



УДК 630\*18:630\*425 [504.5:547.62]:582.472.4(1-925.16)

## Поиск репрезентативных показателей состояния кустарникового яруса (*Rhododendron aureum* Georgi и *Rhododendron dauricum* L.) в лесных экосистемах при воздействии природных и антропогенных факторов среды

Т. А. Пензина, И. А. Граскова, Л. В. Дударева, С. Н. Осипенко

Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, Иркутск  
E-mail: [penzina@sifibr.irk.ru](mailto:penzina@sifibr.irk.ru)

**Аннотация.** Проводился поиск физиологического и биоморфологического отклика у представителей кустарникового яруса (*Rhododendron aureum* Georgi и *Rhododendron dauricum* L.) на меняющиеся условия среды. Исследования проводились в естественных сообществах по горному профилю хребта Хамар-Дабан и в районе действия алюминиевого производства (Ирказ).

**Ключевые слова:** биоморфология, физиологический отклик, природный и антропогенный стресс, активность пероксидазного комплекса, эфирные масла

### Введение

Промышленные атмосферные загрязнения рассматриваются рядом авторов как один из видов техногенного прессинга в экосистемах [3]. Как известно, в нативных условиях существуют определенные трудности с выделением воздействия того или иного фактора. Для объективной оценки степени техногенного воздействия на экосистему предлагается ввести градиентный подход. В основу данного подхода мы берем принцип монотонности природных условий на протяжении одного типа леса (или равнозначной величины) в объеме, предложенном Н. В. Сукачевым. Таким образом, на территории с единообразными природными условиями мы имеем возможность рассмотреть градиент загрязнения и выделить техногенную составляющую в виде присутствия экзотических веществ в разных средах. Наиболее спорным этапом выявления действующего техногенного прессинга является определение границы нарушений функционирования экосистемы или отдельных ее составляющих. Исследования, проводимые в естественных ландшафтах, могут значительно облегчить задачу контроля техногенного стресса и прояснить общие представления о значимости и степени воздействия антропогенного прессинга.

### Материал и методика

Исследования проводились в местах естественного произрастания рододендронов с це-

люю выяснения физиологической и биоморфологической реакции организма на изменение факторов среды по горному профилю и на удалении от источника атмосферного загрязнения. Биоморфологическое изучение кустарниковых форм проводилось многими авторами [5; 6; 7; 8]. Сам термин «биоморфология» был введен в (1974) М. Т. Мазуренко [5]. Ею предложена классификация жизненных форм растений в зависимости от условий произрастания.

### Изучение популяции *Rhododendron aureum*.

Район исследования *Rh. aureum* находится на северо-западном макросклоне хребта Хамар-Дабан. Благодаря горному характеру рельефа климатические условия зависят от множества факторов, самым значительным из которых является воздействие огромной водной массы Байкала. Для данного региона характерны сглаженный ход суточных и сезонных температур, повышенная влажность воздуха, периоды весеннее-летних засух при высоком среднегодовом уровне осадков – от 600 мм в предгорьях до 2 500 мм в высокогорных частях хребта. Сделаны профили в южной и средней части хребта по долине р. Слюдянка до п. Черского (2 090 м), р. Бабха до пика Бабха (2 100 м), и на территории Байкальского государственного биосферного заповедника по р. Осиновка до Осиновского гольца (1 840 м). Проведены 27 геоботанических описаний сообществ, включающих *Rhododendron aureum*. При рассмотрении распространения рододендрона по горным

профилям хребта Хамар-Дабан нами описаны различные биоморфы, характерные для широтного их распространения [5].

### *Результаты и обсуждение*

Пробы *Rh. aureum* из ложноподгольцового пояса (470–550 м над уровнем моря, 10–90 м над уровнем Байкала) показывают самую низкую активность пероксидазного ферментного комплекса ( $\Delta D=0,24-0,39$ ). Данные площади расположены узкой полосой вдоль береговой линии оз. Байкал и находятся непосредственно под влиянием лимноклимата озера. В этом поясе вид встречается в устьях рек на древних ледниковых моренах, отдельными куртинами, не образуя сплошного полога как в высокогорьях. Здесь расположена небольшая часть популяции *Rh. aureum* и с геоботанической точки зрения это местообитание не является типичным для вида. Тем не менее, физиологические показатели говорят о низких стрессовых нагрузках в этом поясе. Здесь формируются кусты правильной чашеобразной формы высотой до 60 см, показан хороший габитус растений и размеры листовой пластинки.

