

## БОТАНИКА

УДК 630.1

DOI: 10.17072/1994-9952-2021-3-149-157.

**И. Т. Кищенко**

Петрозаводский государственный университет, Петрозаводск, Россия

### СЕЗОННОЕ РАЗВИТИЕ И ПЕРСПЕКТИВНОСТЬ ИНТРОДУЦИРОВАННЫХ ВИДОВ *PINUS* L. В ТАЕЖНОЙ ЗОНЕ (КАРЕЛИЯ)

Исследования проводились с апреля по октябрь в 1988–2016 гг. в Ботаническом саду Петрозаводского государственного университета (Южная Карелия, подзона средней тайги). Объекты – интродуцированные виды рода *Pinus*: *P. strobus* L., *P. montana* Mill., *P. pumila* (Pall.) Regel., *P. sibirica* Du Tour. Сроки наступления почти всех фенофаз у изученных видов зависят от текущего температурного режима воздуха, состояния среды в течение нескольких предшествующих суток до начала фенофазы, а также от значений основных экологических факторов в период формирования зимующих почек. Между динамикой изученных экологических факторов и сроками наступления фенофаз обнаружена прямолинейная корреляция. Самые ранние сроки начала и окончания фенофаз отмечены у *P. pumila*, а наиболее поздние – у *P. strobus*. Комплексная оценка перспективности видов для введения в культурценозы и озеленения населенных пунктов позволила установить, что к дольню перспективным относятся *P. sibirica*, *P. montana* и *P. pumila* (58–65 баллов), к перспективным (57 баллов) – *P. strobus*.

**Ключевые слова:** интродукция; *Pinus*; развитие; фенология.

**I. T. Kishchenko**

Petrozavodsk State University, Petrozavodsk, Russian Federation

### Seasonal development and perspectivity of introduced species *Pinus* L. in the taiga area (Karelia)

The results of studies carried out in 1988–2016 are presented, from April to October in the Botanical Garden of Petrozavodsk State University (South Karelia, middle taiga subzone). The objects of research were representatives of 4 introduced species of the genus *Pinus*: *P. strobus* L., *P. montana* Mill., *P. pumila* (Pall.) Regel., *P. sibirica* Du Tour. The timing of the onset of almost all phenophases in the species of the genus *Pinus* under study largely depends on the current temperature regime of the air, the state of the environment for several days prior to the beginning of a particular phenophase, and also on the values – of the main environmental factors during the formation of wintering buds of the last year. A straightforward correlation was found between the dynamics of the studied environmental factors and the timing of the onset of phenophases. The earliest dates of the onset and end of phenophases were noted in *P. pumila*, and the latest in *P. strobus*. A comprehensive assessment of the prospects of the studied species made it possible to establish that *P. sibirica*, *P. montana*, and *P. pumila* (58–65 points) are quite promising, and *P. strobus* are promising (57 points). These species can be recommended for introduction into cultural communities and landscaping of settlements with a low degree of pollution by pollutants.

**Key words:** introduction; *Pinus*; development; phenology.

#### Введение

Изучению сезонного роста и развития растений, в том числе древесных видов, уделяется большое внимание как в России, так и за рубежом. И это понятно, т. к. познание этих важнейших биологических процессов имеет решающее значение в теории и практике выращивания растений. При этом объектами исследований служат аборигенные и

интродуцированные древесные растения и, в частности, хвойные, многие из которых, в т. ч. и представители рода *Pinus* других географических районов, весьма декоративны и отличаются долговечностью [Встовская, 1983; Плотникова, 1983; Гончарова и др., 2014; Попова, Дорофеева, Попова, 2016]. Кроме того, многие из них отличаются значительно большей продуктивностью, чем местные виды, и нередко способны к натурализации [Бо-

тенков, Попова, 1997; Попова, Дорофеева, Попова, 2016; Мерзленко, Коженкова, Мельник, 2017].

Повышение биологического разнообразия естественных и искусственных фитоценозов, по мнению многих исследователей [Bradshaw, 1995; Esper et al., 2010; Мухина, Александрова, Каштанова, 2014; Фирсов, 2016], возможно только через интродукцию древесных растений. Все это свидетельствует о необходимости интродукции хвойных растений и оценке их перспективности. Последняя может быть установлена лишь на основе всестороннего изучения адаптаций, формирующихся у испытуемых растений в новых условиях [Встовская, 1983; Плотникова, 1983].

Главнейшими процессами, характеризующими состояние интродуцированных растений, являются особенности их роста и развития, которые определяются не только генотипом, но и динамикой экологических факторов [Трулевич, 1991; Шкутко, 1991; Esper et al., 2010; Коропачинский, Встовская, Томашевич, 2011]. Между тем выяснилось, что вопросы развития хвойных интродуцентов изучены далеко не полно и нуждаются в уточнении и дальнейшем изучении. Характер и степень влияния экологических факторов на развитие многих ин-

тродуцированных растений до сих пор не установлены. В Карелии такие детальные исследования до настоящего времени не проводились.

Поэтому цель данной работы – выяснение особенностей развития некоторых интродуцированных видов *Pinus* под влиянием главнейших климатических факторов и оценка их перспективности в условиях средней тайги.

