

И.И. Коршиков<sup>1</sup>, О.В. Красноштан<sup>2</sup>

## ЖИЗНЕСТОЙКОСТЬ СОСНЫ КРЫМСКОЙ (*PINUS PALLASIANA* D.DON) В НАСАЖДЕНИЯХ НА ЖЕЛЕЗОРУДНОМ ОТВАЛЕ КРИВОРОЖЬЯ

*Pinus pallasiana*, жизнестойкость, железорудные отвалы, интродукционные насаждения

### Введение

Биологические потенции интродуцента в новых местообитаниях определяются на основе анализа его жизнестойкости. Единого универсального критерия жизнестойкости не существует. Успешность интродукции обычно оценивают в баллах по разрабатываемым шкалам, строя их для родовых комплексов. Эти шкалы включают комплекс показателей: устойчивость вида к действию абиотических и биотических факторов, данные о росте и развитии, репродуктивной активности и декоративности. Интродукторы в целом пытаются найти систему показателей, отражающих реализацию адаптивного потенциала вида, обеспечивающего ему полный или незавершенный онтогенез в новых местообитаниях. В общем-то, с общебиологических позиций, оценивая успешность интродукции видов растений, мы фактически определяем жизненность или адаптивный потенциал вида за пределами его естественного ареала. Основным критерий жизненности вида в конкретных условиях существования – жизненное состояние на разных этапах онтогенеза. Способные к естественному возобновлению семенным и/ или вегетативным способом интродуценты характеризуются высокой жизнеспособностью. Среди таких видов особо следует выделить те из них, которые интенсивно расселяются на новые эдафотопы, включая те, где отсутствует растительный покров. В условиях техногенных экотопов, таких как экотопы отвалов горнорудных производств, может реализоваться стратегия развития вида, не типичная для природных местообитаний, с формированием малораспространенных жизненных форм. Это нами хорошо показано на примере самопоселяющегося на железорудных отвалах Криворожья тополя белого (*Populus alba* L.), где этот пойменных местообитаний вид формирует сложную жизненную форму – куртинообразующее дерево [1]. Такие изменения можно рассматривать как самокоррекцию жизненной стратегии вида, адекватно реагирующего на конкретные эдафические условия экотопа. К числу видов, которые отличаются высокой жизнеспособностью на этих отвалах, относятся сосна крымская (*Pinus pallasiana* D. Don) и сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), которые активно расселяются за счет семенного возобновления вокруг первичных насаждений, колонизируя новые участки отвалов [2, 3]. Расселение этих видов, а также то, что они ежегодно продуцируют определенное количество некромассы, состоящей из опада хвои, шишек и отпада отмерших ветвей живых деревьев, способствует трансформации и обогащению поверхностного слоя породы отвалов органическими и минеральными веществами. Эта средообразующая функция древесных растений на промышленных отвалах практически не изучена. Индивидуальные и групповые изменения в росте и развитии растений, структуре насаждений, отражающиеся на их виталитете, биопродуктивности и половой репродукции, а также запас некромассы характеризуют жизнестойкость видов за пределами их природного ареала, особенно в условиях техногенных экотопов. С этих позиций жизнестойкость очень перспективного для рекультивации железорудных отвалов Криворожья вида – *P. pallasiana* до сих пор не была выяснена.

**Цель работы** – комплексный анализ жизнестойкости *P. pallasiana* в насаждениях на железорудном отвале Криворожья.

### Объекты и методика

Мониторинг жизнестойкости *P. pallasiana* проводили в 30-летних насаждениях на склонах и бермах Первомайского железорудного отвала. На этом крупном отвале определяли месторасположение сосновых насаждений, их площадь, количество растений на учетной площадке в 100 м<sup>2</sup>, возраст растений, их высоту, средний диаметр ствола на уровне груди, диаметр кроны. Визуально оценивали охвоенность кроны по 5-ти балльной шкале и жизненное состояние растений по 3-х балльной шкале: нормальное (3), ослабленное (2), поврежденное (1). Определяли репродук-

