

УДК 58.056

НИЗКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ АБОРИГЕННЫХ ВИДОВ КУСТАРНИКОВ И КУСТАРНИЧКОВ ОСТРОВА САХАЛИН К МАЛОСНЕЖНОЙ ЗИМЕ

© 2024 г. В. В. Шейко^а, *^а Сахалинский филиал Ботанического сада-института ДВО РАН, Россия, 693023, Южно-Сахалинск, ул. Горького, 21

*e-mail: viktorsheiko@mail.ru

Поступила в редакцию 09.08.2023 г.

После доработки 26.09.2023 г.

Принята к публикации 05.10.2023 г.

Ключевые слова: остров Сахалин, зимостойкость инорайонных видов, стратегии адаптации к похолоданию климата, экстремальные зимы

DOI: 10.31857/S0367059724010079 **EDN:** WZKGWF

Остров Сахалин расположен в зоне холодно-умеренного муссонного климата с океаническим влиянием, которым обусловлен мощный снежный покров в зимний период. Влияние таких условий на растения и растительные сообщества исследовалось в ряде работ [1–3]. Выявлены механизмы акклиматизации инорайонных растений и адаптации аборигенных видов к местным природно-климатическим особенностям. К числу в целом благоприятных местных факторов можно отнести мощный снежный покров, слабое промерзание грунта и снижение температурных контрастов под пологом елово-пихтовых лесов. В периоды криостадиалов происходят похолодание и аридизация с резким уменьшением мощности снежного покрова. Реакция видов, адаптированных к сахалинскому климату, на такие условия слабо изучена. Возможность для ее исследования предоставляют аномально малоснежные зимы, случающиеся приблизительно раз в 20 лет. Знание реакции растений на аномалии может позволить оценить значимость адаптаций, существующих у аборигенных видов к тем или иным местным факторам. Подобные сравнения могут быть продуктивными при сравнении реакций аборигенных видов с инорайонными, особенно происходящими из более теплых климатических зон. В настоящей работе проверили гипотезу, что зимостойкость сахалинских кустарников в аномальную зиму снизилась сильнее, чем зимостойкость инорайонных кустарников.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Объектом наблюдения были кустарники и кустарнички 18 аборигенных видов – как на экспо-

зициях и в питомниках Сахалинского филиала Ботанического сада-института Дальневосточного отделения РАН (СФ БСИ ДВО РАН), расположенного на окраине г. Южно-Сахалинска, так и в его ближайших окрестностях, и 53 вида из 13 родов (с преобладанием видов *Lonicera* L. и *Viburnum* L.) из других регионов (36 – из умеренной зоны, 17 – преимущественно из субтропической) (табл. 1).

Средняя высота снежного покрова определена за 20-летний период. Данные получены в районе Ботанического сада на стационарной площадке Сахалинского филиала Дальневосточного геологического института ДВО РАН (ДВГИ ДВО РАН) [4]. Суточные колебания температуры воздуха оценивали с помощью установленной той же организацией с 2016 г. автоматической метеостанции Davis Instruments Vantage Pro. Среднемесячные значения температуры воздуха приводятся по данным наблюдений на метеостанции Южно-Сахалинск. Значения температуры осреднены за период 1966–2022 гг. по данным АИСОРИ [5].

Зимостойкость оценивали по общепринятой в России 7-балльной шкале [6] в период с 1998 г. по 2022 г. Согласно этой методике, баллы, именуемые баллами зимостойкости, в действительности отражают, наоборот, интенсивность зимних повреждений: низшая зимостойкость – 7 баллов (вымерзание), максимальная – 1 балл (отсутствие повреждений). Совокупность исследуемых видов разделили на 2 группы: аборигенные и инорайонные. Средние значения минимальной зимостойкости для двух групп