Вторая часть листового материала отобрана на высоте 710–750 метров над уровнем моря в поясе темнохвойной тайги. Эти высоты являются нижней границей основного распространения *Rh. aureum* в горах Прибайкалья. В этих сообществах ряд климатических характеристик приближается к горному климату: повышаются колебания суточных температур, повышается уровень инсоляции и доля жестких лучей солнечного спектра за счет повышения прозрачности и толщины атмосферы. В листьях, собранных в этом поясе наблюдается некоторое повышение активности пероксидазного комплекса ( $\Delta D = 0,40 - 0,65$ ). Морфологически данная группа особей отличается наибольшим размером, листовой аппарат хорошо развит, прирост максимален среди всех исследованных особей. Здесь этот вид образует сплошные заросли под пологом темнохвойной тайги.

Третья часть листового материала отобрана в высокогорьях в горно-таежных, подгольцовых и тундровых сообществах на высотах от 1100 до 1450 м над уровнем моря. Здесь показана наибольшая активность пероксидазного комплекса в листовом аппарате *Rh. aureum* ( $\Delta D = 0,8 - 1,8$ ). Основная биоморфа здесь – низкорослые (до 20 см) кустарники либо ксилоризома в мохово-лишаниковой подушке с явными чертами нанизма.

Проведенный анализ показал значительные различия активности пероксидазного комплекса в листьях разных возрастов – в основном активность первого года ниже остальных, активность второго года несколько выше (рис. 1). Листья третьего года в неблагоприятных условиях начинают быстро опадать, а оставшиеся показывают снижение активности пероксидазного комплекса, что возможно диагностирует апоптоз. Полученные данные позволяют судить о закономерной изменчивости активности слабосвязанных пероксидазных комплексов в листовом аппарате *Rh. aureum*.

Изучение популяции *Rh. dauricum*. Исследование проводилось в зоне воздействия аэропромвыбросов ИркАЗа СУАЛ (г. Шелехов). По градиенту загрязнения, расположенному по розе ветров, на участке 1, 3 и 15 км ранее были проведены замеры приоритетных загрязнителей из класса ПАУ, в частности, бенз(а)пирена и фтористых соединений в почве, в хвое, листьях и древесине деревьев [4]. Точка Орленок взята в качестве контрольной, поскольку концентрация данных поллютантов в этом районе минимальна и не превышает ПДК. Район исследования расположен в южной и средней части Прибайкалья в Среднеолхинском плоскогорье и в чистых ненарушенных ландшафтах острова Ольхон с действием естественных стресс-факторов. Климатические условия здесь относительно выровненные, годовое количество осадков достигает 600 мм. Лесонасаждения представлены сосновыми и сосново-лиственничными лесами рододендроновыми бруснично-зеленомошными. *Rh. dauricum* обладает высокой экологической пластичностью и потенциально рассматривается как возможный биоиндикатор. Он произрастает в ландшафтах с разнообразными экологическими параметрами, где образует различные экобиоморфы. В ходе исследований на выбранных пробных площадях выявлялись возможные экобиоморфы рододендрона даурского. Анализ многолетних приростов рододендрона на пробных площадях показал, что в результате гибели верхушечной почки побег замещения формируется из апикальной меристемы боковой почки. При этом происходит перевершинивание – процесс, когда один из боковых побегов, формирующийся из боковой почки становится доминирующим и заменяет главный побег. Этот процесс определяет формирование систем побегов. В районе 3 км от источника аэропромвыбросов (ИркАЗ) гибель апикальной

меристемы верхушечной почки происходит практически в 95 % случаев, что является причиной изменения структуры формирования приростов. Образуется характерная биоморфа – крона кустарника на высоте около 1 м представляет собой густое сплетение коротких побегов по типу ложных «ведьминых метел». Такая же биоморфа наблюдается и на о. Ольхон в сообществах на песчаных почвах. Образцы рододендрона даурского, взятые в контрольной точке, имеют менее разветвленную структуру, так как ежегодный прирост осуществляется из верхушечной почки в 65 % случаев. Эти две биоморфы легко различимы визуально, и позволяют провести предварительное заключение о состоянии растений.

*Состав эфирных масел рододендронов.* Для идентификации компонентов эфирных масел применялась методика масс-спектрометрии с использованием библиотек (NIST 02 и Wiley 7). Для выявления воздействия природно-клима-

тических и техногенных факторов на изменение состава метаболитов, материал собирался по описанной схеме. Для выявления временной стабильности химического состава эфирных масел собирался материал на одной пробной площади в течение вегетационного сезона.