## Материалы и методы исследования

Изучение интродуцированных видов хвойных растений проводили в Ботаническом саду Петрозаводского государственного университета. Наблюдения за развитием растений проводили в 1988–2016 гг. Каждый изучаемый вид представлен групповой посадкой из 10–25 деревьев. Условия водного, минерального и светового режимов у всех изучаемых видов одинаковые. Размещение и густота посадок в каждой группе идентичны. Объектами исследований служили 4 интродуцированных вида рода *Pinus*. Посадки граничат с сосняком черничным. Характеристика объектов исследований приведена в табл. 1.

Таблица 1

Характеристика объектов исследования

Вид	Место происхождения саженцев (ботсад–город)	Возраст, лет	Средняя высота, м	Наличие семенования
<i>Pinus strobus</i> L.	С.–Петербург	26	6.8	нет
<i>P. montana</i> Mill.	Минск	26	1.5	есть
<i>P. pumila</i> (Pall.) Regel.	Иркутск	38	1.2	нет
<i>P. sibirica</i> Du Tour.	С.–Петербург	33	8.2	нет

*P. strobus* широко распространен на северо-востоке США и в юго-восточных провинциях Канады, а также на французских островах Сен-Пьер и Микелон. На севере ареала растёт на уровне моря, на юге – поднимается на высоту до 1 500 м над ур. м. *P. montana* повсеместно встречается в горах Западной Европы. *P. pumila* широко распространен в Центральной и Восточной Сибири (заходит за Полярный круг), в Приморье, на Дальнем Востоке и Курильских островах. *P. sibirica* образует обширные леса в Западной и Восточной Сибири (заходит в горы на 2 км), встречается на Урале, в Казахстане, на севере Монголии и Китая.

Фенологические наблюдения проводили, используя методические указания Н.Е. Булыгина [1979], через каждые 2–3 сут. Фиксировали время прохождения таких фенофаз, как набухание и разрывание вегетативных почек, начало и окончание линейного роста побегов, опробковение ростовых побегов, обособление хвои на побегах, завершение роста и вызревание, расцветивание и опадение хвои, обособление на побегах почек, набухание и разрывание вегетативных почек, обособление на

побегах стробилов, начало и окончание пыления, смыкание семенных чешуй, созревание шишек и высыпание семян из шишек. Фенофаза считалась наступившей, если она отмечалась не менее чем у 30% побегов всех особей исследуемого вида. Отсутствие данных по развитию репродуктивной сферы у большинства изучаемых видов объясняется сравнительно небольшим возрастом особей, а также большими временными интервалами между семенными годами, не позволяющими использовать статистическую обработку данных.

Оценку перспективности интродукции древесных растений по данным визуальных наблюдений проводили по методике П.И. Лапина и С.В. Сидневой [1973]. При этом учитывались такие показатели, как степень ежегодного вызревания побегов, зимостойкость, сохранение габитуса, побегообразовательная способность, регулярность прироста осевых побегов, способность к генеративному развитию, возможность размножения в культуре, общая оценка перспективности.

Климатические данные (суммарная солнечная радиация; атмосферные осадки; среднесуточная,

минимальная и максимальная относительная влажность воздуха; среднесуточная, минимальная и максимальная температура воздуха) регистрировались на Сулажгорской метеостанции (Карельская гидрометеорологическая обсерватория), расположенной в 3 км к юго-западу от Ботанического сада. Сумму положительных температур рассчитывали как сумму среднесуточных температур с момента перехода температуры через 0° С до начала или прекращения какой-либо фенофазы.

По результатам наблюдений за ростом и развитием растений, а также метеорологических условий, сформировали банк данных, обработанный с помощью рекомендуемых для этих целей корреляционного и регрессионного методов анализа [Зайцев, 1981, 1984]. Длина корреляционного ряда при изучении развития (число лет) – 28.

### Результаты и их обсуждение

Статистическая обработка материалов наблюдений за интродуцентами показала, что при определении среднеарифметической величины прироста побегов ошибка среднего значения составляет 3–5%, а коэффициент вариации – 14–20%; хвои – соответственно 4–5 и 12–17%; фенодат – 5–7 и 20–28%.

Анализ результатов статистической обработки показал, что ошибка средней многолетней величины фенодат весьма незначительна и, как правило, не превышает 1–2 сут. (табл. 2). Лишь у *P. sibirica* и *P. strobus* для фаз окончания линейного роста побегов, расцветивания и опадения хвои ее величина возрастает до 3–7 сут. Наибольшая вари-

бельность фенодат характерна также для этих фенофаз: среднее квадратическое отклонение достигает 12–27 сут. Для остальных фенофаз его величина значительно меньше (3–10 сут.). Изучая развитие различных видов хвойных растений, Н.В. Шкутко [1991] также обнаружил, что погодичная изменчивость сроков начала многих фенофаз может варьировать от 12 до 27 сут. Автор делает вывод, что с усилением степени адаптированности интродуцентов к новым условиям варибельность этих сроков снижается.