Таблица 1. Список исследованных аборигенных и инорайонных видов

Название вида	На открытом участке	В тени	Число лет наблюдений	Название вида	На открытом участке	В тени	Число лет наблюдений
Аборигенные виды				<i>L. hispida</i> Pall. ex Roem. et Schult.	+		18
<i>Empetrum stenopetalum</i> V. N. Vassil.	+	+	12	<i>L. involucrata</i> Banks ex Spreng.	+	+	24
<i>Euonymus miniatus</i> Tolm.	+	+	23	<i>L. ligustrina</i> var. <i>pileata</i> (Oliv.) Franch.	+		22
<i>E. sieboldianus</i> Blume	+	+	24	<i>L. maackii</i> (Rupr.) Herder	+		24
<i>Gaultheria miqueliana</i> Takeda	+	+	12	<i>L. maximowiczii</i> (Rupr.) Regel	+		23
<i>Lonicera caerulea</i> L.	+	+	24	<i>L. morrowii</i> A. Gray	+		24
<i>L. chamissoi</i> Bunge ex P. Kir.	+	+	23	<i>L. myrtillus</i> Hook.f. et Thoms.	+		12
<i>L. chrysantha</i> Turcz. ex Ledeb.	+		24	<i>L. nigra</i> L.	+		22
<i>L. glehnii</i> F. Schmidt	+	+	24	<i>L. olgae</i> Regel et Schmalh.	+		21
<i>L. sachalinensis</i> (F. W. Schmidt) Nakai	+	+	23	<i>L. periclymenum</i> L.	+		24
<i>L. tolmatchevii</i> Pojark.	+	+	24	<i>L. praeflorens</i> Batalin	+		23
<i>Ribes sachalinense</i> (F. Schmidt) Nakai	+	+	24	<i>L. prostrata</i> Rehd.	+		21
<i>Sambucus miquelii</i> (Nakai) Kom.	+		24	<i>L. tatarica</i> L.	+		24
<i>Spiraea media</i> Schmidt	+	+	24	<i>L. utahensis</i> S. Wats.	+		24
<i>Vaccinium ovalifolium</i> Sm.	+	+	9	<i>L. webbiana</i> Wall.	+		23
<i>Viburnum furcatum</i> Blume ex Maxim.	+	+	20	<i>L. xylostium</i> L.	+		24
<i>V. sargentii</i> Koehne	+	+	24	<i>Mespilus germanica</i> L.	+		9
<i>V. wrightii</i> Miq.	+	+	15	<i>Pyracantha coccinea</i> M. Roem.	+		9
<i>Weigela middendorffiana</i> (Carrière) K. Koch	+	+	24	<i>Sambucus canadensis</i> L.	+		18
Инорайонные виды				<i>S. nigra</i> L.	+		23
<i>Buxus sempervirens</i> L.	+	+	9	<i>Smilax excelsa</i> L.	+		9
<i>Cryptomeria japonica</i> D. Don	+		12	<i>Staphylea colchica</i> Steven	+		9
<i>Jasminum fruticans</i> L.	+		9	<i>Symphoricarpos albus</i> (L.) S. F. Blake	+		23
<i>Kolkwitzia amabilis</i> Graebn.	+		21	<i>Viburnum acerifolium</i> L.	+		12
<i>Lonicera alpigena</i> L.	+		24	<i>V. buddleifolium</i> C. H. Wright	+		23
<i>L. altmannii</i> Regel et Schmalh.	+		24	<i>V. cassinoides</i> L.	+		18
<i>L. canadensis</i> Marsh.	+		24	<i>V. cotinifolium</i> D. Don	+		23
<i>L. caucasica</i> Pall.	+		24	<i>V. dentatum</i> var. <i>venosum</i> (Brit.) Gleas.	+		22
<i>L. demissa</i> Rehder	+		24	<i>V. lantana</i> L.	+	+	24
<i>L. dioica</i> L.	+		24	<i>V. lentago</i> L.	+		18
<i>L. discolor</i> Lindl.	+		17	<i>V. nudum</i> L.	+		18
<i>L. ferdinandi</i> Franch.	+		24	<i>V. opulus</i> L.	+		23
<i>L. floribunda</i> Boiss.	+		17	<i>V. rafinesquianum</i> Schult.	+		10
<i>L. fragrantissima</i> Lindl. et Paxton	+		23	<i>V. rhytidophyllum</i> Hemsl.	+		10
<i>L. gracilipes</i> var. <i>glandulosa</i> Maxim.	+		24	<i>V. sieboldii</i> Miq.	+		13
				<i>V. trilobum</i> Marshall	+		23
				<i>V. veitchii</i> C. H. Wright	+		23
				<i>Weigela hortensis</i> K. Koch	+	+	9

определяли отдельно в аномальном 2019 г. и за многолетний период, а также отдельно на освещенных местах и под пологом деревьев. Для двух групп видов — аборигенных и инорайонных, наблюдавшихся отдельно в тени или на солнце, сравнили между собой как сами средние значения, так и разность между данными за 2019 г. и многолетний период.