Проведенный анализ состава эфирных масел показал широкую вариабельность состава как в качественном, так и в количественном отношении. Полученные данные по составу анализировались на предмет наличия групп химических соединений, устойчивых во временном отношении, что соответствует поставленным задачам. В составе эфирных масел *Rh. aureum* было распознано с разной степенью вероятности 47 компонентов. Компонентами, отвечающими заданным условиям, были соединения из группы селиненов *Rh. aureum*, а у *Rh. dauricum* – кадинены (рис. 2, 3).

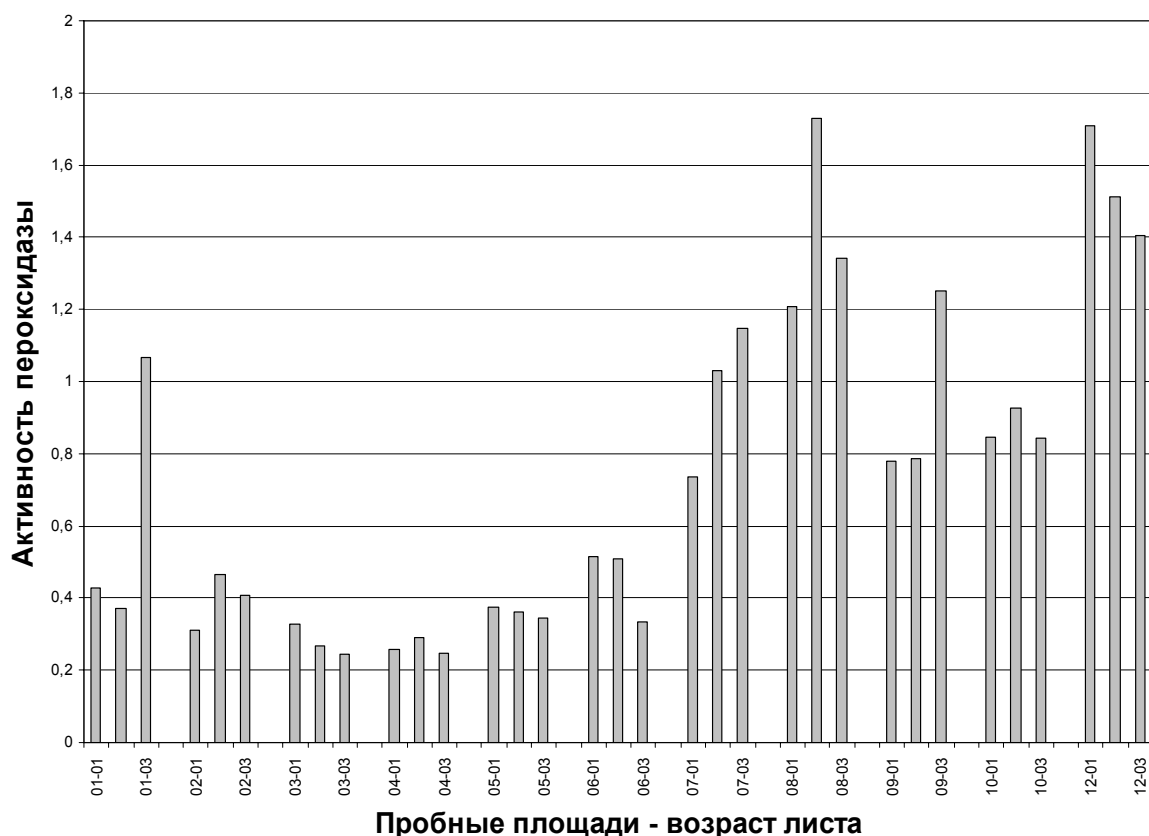


Рис. 1. Активность пероксидазного комплекса листовых пластинок трех лет вегетации у *Rh. aureum* в предгорьях и по высотному профилю хребта Хамар-Дабан: 1–2 – среднегорья (700–760 м); 3–5 – предгорья (460–500 м); 6 – окрестности БЦБК (490 м) 7–12 – профиль по р. Слюдянка: 7 – 753 м, 8 – 1 172 м, 9 – 1 452 м, 10 – 1 402 м, 12 – 1 350 м