тивную активность за весь период жизни растения, подсчитывая под его кроной количество шишек в опад. Выделяли по 5 деревьев в насаждениях с максимальным и минимальным количеством опавших шишек. У остальных деревьев учетной площадки репродуктивную активность определяли визуально, выделяя особи, у которых отсутствовали шишки (0 баллов), количество шишек было очень небольшим (1 балл), малым (2 балла), средним (3 балла), высоким (4 балла) и очень высоким (5 баллов). В опад шишек пяти деревьев учетной площадки собирали по 10 шишек прошлого урожая, взвешивали их и подсчитывали у них общее количество чешуй, количество репродуктивных чешуй в фертильной зоне шишки и количество реплик (вмятин) от нормально развитых семян. Это позволило выяснить потенциальную и фактическую семенную продуктивность растений в урожае предыдущего года [4]. Под кроной деревьев на учетной площадке определяли семенное возобновление *P. pallasiana*. Изучали структуру и устанавливали вес опада хвои на площадках в 0,5 м<sup>2</sup>. Запас некромассы, состоящий из отмерших ветвей живых деревьев, определяли на площадках в 5 м<sup>2</sup>. Количество хвои, шишек и ветвей и их масса в подстилке характеризуют биологическую продуктивность отторгаемого органического вещества растениями в ходе онтогенеза [5], а весь предложенный комплекс признаков – жизнестойкость вида. В качестве контроля использовали очень близкое по возрасту насаждение *P. pallasiana* в дендрарии Криворожского ботанического сада НАН Украины (КБС).

### Результаты и обсуждения

На Первомайском отвале сохранилось большинство высаженных экземпляров *P. pallasiana*, которые завозили в 70-80-е годы XX века двухлетними сеянцами из питомников Днепропетровской и Херсонской областей. Была применена схема посадки 2,5 м между рядами и 1,5 м в ряду, что позволяло на 100 м<sup>2</sup> поверхности отвала высаживать 27–30 сеянцев *P. pallasiana*. Через 29–30 лет на разных участках отвала сохранилось от 10 до 25 растений на 100 м<sup>2</sup>, что составляет 38,5–96,0 % от первоначально высаженных сеянцев (табл. 1). В 2008 г. при обследовании насаждений *P. pallasiana* на отвале, максимальная площадь которых составляет ~1 га, не выявлено суховершинных деревьев, как и погибших по естественным причинам. За редким исключением, деревья во всех насаждениях были репродуктивно активными, о чем свидетельствует опад шишек урожая разных лет под их кронами (см. табл. 3). Внутри шести насаждений на бермах отвала происходит семенное возобновление, выявлены 1–10-летние сеянцы. У двух насаждений на склонах отвала и в дендрарии КБС возобновление отсутствует.

Анализ морфометрических характеристик растений позволил установить худшие и лучшие условия произрастания для *P. pallasiana* в Криворожье. Как и следовало ожидать, лучшими они оказались на черноземе в дендрарии КБС. Здесь более молодые деревья (27 лет) отличались, прежде всего, большими размерами кроны и диаметром ствола. Наиболее высокими растения были в двух крупных насаждениях на участках № 7 и № 8 на склонах отвала юго-восточной экспозиции. Однако, деревья этих двух насаждений существенно уступали по диаметрам ствола и кроны деревьям других насаждений на отвале. Наихудшими для роста *P. pallasiana* на отвале были два участка – № 2 и № 3 на его плоской вершине, где растения имели наименьшую высоту. На остальных четырех участках растения заметно не отличались по морфологическим характеристикам, за исключением диаметра кроны (№ 1 и № 6). У растений на бермах и особенно в дендрарии КБС отмечен явно более интенсивный радиальный прирост, чем у деревьев на склонах отвала. По этому показателю растения на склонах отвала уступали в 1,9–2,4 раза, а на бермах в 1,4–1,7 раза деревьям из дендрария. Хотя и в насаждениях на отвале встречаются отдельные растения, диаметр ствола на уровне груди у которых достигал 30 см, а высота их была более 12 м.