Проведенные исследования показали, что ритмика сезонного развития изучаемых видов рода *Pinus* имеет свои специфические особенности (табл. 2). По среднееголетним данным, быстрее всего (3–5 V) набухание почек начинается у *P. pumila*, *P. sylvestris* и *P. sibirica*, а у других видов – на 5–8 сут. позже. Линейный рост побегов отмечается через 5–6 сут. после начала набухания почек, причем у *P. strobus* на 3–8 сут. позже, чем у других видов. Этот процесс заканчивается позднее (3–7 VIII) также у вышеупомянутых видов, а у других видов – на 1–3 недели раньше.

Фаза обособления вегетативных почек на побегах скорее всего (14–17 VII) наступает у *P. montana*, *P. pumila* и *P. sibirica*, а у *P. strobus* – позднее (5 VIII). Наиболее ранние сроки (16–17 VII) опробкования оснований побегов отмечаются у *P. pumila* и *P. sibirica*, а у других видов – на 4–8 сут. позже. Процесс опробкования побегов по всей длине у *P. sylvestris* заканчивается уже 8 VIII, у *P. sibirica*, *P. montana* и *P. pumila* – 20–22 VIII, у *P. strobus* – еще на 10 сут. позже.

Таблица 2

Среднееголетние среднесуточные значения прохождения фенофаз у видов рода *Pinus*

Фенофазы и статистические показатели		<i>P. sibirica</i>	<i>P. strobus</i>	<i>P. montana</i>	<i>P. pumila</i>
Набухание вегетативных почек	M±m <sub>M</sub>	5 V±1.1	11 V±1.8	11 V±2.6	3 V±0.9
	σ	4.4	7.1	6.1	3.5
Развержение вегетативных почек	M±m <sub>M</sub>	1 VI±2.4	6 VI±2.4	30 V±2.6	30 V±1.9
	σ	9.1	9.2	10.2	7.0
Начало линейного роста побегов	M±m <sub>M</sub>	10 V±1.1	16 V±1.8	12 V±1.4	8 V±0.9
	σ	4.4	7.1	5.3	3.5
Окончание линейного роста побегов	M±m <sub>M</sub>	28 VIII±7.0	3 VIII±3.1	1 VIII±1.5	14 VII±5.1
	σ	27.1	12.0	5.6	19.2
Опробкование оснований побегов	M±m <sub>M</sub>	17 VII±0.9	22 VII±1.1	24 VII±1.0	16 VII±0.8
	σ	3.6	4.1	3.9	2.9
Опробкование побегов по всей длине	M±m <sub>M</sub>	20 VIII±1.1	2 IX±2.1	20 VIII±1.9	22 VIII±0.9
	σ	4.1	8.1	7.5	3.4
Обособление хвои на побегах	M±m <sub>M</sub>	10 VI±1.2	16 VI±2.0	17 VI±1.4	8 VI±2.1
	σ	4.7	7.7	5.5	8.0
Завершение роста и вызревание хвои	M±m <sub>M</sub>	12 VII±1.2	21 VII±3.6	19 VII±2.1	14 VII±1.7
	σ	4.7	14.0	8.1	6.4
Расцветивание отмирающей хвои	M±m <sub>M</sub>	26 IX±5.2	12 IX±3.7	23 X±1.0	20 X±0.9
	σ	20.2	14.5	3.7	3.4

Окончание табл. 2

Фенофазы и статистические показатели		<i>P. sibirica</i>	<i>P. strobus</i>	<i>P. montana</i>	<i>P. pumila</i>
Опадение хвои	M± m <sub>M</sub>	10 XI±3.7	27 IX±5.9	19 XI±1.6	21 XI±1.4
	σ	20.2	14.5	3.7	3.4
Обособление на побегах почек	M± m <sub>M</sub>	17 VII±1.7	5 VII±0.8	14 VII±1.4	16 VII±2.2
	σ	6.6	3.2	5.3	8.3

Примечание. M – среднеарифметическая величина; m<sub>M</sub> – ошибка среднеарифметической величины; σ – среднеквадратическое отклонение.

Раньше всего (30 V) разverzание почек происходит у *P. montana* и *P. pumila*, а позже (6–8 VI) – у *P. strobus*. У *P. sibirica* эта фенофаза имеет место 1 VI. Почти одновременно (16–17 VI) начинается обособление хвои у *P. strobus* и *P. montana*, а у других видов – примерно на 1 неделю раньше (8–11 VI). Завершается рост хвои изучаемых видов в июне, причем ранее всех (12–14 VII) – у *P. sibirica* и *P. pumila*, а позже всех (21 VII) – у *P. strobus*. Первыми в фазу расцветивания отмирающей хвои (12–26 IX) вступают *P. strobus* и *P. sibirica*, а другие виды – спустя 3–4 недели. Быстрее всех (27 IX) начинает опадать хвоя у *P. strobus*. У остальных видов эти фенофазы отмечаются на 2–4 недели позже.

Таким образом, приведенные данные показывают, что изучаемые виды рода *Pinus* по особенностям ритмики сезонного развития условно можно разделить на 2 группы: поздно начинающие и заканчивающие (*P. strobus* и *P. montana*) и рано начинающие и заканчивающие развитие (остальные виды). При этом очередность прохождения фенофаз у изучаемых видов сосны из года в год не меняется. Этот вывод согласуется с мнением Н.В. Трулевич [1991] и Е.Н. Репина [1996].