Дескриптивная статистика включала расчет медианы с межквартильным размахом. Единицей измерения в одном случае было минимальное значение зимостойкости, зафиксированное среди всей совокупности экземпляров того или иного вида, испытанных либо на солнце, либо в тени — отдельно для 2019 г. и многолетнего периода (т.е. всего 4 категории наблюдений). В другом случае единицей измерения была разность между минимальными значениями зимостойкости для каждого вида в 2019 г. и за многолетний период — отдельно для тех же 4 категорий. Объем выборок был следующий: аборигенные виды на открытых участках — 18 видов, в затенении — 16; инорайонные виды на открытых участках — 53, в затенении — 4. Выборки сравнивали попарно. Сравнение двух выборок проводили с помощью критерия Манна-Уитни (U). Статистическую значимость оценивали рандомизационной техникой Монте-Карло ($n = 99\,999$). Эффекты считали статистически значимыми при $p \leq 0.05$. Расчеты и графические построения выполнены в пакетах PAST (v. 4.13; [7]) и GraphPad Prism9 (GraphPad Software, Inc.).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Зима 2018/19 гг. была аномально малоснежной (рис. 1). Ранее подобное явление отмечали в 1997/98 гг. В обоих случаях этому событию предшествовало более холодное, чем обычно, лето. В первую половину зимы 2018/19 гг. толщина снега не превышала 30 см. К 10 декабря толщина снега была около 10 см, несколько недель оставаясь столь же низкой — притом, что среднемноголетняя мощность снега к 15 декабря составляет 30 см. Наледи на реках и ручьях свидетельствовали о более глубоком, чем обычно, промерзании грунта даже в поймах. К концу января средняя температура воздуха опустилась ниже нормы, а 9 февраля зафиксировали температуру -34°C при абсолютном минимуме для Южно-Сахалинска -39°C . Мощность снегового покрова возросла до 39–48 см лишь во второй половине зимы, особенно к концу марта, одно-

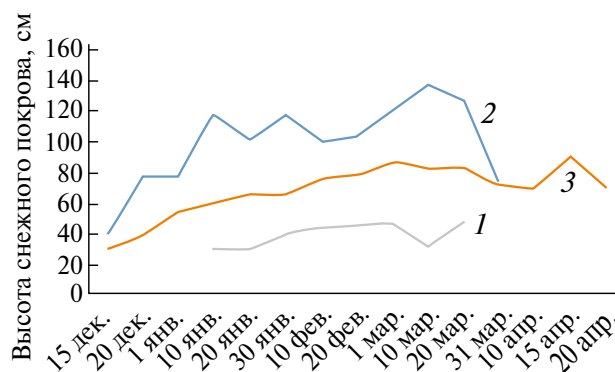


Рис. 1. Высота снежного покрова в Ботаническом саду в малоснежную зиму 2018/19 гг. (1), многоснежную 2017/18 гг. (2) и средняя высота (3) за 20 лет [2].

временно с повышением температуры воздуха выше нормы. Это усилило зимнее иссушение побегов. Повышение среднесуточной температуры сопровождалось ее резкими суточными перепадами.