По уровню охвоенности деревья *P. pallasiana* в дендрарии КБС не имели явного преимуществ над деревьями насаждений на отвале. Во всех исследованных насаждениях отсутствуют ослабленные деревья, с явными признаками повреждения хвои и с короткой продолжительностью жизни. Подавляющее большинство деревьев следует отнести к категории здоровых, а поэтому в целом их насаждения существенно не различаются по жизненному состоянию.

В насаждениях на бермах отвала *P. pallasiana* отличается большей урожайностью шишек, чем в насаждениях на его склонах (табл. 2). У деревьев на бермах максимальное и минимальное количество шишек в многолетнем их опад были большими, чем на склонах, соответственно, 471–1503 шт. и 212–294 шт.; 337–427 шт. и 101–120 шт. В отдельных насаждениях на отвале (№ 5) суммарный урожай шишек за весь период репродукции (1503–212 шт.) был даже выше, чем

Таблица 1. Морфометрические характеристики, жизненное состояние растений и возобновление *Pinus pallasiiana* D. Don в насаждениях на Первомайском железнодорожном отвале Криворожья

Учетная площадка, №	Место расположения насаждения	Площадь насаждения, м <sup>2</sup>	Общее количество деревьев на 100 м <sup>2</sup> / из них семеносящих	Высота деревьев, м	Диаметр		Охвоенность кроны, балл	Жизненное состояние растений, балл	Количество самосева под пологом, шт. / его возраст
					ствола, см	кроны, м <sup>2</sup>			
M ± m									
1	Третья берма, вершина отвала 142 м	305	10/7	9,0±0,5	15,4±1,0	3,5±0,2	3,7±0,3	3	1/3, 1/8, 3/5
2	Третья берма, вершина отвала 142 м	180	25/25	6,0±0,4	16,1±0,9	4,1±0,2	3,7±0,2	3	39/2
3	Третья берма, вершина отвала 142 м	625	14/13	6,8±0,4	17,3±1,5	4,1±0,3	3,9±0,2	3	3/4, 3/5 1/8, 3/10
4	Вторая берма, 120 м	600	15/15	8,8±0,5	17,5±1,1	4,3±0,3	3,7±0,2	3	1/2
5	Вторая берма	5000	18/18	8,2±0,4	18,1±1,0	4,3±0,2	4,1±0,1	3	3/2
6	Вторая берма, у подножья склона	10000	12/12	8,8±0,5	16,3±1,3	3,5±0,2	3,3±0,2	3	1/2
7	Склон юго-восточный второй бермы	10000	25/25	11,8±0,3	10,7±0,6	2,7±0,1	3,4±0,1	2	0/0
8	Склон юго-восточный второй бермы	10000	25/25	12,1±0,3	13,7±0,7	3,1±0,1	3,5±0,1	3	0/0
Контроль	Дендрарий КБС	250	14/14	10,6±0,5	25,6±0,9	4,5±0,2	3,9±0,2	3	0/0

Примечание. Здесь и в таблицах 2, 3 M ± m – среднее арифметическое значение ± ошибка

Таблица 2. Характеристика репродуктивной активности *Pinus pallasiانا* D. Don в насаждениях на Первомайском железорудном отвале КБС