Авторы ряда исследований [Фролова, 1979; Шкутко, 1991; Bradshaw, 1995] убедительно показали, что особенности развития различных видов растений обусловлены их неодинаковой требовательностью к экологическим факторам. Поэтому, определив диапазон толерантности основных фенофаз к экологическим факторам, можно судить о степени адаптации данного вида растений к усло-

виям местообитания. При анализе состояния среды во время начала фенофаз обнаружена очень сильная погодичная вариабельность значений относительной влажности воздуха, атмосферных осадков и суммарной солнечной радиации, что свидетельствует об отсутствии нескольких связей.

Исследованиями установлено, что температурный режим воздуха в момент наступления очередной фенофазы за исследуемый период остается довольно стабильным, заметно отличаясь у изученных видов растений. Так, набухание вегетативных почек у разных видов рода *Pinus* начинается при весьма близких значениях среднесуточной температуры воздуха +6.5...+7.6°C (табл. 3). Однако, если для начала данной фенофазы у *P. pumila* и *P. sibirica* достаточно 94–106°C, то у других видов величина данного показателя в это время должна составлять не менее 143–158°C.

Начало линейного роста побегов при самых низких показателях теплообеспеченности (+6.5...+7.3°C и 137–143°C) отмечается у *P. pumila*. Второе место по данным показателям занимают *P. sibirica* и *P. montana* (+9.4...+9.6°C и 143–158°C), а третье – *P. strobus* (+11.1°C и 190°C). Заканчивается данная фенофаза у всех видов рода *Pinus* почти при одинаковых значениях температуры воздуха – +16.1...+17.0°C. Между тем сумма тепла, накопленного к этому периоду у *P. montana* и *P. strobus*, оказывается примерно на 250°C больше, чем у других видов.

Таблица 3

**Среднемноголетние суточные значения экологических факторов во время прохождения фенофаз видов рода *Pinus***

Фенофазы и факторы		<i>P. sibirica</i>	<i>P. strobus</i>	<i>P. montana</i>	<i>P. pumila</i>
Набухание вегетативных почек	T	7.6	7.5	7.5	6.5
	СПТ	109	158	158	94
	B	63	66	66	67
	O	0.9	0.3	0.3	0.5
Разverzание вегетативных почек	P	307	355	355	350
	T	11.2	11.8	11.3	10.3
	СПТ	374	436	361	348
	B	68	66	75	71
Начало линейного роста побегов	O	1.7	0.7	3.4	2.1
	P	392	470	362	402
	T	9.3	11.1	9.6	6.5
	СПТ	143	190	158	137
	B	63	66	59	67
	O	0.9	0.3	0.8	0.5
	P	340	355	462	350

Окончание табл. 3

Фенофазы и факторы		<i>P. sibirica</i>	<i>P. strobus</i>	<i>P. montana</i>	<i>P. pumila</i>
Начало линейного роста побегов	Т	16.2	16.6	17.0	17.5
	СПТ	1010	1298	1260	980
	В	76	74	80	70
	О	1.0	1.4	1.9	3.5
	Р	440	421	410	510
Окончание линейного роста побегов	Т	16.4	16.8	16.7	17.1
	СПТ	1027	1112	1149	1021
	В	74	78	76	69
	О	1.7	6.8	6.7	2.9
	Р	462	387	426	533
Опробковение оснований побегов	Т	11.7	10.1	13.6	13.2
	СПТ	1546	1696	1555	1574
	В	82	85	81	82
	О	2.8	1.3	1.7	2.8
	Р	245	263	332	288
Опробковение побегов по всей длине	Т	13.3	14.2	12.4	13.3
	СПТ	489	557	571	464
	В	72	67	66	69
	О	2.3	2.5	3.0	1.6
	Р	377	465	509	454
Обособление хвои на побегах	Т	16.9	15.2	16.0	15.4
	СПТ	947	1080	1057	982
	В	76	78	74	75
	О	3.4	0.9	1.7	1.4
	Р	341	344	464	478
Завершение роста и вызревание хвои	Т	27.2	10.1	3.1	3.1
	СПТ	1853	1784	1952	1962
	В	83	83	83	83
	О	2.2	0.8	8.4	6.1
	Р	915	448	2152	2095
Расцветивание отмирающей хвои	Т	4.1	6.3	-2.2	-2.2
	СПТ	1922	1852	1928	1928
	В	84	84	81	81
	О	8.1	8.6	0.2	0.2
	Р	2467	1630	489	489
Опадение хвои	Т	13.0	16.6	14.1	12.5
	СПТ	580	1343	537	567
	В	68	78	67	69
	О	2.0	3.9	0.6	2.5
	Р	404	392	474	415

Примечание. Т – температура воздуха, °С; СПТ – сумма положительных температур, °С; В – относительная влажность воздуха, %; О – атмосферные осадки, мм; Р – солнечная радиация, кал/см<sup>2</sup>.