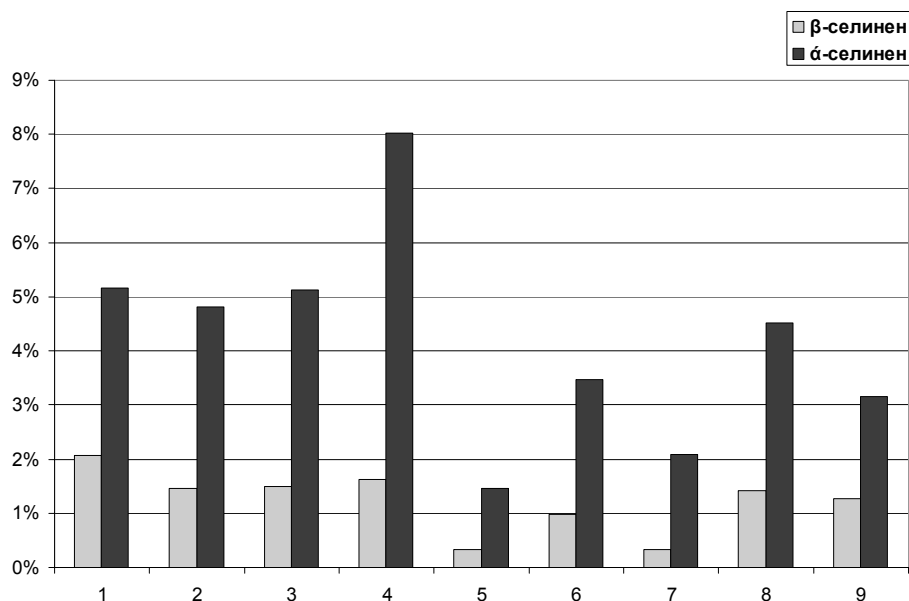


Рис. 2. Содержание гамма-кадинена и дельта-кадинена в эфирном масле *Rh. dauricum*: 1–3 – площадка СИФИБР: 1 – июнь; 2 – июль; 3 – август; 4 – сосняк беломошный рододендроновый, граница с песчаными дюнами (о. Ольхон); 5 – сосняк рододендроновый бруснично-зеленомошный (о. Ольхон); 6 – сосняк рододендроновый бруснично-зеленомошный (3 км от Ирказа, ст. Олха); 7 – сосняк рододендроновый бруснично-зеленомошный (ст. Орленок)

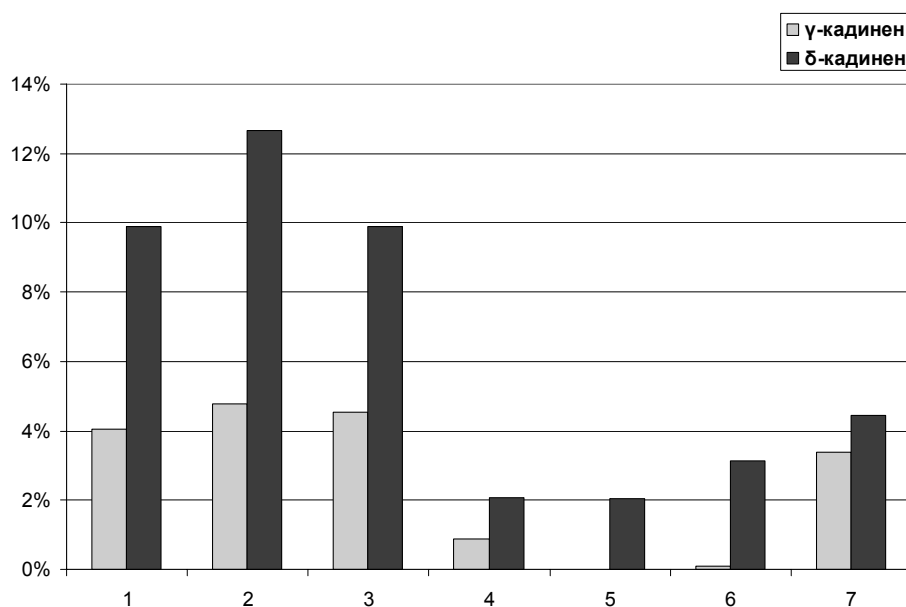


Рис. 3. Содержание альфа-селинена и бэта-селинена в эфирном масле *Rhododendron aureum* в предгорьях и по высотному профилю хребта Хамар-Дабан: 1–3: Пробная площадь Утулик (490 м): 1 – июнь, 2 – июль, 3 – август; 4 – р. Выдринная (465 м); 5 – р. Слюдянка, (753 м), 6 – р. Слюдянка, (1 172 м), 7 – р. Солзан – окрестности БЦБК (490 м)

### Литература

1. Васфилов С. П. Peroксидаза хвои сосны во время вегетации в условиях загрязнения / С. П. Васфилов // Сиб. экол. журн. – 2002. – Т. 9(1). – С. 71–77.  
 2. Волков И. В. Введение в экологию высокогорных растений : учеб. пособие. – 2-е изд., перераб.