Учетная площадка, №	Место расположения насаждения	Количество шишек в опаде под деревьями, шт.		Соотношение деревьев с разной репродуктивной активностью в насаждении	Общее количество чешуй в шишке, шт.	Количество продуктивных чешуй в фертильном ярусе шишки, шт.	Потенциальная семенная продуктивность, шт. на одну шишку	Количество вмятин (реплик) в продуктивных чешуях, шт. на одну шишку	Доля семян от потенциально возможного количества, %
		максимальное	минимальное						
				Высокое: выше среднего: среднее: низкое: без шишек, %	M ± m				
1	Третья берма, вершина отвала	1104	224	35: 18: 12: 0: 35	102,3±2,2	34,0±0,7	68,0±1,4	53,8±1,6	79,2
2	Третья берма, вершина отвала	607	265	36: 12: 48: 4: 0	116,9±2,1	29,7±1,8	59,3±3,6	40,7±3,1	68,6
3	Третья берма, вершина отвала	962	222	29: 29: 35: 0: 7	88,7±2,0	25,9±0,9	51,2±1,9	40,7±1,9	79,6
4	Вторая берма	471	294	40: 40: 20: 0: 0	94,2±2,0	32,9±1,0	65,8±2,0	49,3±1,6	75,0
5	Вторая берма	1503	212	39: 44: 17: 0: 0	97,0±1,7	28,3±1,2	56,7±2,4	38,5±2,1	68,0
6	Вторая берма, подножье склона	664	257	15: 55: 15: 15: 0	86,8±1,4	27,9±0,9	55,8±1,8	40,0±1,3	71,7
7	Склон юго-восточный второй бермы	337	120	0: 0: 44: 56: 0	86,1±1,2	29,5±0,9	59,0±1,8	36,6±1,1	62,1
8	Склон юго-восточный второй бермы	427	101	0: 0: 48: 52: 0	88,6±0,9	29,0±0,7	57,9±1,4	38,8±1,0	67,0
Контроль	Дендрарий КБС	1418	143	36: 57: 7: 0: 0	90,3±1,4	24,8±1,0	49,5±1,8	36,8±1,6	74,3

Таблица 3. Фитомасса отпада и опада в 30-летних насаждениях *Pinus pallasiانا* D. Don на Первомайском железорудном отвале Криворожья

№ учетной площадки	Место расположения насаждения	Опад отмерших ветвей, г на 4 м <sup>2</sup>	Сухой вес опада				Некромасса в насаждении на 1 га		
			хвои в свежем верхнем и нижнем слое подстилки, г на 0,25 м <sup>2</sup>		шишек урожая прошлого года, г на 10 шишек	отпад ветвей, кг	опад хвой, кг	опад шишек, кг	
			свежий верхний	перегнивший нижний					
			M ± m						
1	Третья берма, вершина отвала	468	128,3±15,6	285±11,1	248,6±55,8	35,7	503,9	336,9	
2	Третья берма, вершина отвала	403	251,3±35,5	109±12,1	225,9±32,2	18,1	259,2	392,8	
3	Третья берма, вершина отвала	45	179,0±7,4	320±21,3	217,8±20,6	7,0	1247,5	856,7	
4	Вторая берма	357	178,0±22,3	121±11,7	230,6±26,4	53,6	717,6	797,3	
5	Вторая берма	857	149,0±36,5	58,0±27,0	226,2±10,6	1071,3	4140,0	11420,8	
6	Вторая берма, подножье склона	277	127,3±14,1	129,5±35,5	222,2±9,9	692,5	10260,0	11230,8	
7	Склон юго-восточный второй бермы	252	130,0±19,1	96,3±11,6	271,6±30,0	630,0	9052,0	16975,0	
8	Склон юго-восточный второй бермы	310	229,3±36,7	154,7±30,1	245,2±28,2	775,0	15360,0	15925,0	
Контроль	Дендрарий КБС	1106	202,7±21,3	287,3±11,1	178,6±21,8	61,1	490,0	262,3	



у деревьев дендрария КБС (1418–143 шт.). По соотношению деревьев с разной репродуктивной активностью насаждения учетных площадок №№ 2–5 на бермах не уступали насаждению дендрария. Еще в двух насаждениях на бермах преобладали деревья с высокой – средней репродуктивной активностью. В двух насаждениях на склонах отвала доминировали деревья со средней (44–48 %) и низкой (52–56 %) урожайностью шишек.

По общему количеству чешуй в шишках опада урожая прошлого года растения всех восьми насаждений на отвале не уступали деревьям из дендрария, а двух (№№ 1, 2) – явно превосходили. Количество продуктивных чешуй в фертильном ярусе шишки у деревьев на отвале было больше во всех насаждениях на 4,4–37,1 %, чем в шишках деревьев дендрария. По потенциальной семенной продуктивности, рассчитанной на одну шишку, деревья насаждений отвала на 3,4–37,4 % превосходили деревья дендрария. Фактическая семенная продуктивность нормальных по размерам семян, определенная по количеству реплик у продуктивных чешуй шишек, была у деревьев на отвале, либо на уровне деревьев дендрария, или существенно выше на 34,0–46,2 % (насаждения № 4 и № 1). В шишках деревьев пяти насаждений на отвале доля семян от потенциально возможного их количества на 2,6–12,2 % была меньше, чем в шишках деревьев дендрария. Следовательно, 30-летние деревья в насаждениях *P. pallasiana* на отвале не уступают по репродуктивной активности деревьям дендрария КБС. И так как вокруг всех первичных насаждений *P. pallasiana* на отвале идет активный процесс семенного возобновления, можно констатировать, что в условиях отвалов *P. pallasiana* формирует полноценные семена высокого качества.

