Санкт-Петербург: Изд-во НИИ С.-Петербургского гос. ун-та. — 1997. — 210 с.

9. *Nilson S., Duinker P.* The extent forest decline in Europe: a synthesis of survey results // *Environment*. — 1987. — 29. — P. 4–9, 30–31.

10. *Jager E.J.* Indikation von Luftverunreinigungen durch morphometrische Untersuchungen an Hoheren Pflanzen // *Bioindikation*. — Halle-Witterberg: Martin-Luther Univ., 1980. — Teil. 3. — S. 43–52.

#### ОЦІНКА СТІЙКОСТІ СОСНИ КРИМСЬКОЇ (*PINUS PALLASIANA* D. DON) ДО УМОВ ТЕХНОГЕННО ЗАБРУДНЕНОГО СЕРЕДОВИЩА У НАСАДЖЕННЯХ СТЕПОВОЇ ЧАСТИНИ УКРАЇНИ

*І.І. Коршиков*<sup>1</sup>, *Н.С. Терлыга*<sup>2</sup>,  
*С.А. Бычков*<sup>1</sup>, *А.Ю. Мазур*<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Донецький ботанічний сад НАН України, Україна, м. Донецьк

<sup>2</sup> Криворізький ботанічний сад НАН України, Україна, м. Кривий Ріг

За результатами трирічних спостережень за станом 25–30-річних рослин сосни кримської (*Pinus pallasiana* D. Don) у восьми насад-

женнях, розташованих на залізорудному відвалі, проммайданчиках і в зонах випадання викидів великих металургійних і гірничозбагачувальних комбінатів Криворіжжя та Приазов'я, в рекреаційних зонах міст і приміських сільськогосподарських районах, а також у природних популяціях Криму розроблена бонітувальна шкала оцінки тривалості життя та охвоєності бокових ростових пагонів. Обґрунтовано методичний підхід щодо використання цієї шкали для визначення ступеня зрідженості крони рослин як основного показника їхнього життєвого стану та оцінено стан досліджуваних насаджень за цією методикою. Показано високу стійкість сосни кримської до умов техногенно забруднених територій інтродукційного ареалу.

#### ESTIMATION OF *PINUS PALLASIANA* D. DON TO THE CONDITIONS OF TECHNOGENIC ENVIRONMENTAL POLLUTION IN STEPPE PLANTATIONS OF UKRAINE

*I.I. Korshykov*<sup>1</sup>, *N.S. Terlyga*<sup>2</sup>,  
*S.A. Bytchkov*<sup>1</sup>, *A.E. Mazur*<sup>2</sup>

<sup>1</sup> The Donetsk Botanical Gardens of the NAS of Ukraine, Donetsk

<sup>2</sup> The Kriviy Rig Botanical Gardens, National Academy Sciences of Ukraine, Kriviy Rig

25–30 year old trees of *Pinus pallasiana* D. Don were observed in 8 plantations situated in different polluted rural and urban zones of Kriviy Rig and Azov regions. A new scale for conifer life duration was developed. High hardiness of *Pinus pallasiana* D. Don to technogenic environment pollution was shown.