и доп. / И. В. Волков. – Томск : Изд-во ТГПУ, 2005. – 416 с.

3. Изменение баланса элементов в хвое сосны обыкновенной при техногенном загрязнении / Т. А. Михайлова [и др.] // Сиб. экол. журн. – 2003. – Т. 6. – С. 755–762.

4. Контроль стрессовой нагрузки в лесных экосистемах Прибайкалья при воздействии аэропро-

мвыбросов алюминиевых производств / В. К. Войников [и др.] // Сиб. экол. журн. – 2005. – № 4. – С. 693–700.

5. Мазуренко М. Т. Биоморфогические адаптации растений крайнего севера / М. Т. Мазуренко. – М. : Наука, 1986. – 208 с.

6. Серебряков И. Г. Экологическая морфология растений / И. Г. Серебряков. – М. : Высш. шк., 1962. – 378 с.

7. Серебрякова Т. И. Учение о жизненных формах на современном этапе / Т. И. Серебрякова // Итоги науки и техники. Ботаника. – М. : ВИНТИ, 1971 – Т. 1. – С. 84–169

8. Хохряков А. П. Эволюция биоморф растений / А. П. Хохряков. – М. : Наука, 1981. – 168 с.

## Search of representative measure of shrub layer condition (*Rhododendron aureum georgi* and *Rhododendron dauricum* L.) in forest ecosystems influenced by natural and anthropogenic factor

T. A. Penzina, I. A. Graskova, L. V. Dudareva, S. N. Osipenko

Siberian Institute of Physiology and Biochemistry of Plants, Siberian Branch of Russian Academy of Science.

**Abstract.** Performed search of physiological and morphological response of shrub layer representative (*Rhododendron aureum* Georgi and *Rhododendron dauricum* L.) influenced by different environment condition. Investigation carried out in natural phytocenosis of mountain ridge Khamar-Daban and in phytocenosis influenced by emission of aluminum industry.

**Key words:** morphology, physiological response, natural and anthropogenic stress, peroxidase complex activity, essential oils.

Пензина Татьяна Александровна  
Сибирский институт физиологии и биохимии  
растений СО РАН  
664033, Иркутск, ул. Лермонтова, 132  
кандидат биологических наук  
старший научный сотрудник, группа «Оранжерея»  
тел. (395 2) 42–60–25, факс (395 2) 51–07–54  
E-mail: penzina@sifibr.irk.ru

Penzina Tatiana Aleksandrovna  
Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry  
SB RAS  
664033, Irkutsk, 132, Lermontova St.  
Ph. D. in Biology, senior research scientist,  
Greenhouse Group  
phone: (395 2) 42–60–25, fax: (395 2) 51–07–54  
E-mail: penzina@sifibr.irk.ru

Граскова Ирина Алексеевна  
Сибирский институт физиологии и биохимии  
растений СО РАН  
664033, Иркутск, ул. Лермонтова 132  
кандидат биологических наук  
старший научный сотрудник  
лаборатории фитоиimmunологии  
тел. (395 2) 42–50–09, факс (395 2) 51–07–54  
E-mail: graskova@sifibr.irk.ru

Graskova Irina Alekseevna  
Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry  
SB RAS  
664033, Irkutsk, 132, Lermontova St.  
Ph. D. in Biology, senior research scientist,  
Laboratory of Phytoimmunology  
phone: (395 2) 42–50–09, fax: (395 2) 51–07–54  
E-mail: graskova@sifibr.irk.ru

Дударева Любовь Виссарионовна  
Сибирский институт физиологии и биохимии  
растений СО РАН  
664033, Иркутск, ул. Лермонтова 132  
научный сотрудник лаборатории физико-химических  
методов исследования  
тел. (395 2) 42–50–09, факс (395 2) 51–07–54

Dudareva Lubov Vissarionovna  
Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry  
SB RAS  
664033, Irkutsk, 132, Lermontova St.  
research scientist  
Laboratory of Physic-Chemical Research Methods  
phone: (395 2) 42–50–09, fax: (395 2) 51–07–54

Осипенко Семен Николаевич  
Сибирский институт физиологии и биохимии  
растений СО РАН  
664033, Иркутск, ул. Лермонтова 132  
аспирант, ведущий инженер  
тел. (395 2) 42–50–09, факс (395 2) 51–07–54

Osipenko Semen Nikolaevitch  
Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry  
SB RAS  
664033, Irkutsk, 132, Lermontova St.  
doctoral student, leading engineer  
phone (395 2) 42–50–09, fax: (395 2) 51–07–54