Во всех восьми насаждениях *P. pallasiana* на отвале масса сухих опавших шишек урожая прошлого года была большей, чем у деревьев дендрария, соответственно, 217,8–271,6 и 178,6 г / 10 шишек (табл. 3). Это свидетельствует, что у деревьев на отвале шишки крупнее, чем в дендрарии.

Количество отпада из отмерших ветвей на единицу площади было наибольшим у здоровых деревьев дендрария КБС, достигая 1,1 кг на 5 м<sup>2</sup>. В насаждениях на отвале некромасса отпада очень существенно варьировала от 0,045 до 0,857 кг / 5 м<sup>2</sup>. Причем на одних и тех же бермах насаждения отличались в количестве отпада в 2,4–9,0 раз. Различались насаждения и по количеству отпада свежей хвои в отдельных случаях в 2 раза. Только одно насаждение на отвале (№ 2) превосходило по некромассе легкоотделяющегося верхнего слоя хвои в опаде деревьев дендрария, имея, соответственно, 251,3 и 202,7 г на 0,25 м<sup>2</sup>. Второй слой отпада хвои, уже начинающего перегнивать и более трудно отделяющегося, в двух насаждениях (№ 1 и № 3) на отвале количественно сопоставим с насаждением *P. pallasiana* в дендрарии КБС. В остальных шести насаждениях на отвале некромасса этого слоя хвои была заметно меньше. Особенность подстилки всех насаждений на отвале – наличие третьего плотного слоя активно перегнившей хвои, с формированием детрита. Этого слоя нет в опаде хвои растений дендрария КБС. Причиной этого могут быть существенные отличия в подстилающем слое, в дендрарии КБС – это чернозем, а на бермах отвалов – мелко- и среднедисперсная порода. Она отличается лучшей аэрированностью, чем чернозем, и в ней больше доступных солей, которые способствуют химической трансформации хвои. Кроме того, вероятно, порода отвала способствует большему накоплению в подстилке конденсированной влаги в теплое время года, образующейся из-за перепада дневных и ночных температур.

Общее количество некромассы в подстилке каждого насаждения зависело от его площади и от репродуктивной активности растений. В расчете на 1 га общая некромасса в восьми насаждениях варьировала от 22,183 (№ 6) до 37,228 т, составив в среднем 30 т. Фактически в подстилке восьми 30-летних насаждений *P. pallasiana* на отвале накопилось 102,759 т некромассы. Ее даже несколько больше, так как нами не учитывался третий перегнивающий слой хвои в опаде. В насаждении дендрария общая некромасса составила 0,813 т, а в расчете на 1 га – 32,536 т. Доля отпада ветвей, отпада хвои и шишек в общей некромассе заметно варьировала по насаждениям. Наименьшей была доля отпада ветвей, которая в насаждениях на отвале варьировала от 0,33 до 6,4 %, составив в среднем 3,1 %. Опад хвои изменялся в этих насаждениях в пределах 24,9–59,1 %, в среднем – 44,3 %. Эти показатели для отпада шишек были такими: 38,4–68,7 % и 52,6 %. В насаждении дендрария распределение некромассы было следующим: отпад ветвей – 7,5 %, отпад хвои – 60,2 % и шишек – 32,3 %. Следовательно, *P. pallasiana* на железорудном отвале Криворожья формирует значительный запас органического вещества и тем самым существенно улучшает эколого-эдафические условия для поселения растений в этих гетерогенных экотопах.