Опробковение оснований побегов начинается у всех изучаемых видов сосны при близких значениях температуры воздуха – +16.2...+17.3°С. Однако теплообеспеченность среды к началу данной фенофазы у *P. pumila* и *P. sibirica* примерно на 100°С больше, чем у других видов (табл. 3). Опробковение побегов по всей длине при самой низкой температуре (+10.1°С) наблюдается у *P. strobus*, а при самой высокой (+13.6°С) – у *P. montana*. Соответственно теплообеспеченность среды ко времени завершения этого процесса для первого вида оказывается на 250–350°С больше, чем для других. Развержение вегетативных почек у *P. pumila* происходит при наиболее прохладной погоде – +10.3°С и 348°С, а у *P. strobus* – при наиболее теплой – +11.8°С и 436°С. Близкие к этим данные для Московской области получены ранее

Л.А. Фроловой [1979]. Обособление хвои на побегах начинается при повышении температуры до +12.5...+14.0°С и 464–571°С. При этом максимальные значения данных параметров характерны для *P. strobus* и *P. montana*, а минимальные – для *P. pumila*. Завершение роста и вызревание хвои при наиболее прохладной погоде (+3.1°С и 1952–1962°С) происходит у *P. montana* и *P. pumila*. У других видов данная фенофаза отмечается при гораздо более высоких параметрах среды (+15.2–16.9°С и 947–1080°С). Расцветивание отмирающей хвои у *P. sibirica* и *P. strobus* начинается при снижении температуры до +7.2–10.1°С и накоплении примерно 1800°С. У других видов данная фенофаза отмечается при снижении температуры еще на 4–7°С и увеличении теплообеспеченности почти до 2000°С.

Приведенные выше данные свидетельствуют о том, что наименее требовательным к температурному режиму воздуха является *P. pumila*, а наиболее требовательным – *P. strobus*. Зависимость сроков начала и окончания фенологических фаз у видов рода *Pinus* от температурного режима окружающей среды обнаружили ранее В.В. Шестопалова [1982], А.И. Григорьев [1984], С.А. Потапова [1985] и Н.В. Шкутко [1991].

Исследования ряда авторов [Фролова, 1979; Зайцев, 1981] показали, что особенности роста и развития побегов определяются не только текущим, но и предшествующим состоянием среды. Для проверки этого положения изучали влияние факторов среды за текущий период, за предшествующую пятидневку и за период заложения почек возобновления в предшествующую вегетацию. Проведение дисперсионного анализа показало, что влияние условий среды на развитие рода *Pinus* в значительной мере обусловлено периодом воздействия конкретного фактора, а также биологическими особенностями вида. Как свидетельствуют данные табл. 3, текущая температура воздуха оказывает заметное (20–70%) влияние у всех изучаемых видов рода *Pinus* только на фазы опробковения побегов и развития хвои. Влияние других изучаемых факторов за текущий период на развитие растений не установлено.

Исследования позволили установить, что особенности развития изучаемых видов во многом определяются состоянием среды за предшествующие какой-либо фенофазе несколько суток. Обнаружено, что температура воздуха чаще оказывает не очень сильное (20–30%) влияние на фазы набухания и разворачивания почек, а также на начало линейного роста побегов, расцветивание и опадение хвои. Кроме того, данный фактор сказывается и на фазах завершения роста побегов и хвои у *P. sibirica* и *P. strobus*. Зависимость развития растений от влажности воздуха (20–50%) прослеживается, как правило, на всех этапах развития, за исключением фазы обособления почек.

Следует иметь в виду, что влажность воздуха отражается на росте растений не только через изменение интенсивности транспирации. В определенной мере ее значения являются следствием изменения других факторов среды. Так, повышению влажности воздуха способствует снижение интенсивности солнечной радиации (из-за повышения облачности), падение температуры воздуха и увеличение количества атмосферных осадков. Воздействие данного фактора на развитие *P. sibirica* обнаружено А.И. Видякиным [1979] лишь в начале и конце вегетации. Достоверная зависимость развития растений от атмосферных осадков обнаруживается лишь в некоторые фенофазы. Солнечная радиация влияет (20–45%) на набухание и развер-

вание почек у всех видов, а на развитие хвои – лишь у части из них.

В результате проведенных исследований удалось обнаружить существенное влияние на развитие растений состояния среды в течение месяца до заложения зимующих почек, т. е. в предшествующий вегетационный сезон. К аналогичному выводу в отношении различных видов хвойных растений пришли ряд исследователей [Видякин, 1979; Шкутко, 1991]. При этом нами выявлено, что температура воздуха оказывает влияние (20–40%) у всех видов рода *Pinus* на сроки набухания и разворачивания почек, рост хвои; относительная влажность воздуха – на сроки набухания почек, развития побегов и хвои; атмосферные осадки – на сроки завершения роста хвои; солнечная радиация – на сроки набухания и разворачивания почек, начала роста побегов и обособления хвои.

Анализируя комплексное влияние изучаемых экологических факторов на развитие растений, можно обнаружить, что текущее состояние среды, как правило, определяет изменчивость фенодата на 10–50%, а предшествующее – на 70–90%.