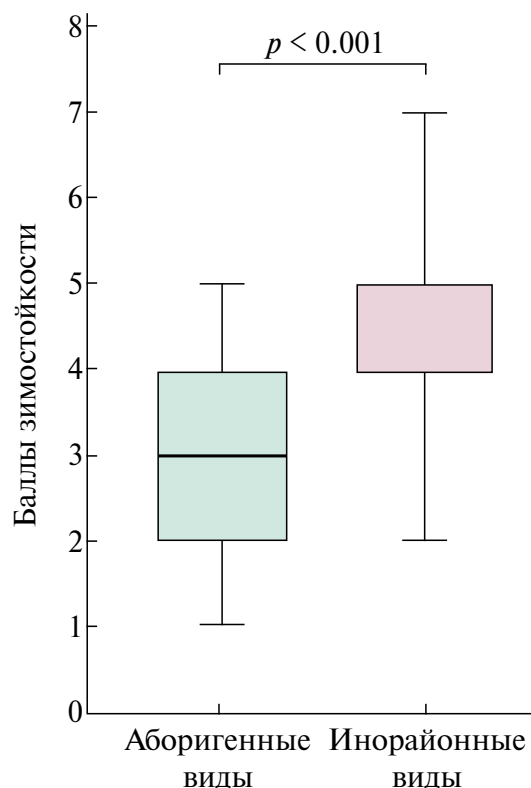


Рис. 2. Минимальная зимостойкость за многолетний период на открытых местах у аборигенных и инорайонных видов. Здесь и на рис. 3 коробчатая диаграмма показывает межквартильный размах, горизонтальная линия внутри — медиана, вертикальные линии — минимальный и максимальный диапазоны баллов.

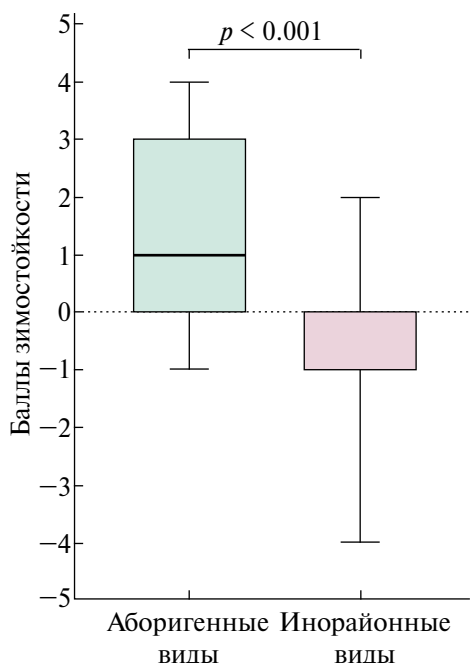


Рис. 3. Разность минимальной зимостойкости в 2019 г. и за многолетний период на открытых местах у аборигенных и инорайонных видов.

При сопоставлении средних значений минимальной зимостойкости за многолетний период на открытых местах между аборигенными и инорайонными видами обнаружены статистически значимые различия: $U = 196.0$, $p < 0.001$ (рис. 2). Более высокая зимостойкость в среднем установлена у аборигенных растений. В 2019 г. значимые различия между двумя категориями видов отсутствуют ($U = 355.5$, $p = 0.071$), так как зимостойкость аборигенных и инорайонных видов одинаково низкая. Разность минимальной зимостойкости в 2019 г. и за многолетний период у двух категорий видов значима при $U = 139.0$, $p < 0.001$ (рис. 3). Минимальная зимостойкость аборигенных видов в 2019 г. существенно снизилась по сравнению со среднемноголетней (значения медиан различаются на 2 балла) при $U = 47.5$, $p < 0.001$, тогда как у инорайонных значимо не изменилась ($U = 1239.0$, $p = 0.158$). Из 18 аборигенных видов более низкие показатели в 2019 г. отмечены у представителей 14 видов, или 78%. Снижение зимостойкости отмечено: на 4 балла у 1 вида (*Empetrum stenopetalum*), на 3 балла — у 5 видов (или 27.8%), на 2 балла — у 2 (11.1%), на 1 балл — у 5 (27.8%), не отмечено — у 5 (27.8%). Из 54 видов инорайонных кустарников зимостойкость снизилась у представителей 5 видов, или 9%, все они из рода *Lonicera*.