## Заклучение

Таким образом, *P. pallasiana* отличается высокой жизнестойкостью на крупном железорудном отвале Криворожья. Деревья в насаждениях на бермах отвала характеризуются хорошим ростом и развитием, высокой репродуктивной активностью. Благодаря ежегодному опадению хвои, шишек и отпадению мелких ветвей, в насаждениях *P. pallasiana* на отвале накапливается запас органического вещества и развиваются почвообразовательные процессы. Со всех этих позиций *P. pallasiana* один из наиболее перспективных видов для озеленения железорудных отвалов Криворожья.

1. Коршиков И.И. Жизненная форма и вегетативное разрастание тополя белого (*Populus alba* L.) на железорудных отвалах Криворожья / И.И. Коршиков, Н.М. Данильчук, О.В. Красноштан, А.Е. Мазур // Интродукция растений. – 2008. – № 3. – С. 105–112.
2. Коршиков И.И. Естественное возобновление сосны крымской (*Pinus pallasiana* D. Don) на железорудном отвале Криворожья / И.И. Коршиков, О.В. Красноштан, Н.С. Терлыга, А.Е. Мазур // Интродукция растений. – 2005. – № 4. – С. 46–51.
3. Коршиков И.И. Самовозобновление *Pinus sylvestris* L. на железорудных отвалах Криворожья / И.И. Коршиков, О.В. Красноштан, Н.С. Терлыга, А.Е. Мазур, Н.М. Данильчук // Промышленная ботаника. – 2005. – Вып. 5. – С. 85–89.
4. Романовский М.Г. Гаметофитная смертность семян сосны обыкновенной / М.Г. Романовский // Генетика. – 1989. – Т. 25, № 1. – С. 99–108.
5. Лукина Н.В. Исследование первичной продуктивности еловых древостоев под влиянием техногенных загрязнений на Кольском Севере / Н.В. Лукина, В.В. Никонов // Лесоведение. – 1991. – № 4. – С. 37–45.

<sup>1</sup>Донецкий ботанический сад НАН Украины

Получено 20.07.2009

<sup>2</sup>Криворожский ботанический сад НАН Украины

УДК 634.231:582.475:632.122(477.63)

ЖИЗНЕСТОЙКОСТЬ СОСНЫ КРЫМСКОЙ (*PINUS PALLASIANA* D. DON) В НАСАЖДЕНИЯХ НА ЖЕЛЕЗОРУДНОМ ОТВАЛЕ КРИВОРОЖЬЯ  
И.И. Коршиков<sup>1</sup>, О.В. Красноштан<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Донецкий ботанический сад НАН Украины

<sup>2</sup>Криворожский ботанический сад НАН Украины

Изучена жизнестойкость восьми 30-летних насаждений сосны крымской (*Pinus pallasiana* D. Don) на вершине, бермах и склонах крупного железорудного отвала Криворожья, а также в дендрарии Криворожского ботанического сада НАН Украины. Во всех насаждениях сосна крымская характеризуется высоким уровнем жизнестойкости, репродуктивной активности, формирования подстилки за счет отпада мелких ветвей и хвои, в условиях отвала отличается семенным возобновлением и способностью к расселению.

UDC 634.231:582.475:632.122(477.63)

VIABILITY OF THE CRIMEAN PINE (*PINUS PALLASIANA* D. DON) IN PLANTATIONS ON THE IRON-ORE DUMPS OF KRIVOY ROG AREA  
I.I. Korshikov<sup>1</sup>, O.V. Krasnoshtan<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Donetsk Botanical Garden, National Academy of Sciences of Ukraine

<sup>2</sup>Krivoy Rog Botanical Garden, National Academy of Sciences of Ukraine

Viability of eight 30-year-old plantations of the Crimean pine (*Pinus pallasiana* D. Don) on the top, berms and descents of a large iron-ore dump in Krivoy Rog area and in the arboretum of Krivoy Rog Botanical Garden, National Academy of Sciences of Ukraine has been studied. In all the plantations the Crimean pine is characterized by high level of viability and reproductive activity; it forms ground litter at the expense of tree waste of small branches and needles. In the conditions of the dump the Crimean pine is distinguished by seed renewal and ability to dissemination.