Для того, чтобы судить о направлении, форме и силе связи между экологическими факторами и сроками наступления фенофаз, проводили корреляционный анализ. Оказалось, что данные характеристики могут существенно меняться в зависимости от биологических особенностей вида, специфики конкретной фенофазы и периода воздействия факторов. Результаты исследований показали, что искомая зависимость имеет прямолинейный характер и достоверна почти во всех случаях только в отношении влияния факторов за два изучаемых предшествующих периода. При этом она всегда положительна по направлению, а ее сила в зависимости от вида растения и фенофазы может изменяться в весьма широких пределах ( $r = +0.1 \dots +0.9$ ). Обнаружено, что текущая температура и влажность воздуха по-разному отражаются на развитии разных видов рода *Pinus*. Так, у всех изучаемых видов выявлено отрицательное влияние температуры на сроки окончания роста побегов, их опробковения, расцветивания и опадения хвои. Зависимость сроков наступления этих фенофаз от динамики влажности воздуха у этих видов носит прямо противоположный характер.

Комплексная оценка перспективности изученных видов позволила установить, что к довольно перспективным относятся *P. sibirica*, *Pinus montana* и *P. pumila* (58–65 баллов), к перспективным (57 баллов) – *P. strobus* (табл. 4). Аналогичный вывод в отношении этих видов сделан другими исследователями [Паутова, 2011; Гончарова и др., 2014; Карасева, 2016; Мерзленко, Коженкова, Мельник, 2017].

Таблица 4

Оценка перспективности интродукции видов рода *Pinus*, баллы

Вид	Степень ежегодного вызревания побегов	Зимостойкость	Сохранение габитуса	Побегообразовательная способность	Регулярность прироста осевых побегов	Способность к генеративному развитию	Возможность размножения в культуре	Общая оценка перспективности
<i>P. strobus</i>	17	22	10	4	5	0	0	57
<i>P. montana</i>	20	25	10	5	5	5	0	70
<i>P. pumila</i>	20	25	10	5	5	0	0	65
<i>P. sibirica</i>	20	25	10	5	5	0	0	65

## Выводы

1. Сроки наступления почти всех фенофаз у изученных видов рода *Pinus* в значительной мере зависят от текущего температурного режима воздуха, состояния среды в течение нескольких предшествующих суток до начала той или иной фенофазы, а также от значений основных экологических факторов в период формирования зимующих почек прошлого года.

2. Между динамикой изучаемых экологических факторов и сроками наступления фенофаз обнаружена прямолинейная корреляция. Ее направление и сила определяются биологическими особенностями видов, периодом воздействия факторов и спецификой самой фенофазы. Самые ранние сроки начала и окончания фенофаз отмечены у *P. pumila*, а наиболее поздние – у *P. strobus*.

3. Комплексная оценка перспективности изученных видов позволила установить, что к довольно перспективным относятся *P. sibirica*, *P. montana* и *P. pumila* (58–65 баллов), к перспективным (57 баллов) – *P. strobus*. Эти виды могут быть рекомендованы для введения в культуру ценозы и озеленения населенных пунктов с низкой степенью загрязнения поллютантами.

## Список литературы

Ботенков В.Н., Попова В.Е. Интродукция высокопродуктивных пород в Сибири // Лесное хозяйство. 1997. № 5. С. 44.

Булыгин Н.Е. Фенологические наблюдения над древесными растениями. Л.: Наука, 1979. 97 с.

Видякин А.И. О сезонном развитии сосны обыкновенной разного географического происхождения // Лесной журнал. 1979. № 6. С. 107–108.

Встовская Т.Н. Интродукция древесных растений Дальнего Востока и Западной Сибири. Новосибирск, 1983. 196 с.

Гончарова О.А. и др. Сезонное развитие интродуцированных видов *Pinus L.* в Полярно-альпийском ботаническом саду-институте. Апатиты,

2014. 11 с. Деп. в ВИНТИ РАН, № 17-В2014, 14.01.2014.

Григорьев А.И. Биоэкологические особенности видов сосны, интродуцированных в Северный Крым // Труды Никитского ботанического сада. 1984. Вып. 92. С. 34–39.

Зайцев Г.Н. Фенология древесных растений. М.: Наука, 1981. 119 с.

Зайцев Г.Н. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. М.: Наука, 1984. 424 с.

Карасева Т.А. Изучение вопроса введения лиственницы сибирской в искусственные насаждения лесов Алтайского края // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2016. № 9 (143). С. 7–79.

Коропачинский И.Ю., Встовская Т.Н., Томашевич Н.А. Очередные задачи интродукции в Азиатской России // Сибирский экологический журнал. 2011. № 2. С. 147–170.

Лапин П.И., Сиднева С.В. Оценка перспективности интродукции древесных растений по данным визуальных наблюдений // Опыт интродукции древесных растений. М., 1973. С. 7–68.

Мерзленко М.Д., Коженкова А.А., Мельник П.Г. Рост хвойных интродуцентов в Западном Подмосковье // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2017. № 5 (151). С. 86–90.