Разность минимальной зимостойкости аборигенных и инорайонных кустарников, наблюдавшихся под пологом деревьев, оказалась статистически незначимой ($U = 27.0$, $p = 0.675$), вероятно, из-за малого (4 вида, или 7.4%) числа видов инорайонных растений. У кустарников 14 аборигенных видов, наблюдавшихся в тени, минимальная зимостойкость в 2019 г. статистически значимо ($U = 43.0$, $p = 0.006$) снизилась, хотя и незначительно: медианы совпадают, но межквартильный размах в 2019 г. от 2 до 4 баллов, за остальные годы — от 1 до 2. Разница незначительна из-за отсутствия изменений в 2019 г. у половины видов и малых изменений у большинства остальных: снижение на 4 балла у 2 видов (12.5%) — *Gaultheria miqueliana* и *Ribes sachalinense*, на 3 балла — у 1 вида (6.3%), на 2 балла — у 3 (18.8%), на 1 балл — у 2 (12.5%).

Более сильные, чем у инорайонных видов, зимние повреждения аборигенных кустарников в аномально малоснежную зиму можно объяснить адаптацией большинства из них к факторам, связанным с мощным снежным покровом. С адаптацией к защите побегов от зимнего иссушения можно связать реакции видов, ареалы которых расположены в зоне холоднотемпературного климата, преимущественно в регионах с глубоким снегом: *Gaultheria miqueliana* [8], *Ribes sachalinense* [9], *Lonicera chamissoi* [9, 10], *Viburnum wrightii*, в меньшей степени — *Spiraea media* и *Empetrum stenopetalum* [8].

Другой фактор, на который влияет глубокий снег, — слабое промерзание грунта. Оно может быть обусловлено как собственно снежным укрытием, так и высоким уровнем грунтовых вод. В первом случае к данному фактору адаптированы *Gaultheria miqueliana* из зоны океанического влияния [8] и виды, предпочитающие среднюю и верхнюю части горных склонов: *Ribes sachalinense* [9], *Vaccinium ovalifolium*, *Viburnum furcatum*, *Weigela middendorffiana*, *Euonymus miniatus*, иногда рассматриваемый как *E. sachalinensis* Maxim. [9]. На острове Сахалин *E. miniatus* чаще встречается в среднегорьях, часто в зарослях бамбука *Sasa*. Растения *Sasa* spp. массово обмерзли в низкогорьях (но не в среднегорьях) зимой 2018/19 гг. К прирусловым участкам и местам выклинивания грунтовых вод приурочены местообитания *Ribes sachalinense*, *Lonicera tolmatchevii* [10, наши данные], *Euonymus sieboldiana*.

Часть видов, не отреагировавших на малоснежность зимы под пологом деревьев, адапти-

рованы к минимизации зимнего иссушения из-за их приуроченности к произрастанию под пологом елово-пихтовых лесов: *Weigela middendorffiana* [11], *Lonicera glehnii*, *Viburnum wrightii*. Последние два – реликтовые виды южного генезиса [10, 12]. Даже на освещенных участках на погодную аномалию не отреагировали *Lonicera chrysantha*, *L. caerulea*, *Viburnum sargentii*, *Sambucus miquelii*. Первые три – это виды, основная часть ареалов которых находится в регионах с более суровыми или даже малоснежными зимами [8]. *S. miquelii* – самый быстрорастущий сахалинский кустарник, что, возможно, позволяет его корням достигать грунтовых вод. Приуроченность к перечисленным местообитаниям можно рассматривать как разные стратегии адаптации дальневосточных видов к похолоданию климата.

Из инорайонных кустарников снизили зимостойкость в 2019 г. лишь некоторые виды жимолости. Из них *Lonicera involucrata* и *L. maximowiczii* близкородственны, соответственно, *L. tolmatchevii* и *L. sachalinensis* [10], *L. webbiana* и *L. alpigena* входят в одну подсекцию с аборигенной *L. glehnii* [10]. Стелющаяся *L. prostrata* из субальпийского пояса гор Западного Китая [13] адаптирована к зимовке под снежным укрытием. Факт слабой реакции многих инорайонных видов на погодную аномалию следует учитывать при исследовании возможностей натурализации инвазионных видов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В Ботаническом саду г. Южно-Сахалинска сравнили зимостойкость 18 видов кустарников и кустарничков, аборигенных для о. Сахалин, и 53 инорайонных видов. Обнаружено статистически значимое превышение средних значений (медиан) минимальной зимостойкости за многолетний период на открытых местах у аборигенных видов в сравнении с инорайонными. В аномально малоснежную зиму 2018/19 гг. значимых различий между двумя категориями видов не зафиксировано. Это результат значимого снижения минимальной зимостойкости у аборигенных видов в 2019 г. в сравнении с многолетним периодом. У аборигенных кустарников зимостойкость в 2019 г. снизилась у 78% видов, у инорайонных – у 9% (все из рода *Lonicera*).

Негативная реакция аборигенных видов, вероятно, связана с адаптациями к мощному снежному укрытию и слабому промерзанию грунта.

Другая категория – растения, чаще реликтовые, адаптированные к условиям елово-пихтовых лесов, уберегающих их от температурных контрастов. Не отреагировали на погодную аномалию виды, распространенные больше в малоснежных районах умеренной зоны и в регионах с более суровым климатом. Инорайонные виды *Lonicera*, отреагировавшие на аномалию, либо родственны сахалинским видам, либо адаптированы к снежному укрытию.

Работа выполнена в рамках темы государственного задания «Введение в культуру, изучение и сохранение генетических ресурсов хозяйственно ценных растений Восточной Азии», № 122040800086-1. Выражаю признательность коллективу лаборатории лавинных и селевых процессов Сахалинского филиала ДВГИ ДВО РАН за материалы по снежному покрову и помощь в обработке климатических данных.

Автор подтверждает отсутствие конфликта интересов. Сообщение не содержит исследований с участием людей или животных в качестве объектов изучения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Клинецов А.П. Защитная роль лесов Сахалина. Южно-Сахалинск: Дальневост. кн. изд-во, Сахалин. отд-ние, 1973. 233 с.
2. Воронова Т.Г. Корневые системы плодовых и ягодных растений в условиях Сахалина. Новосибирск: Наука, 1973. 216 с.
3. Шейко В.В. Итоги интродукции видов *Lonicera* (Caprifoliaceae) на юге Сахалина // Бюл. Главного ботан. сада. М., 2008. Вып. 193. С. 33–40.
4. Музыченко А.А., Лобкина В.А. Оценка снежности зим на юге острова Сахалин по данным контрольной площадки наблюдения // Вестник ДВО РАН. 2018. № 6. С. 115–121.
5. Веселов В.М., Прибыльская И.Р., Мирзеабасов О.А. Специализированные массивы для климатических исследований. Copyright © 2000-2011-2018-2022 ВНИИГМИ-МЦД. URL: <http://aisori-m.meteo.ru>
6. Методика фенологических наблюдений в ботанических садах СССР // Бюл. Главного ботан. сада. М., 1979. Вып. 113. С. 3–11.
7. Hammer Ø., Harper D.A.T., Ryan P.D. PAST: paleontological statistics software package for education and data analysis // Palaeontologia Electronica. 2001. V. 4 (1). P. 1–9.
8. Сосудистые растения советского Дальнего Востока / Отв. ред. Харкевич С.С. Ленинград (СПб.): На-

- ука, 1985–1996. Т. 1–8.
9. Global Biodiversity Information Facility, 2021.
<https://www.gbif.org/what-is-gbif>.
10. Недолужко В.А. Систематический и географический обзор жимолостей северо-востока Евразии // Комаровские чтения. Владивосток, 1986. Вып. 33. С. 54–109.
11. Krestov P.V., Nakamura Y. Phytosociological study of the *Picea jezoensis* forests of the Far East // Folia Geobotanica. 2002. V. 37. N4. P. 441–474.
<https://doi.org/10.1007/BF02803257>
12. Clement W.L., Donoghue M.J. Barcoding success as a function of phylogenetic relatedness in *Viburnum*, a clade of woody angiosperms // BMC Evol. Biol., 2012. V. 12. Art. 73. P. 1–13.
13. Flora of China. V. 19. St. Louis – Beijing, 2011. P. 478–640.

Low Resistance of Native Species of Shrubs and Bushes on Sakhalin Island to Winters with Little Snow

V. V. Sheiko^{1, *}

¹Botanical Garden Institute, Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences, Sakhalin oblast, Russia, 693023, Yuzhno-Sakhalinsk

*e-mail: viktorsheiko@mail.ru

Keywords: Sakhalin Island, winter hardiness of non-regional species, adaptation strategies to climate cooling, extreme winters