Мухина Л.Н., Александрова М.С., Каутанова О.А. Комплексная оценка состояния лиственницы (*Larix Mill.*) в дендрарии ГБС РАН // Бюллетень Главного ботанического сада. 2014. № 3. С. 39–47.

Паутова Н.В. Интродукция семейства *Pinaceae* Lindl. в условиях Европейского Северо-Востока // Вестник ИрГСХА. 2011. Т. 6, № 44. С. 102–110.

Плотникова Л.С. Научные основы интродукции и охраны древесных растений флоры СССР: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М., 1983. 52 с.

Попова В.Т., Дорофеева В.Д., Попова А.А. Оценка перспективности некоторых видов хвойных растений для интродукции в условиях Центрального Черноземья // Труды Санкт-Петербур-

- бургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. 2016. № 4. С. 89–97.
- Потанова С.А. Динамика роста побегов интродуцированных видов сосен // Бюллетень ГБС АН СССР. 1985. Вып. 137. С. 28–31.
- Репин Е.Н. Влияние термического фактора на вегетацию сосен в дендрарии Горнотаежной станции // Биологические исследования на Горнотаежной станции ДВО РАН. 1996. Вып. 3. С. 66–78.
- Трулевич Н.В. Эколого-фитоценологические основы интродукции растения. М., 1991. 214 с.
- Фирсов Г.А. Коллекция хвойных Ботанического сада Петра Великого БИН РАН в начале XXI в. // Биологическое разнообразие. Интродукция растений: материалы Шестой Междунар. науч. конф. СПб., 2016. С. 275–279.
- Фролова Л.А. Влияние температуры на сезонное развитие сосен в Ботаническом саду МГУ на Ленинских горах // Термический фактор в развитии растений различных географических зон: материалы Всесоюз. конф. М., 1979. С. 37–39.
- Шестопалова В.В. Итоги интродукции сосновых (*Pinaceae* Lindl.) на Среднерусской возвышенности и перспективы их использования: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Киев, 1982. 22 с.
- Шкутко Н.В. Хвойные Белоруссии. М., 1991. 263 с.
- Bradshaw W.R.H. The origins and dynamics of native forest ecosystems: Backerounyd tho the use of exotic species in forestry // Pap. 9th Annu. Meet. Nord. Group Forest Genet. and Free Breed., Hallormsstadur (June 12–16, 1996). Buvisindi, 1995. № 9. P. 7–115.
- Esper J. et al. Trends and uncertainties in Siberian indicators of 20th century warming // *Global Change Biology*. 2010. № 16. P. 386–398.
- References**
- Botenkov V.N., Popova V.E. [Introduction of highly productive breeds in Siberia]. *Lesnoe chozjajstvo*. N 5 (1997): pp. 44. (In Russ.).
- Bulygin N.E. *Fenologičeskie nabljudenija nad drevesnymi rastenijami* [Phenological observations of woody plants]. Leningrad, Nauka Publ., 1979. 97 p. (In Russ.).
- Vidyakin A.I. [On the seasonal development of Scots pine of different geographical origin]. *Lesnoj žurnal*. N 6 (1979): pp. 107–108. (In Russ.).
- Vstovskaya T.N. *Introdukciya drevesnyh rastenij Dal'nego Vostoka i Zapadnoj Sibiri* [Introduction of woody plants of the Far East and Western Siberia]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1983. 196 p. (In Russ.).
- Goncharova O.A., Poloskova E.Yu., Saltykova S.A., Lipponen I.N. *Sezonnoe razvitie introducirovannyh vidov Pinus L. v Poljarno-al'pijskom botaničeskom sadu-institute* [Seasonal development of introduced species of *Pinus* L. in the Polar-Alpine Botanical Garden-Institute]. Apatity, 2014. 11 p. Deposited manuscript No. 17-B2014 01/14/2014. (In Russ.).
- Grigoriev A.I. [Bioecological features of pine species introduced to the Northern Crimea]. *Trudy Nikitskogo botaničeskogo sada*. Iss. 92 (1984): pp. 34–39. (In Russ.).
- Zaitsev G.N. *Fenologija drevesnyh rastenij* [Phenology of woody plants]. Moscow, Nauka Publ., 1981. 119 p. (In Russ.).
- Zaitsev G.N. *Matematičeskaja statistika v èksperimental'noj botanike* [Mathematical statistics in experimental botany]. Moscow, Nauka Publ., 1984. 424 p. (In Russ.).
- Karaseva T.A. [Study of the introduction of Siberian larch into artificial plantations of forests of the Altai Territory]. *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. N 9 (143) (2016): pp. 7–79. (In Russ.).
- Koropachinsky I.Yu., Vstovskaya T.N., Tomashevich N.A. [The next tasks of introduction in Asian Russia]. *Sibirskij èkologičeskij žurnal*. N 2 (2011): pp. 147–170. (In Russ.).
- Lapin P.I., Sidneva S.V. [Evaluation of the prospects for the introduction of woody plants according to visual observations]. *Opyt introdukcii drevesnyh rastenij* [Experience in the introduction of woody plants]. Moscow, 1973, pp. 7–68. (In Russ.).
- Merzlenko M.D., Kozhenkova A.A., Melnik P.G. [Growth of coniferous introduced species in the Western Moscow region]. *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. N 5 (151) (2017): pp. 86–90. (In Russ.).
- Mukhina L.N., Aleksandrova M.S., Kashtanova O.A. [Comprehensive assessment of the state of larch (*Larix* Mill.) in the arboretum of the GBS RAN]. *Bjulleten' Glavnogo botaničeskogo sada*. N 3 (2014): pp. 39–47.
- Pautova N.V. [Introduction of the Pinaceae Lindl family. In the conditions of the European North-East]. *Vestnik IrGSHA*. V. 6, N 44 (2011): pp. 102–110. (In Russ.).
- Plotnikova L.S. *Nauchnye osnovy introdukcii i ochrany drevesnyh rastenij flory SSSR* [Scientific bases of introduction and protection of woody plants of flora of the USSR]. Aftoref. dis. ... doct. biol. sciences. Moscow, 1983. 52 p. (In Russ.).
- Popova V.T., Dorofeeva V.D., Popova A.A. [Assessment of the prospects of some species of conifers for introduction in the conditions of the Central Black Earth Region]. *Trudy Sankt-Peterburgskogo naučno-issledovatel'skogo instituta lesnogo chozjajstva*. N 4 (2016): pp. 89–97. (In Russ.).
- Potapova S.A. [Growth dynamics of shoots of introduced pine species]. *Bjulleten' Glavnogo*



- botaničeskogo sada*. Iss. 137 (1985): pp. 28-31. (In Russ.).
- Repin E.N. [Influence of the thermal factor on the vegetation of pines in the arboretum of the Mountain taiga station]. *Biologičeskie issledovanija na Gornotaežnoj sancii DVO RAN*. Iss. 3 (1996): pp. 66-78. (In Russ.).
- Trulevich N.V. *Èkologo-fitocenotičeskie osnovy introdukcii rastenija* [Ecological and phytocenotic foundations of plant introduction]. Moscow, 1991. 214 p. (In Russ.).
- Firsov G.A. [Collection of conifers of the Botanical Garden of Peter the Great, BIN RAS at the beginning of the XXI century]. *Biologičeskoe raznoobrazie. Introdukcija rastenij*. [Biological diversity. Introduction of plants: materials of the Sixth International Scientific Conference]. St-Peterburg, 2016, pp. 275-279. (In Russ.).
- Frolova L.A. [Influence of temperature on the seasonal development of pines in the Botanical Garden of Moscow State University on the Lenin Hills]. *Termičeskij faktor v razvitii rastenij različnyh geografičeskich zon. Mater. Vses. konf.* [Thermal factor in the development of plants in different geographical zones. Mater. Vses. conf.]. Moscow, 1979, pp. 37-39. (In Russ.).
- Shestopalova V.V. *Itogi introdukcii sosnovykh (Pinaceae Lindl.) na Srednerusskoj vozvyšennosti i perspektivy ich ispol'zovanija* [Results of the introduction of pine (Pinaceae Lindl.) on the Central Russian Upland and the prospects for their use. Dis. ... cand. biol. sciences. Kiev, 1982. 22 p. (In Russ.).
- Shkutko N.V. *Hvojnye Belorussii* [Conifers of Belarus]. Moscow, 1991. 263 p. (In Russ.).
- Bradshaw W.R.H. The origins and dynamics of native forest ecosystems: Backerounyd tho the use of exotic species in forestry. Pap. 9th Annu. Meet. Nord. Group Forest Genet. and Free Breed., Halmormsstadur (June 12-16, 1996). Buvisindi. 1995, N 9, pp. 7-115.
- Esper J., Frank D.C., Buntgen U. et al. Trends and uncertainties in Siberian indicators of 20th century warming. *Global Change Biology*. N 16 (2010): pp. 386-398.

Поступила в редакцию 11.05.2021

#### Об авторе

Кищенко Иван Тарасович, доктор биологических наук, профессор кафедры ботаники и физиологии растений, член-корр. РАН  
ФГБОУВО «Петрозаводский государственный университет»  
**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-1039-1020>  
185910, Петрозаводск, пр. Ленина, 33;  
ivanki@karelia.ru; +79535275529

#### About the author

Kishchenko Ivan Tarasovich, doctor of biology, professor of the Department of Botany and Plant Physiology, corresponding member RAE  
Petrozavodsk State University.  
**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-1039-1020>  
185910, Russia, Petrozavodsk, pr. Lenin, 33;  
ivanki@karelia.ru; +79535275529

#### Информация для цитирования:

Кищенко И.Т. Сезонное развитие и перспективность интродуцированных видов *Pinus L.* в таежной зоне (Карелия) // Вестник Пермского университета. Сер. Биология. 2021. Вып. 3. С. 149–157. DOI: 10.17072/1994-9952-2021-3-149-157.

Kishchenko I.T. [Seasonal development and perspectivity of introduced species *Pinus L.* in the taiga area (Karelia)]. *Vestnik Permskogo universiteta. Biologija*. Iss. 3 (2021): pp. 149-157. (In Russ.). DOI: 10.17072/1994-9952-2021-3-149-157.

