

УДК 502.75

<https://doi.org/10.25221/kl.72.8><https://elibrary.ru/miiekq>

## ПРИМЕНЕНИЕ НОВОГО ПОДХОДА К ОЦЕНКЕ СТАТУСА РЕДКОСТИ ДЛЯ РАСТЕНИЙ БАССЕЙНА ОЗЕРА ХАНКА

Л.А. Залютдинова (Каменева)<sup>1</sup>, А.К. Квитченко<sup>1,2</sup>, Е.А. Марчук<sup>1</sup>

*<sup>1</sup>Ботанический сад-институт ДВО РАН, г. Владивосток*

*<sup>2</sup>Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток*

С помощью индекса редкости «гг», предложенного Е.А. Maciel (2021) на основе работ D. Rabinowitz (1981), были проанализированы данные для 78 редких видов, произрастающих в бассейне озера Ханка. Для оценки использовался синтез трёх параметров, имеющих одинаковый вес в расчётах: географический ареал, специфичность среды обитания, размер популяции. В анализ были включены метаданные с этикеток гербарных образцов, информация о встречаемости видов из литературы и собственные наблюдения. Расчёт индекса редкости «гг» производился с помощью программного пакета «gindex» в программной среде R (R CoreTeam, 2023). Результатом расчёта является список видов с соответствующими индексами. Для изученных видов индекс редкости «гг» принимает значения от 0.22 до 1, и чем ближе к единице, тем более редким считается вид. Апробация метода показала, возможность его эффективного применения для локальных территорий с большим числом редких видов разного распространения, численности и экологической амплитуды.

**Ключевые слова:** озеро Ханка, редкие виды, индекс редкости, типы редкости D. Rabinowitz.

## APPLICATION OF A NEW APPROACH TO ASSESSING THE RARITY STATUS OF PLANTS IN THE KHANKA LAKE BASIN

L.A. Zalyautdinova (Kameneva)<sup>1</sup>, A.K. Kvitchenko<sup>1,2</sup>, E.A. Marchuk<sup>1</sup>

*<sup>1</sup>Botanical Garden-Institute, FEB RAS, Vladivostok, Russia*

*<sup>2</sup>Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia*

Data were analyzed for 78 rare species growing in the Khanka Lake basin using the rarity index “rr” proposed by E.A. Maciel (2021) based on the work of D.

Rabinowitz (1981). For the assessment, we used a synthesis of three parameters that have equal weight in the calculations: geographic range, habitat specificity, and population size. The analysis included metadata from herbarium specimen labels, information on species occurrence from the literature, and our own observations. The rarity index “rr” was calculated using the “rrindex” software package in the R software environment (R CoreTeam, 2023). The result of the calculation is a list of species with corresponding indices. For the studied species, the rarity index “rr” takes values from 0.22 to 1, and the closer to one, the rarer the species is considered. Testing of the method showed the possibility of its effective use for local areas with a large number of rare species of different distribution, abundance and ecological amplitude.

**Keywords:** Lake Khanka, rare species, rarity index, types of rarity of D. Rabinowitz.

Оз. Ханка – крупнейшее озеро на российском Дальнем Востоке. Длина озера около 90 км, наибольшая ширина 67 км, площадь составляет 4070 км<sup>2</sup>. Озеро находится в центре Приханкайской низменности, бассейн которого занимает около 25 тыс. км<sup>2</sup> (Bazarov et al. 2021). В административном делении бассейн оз. Ханка приходится на Ханкайский, Хорольский, Пограничный, Спасский, Михайловский и Черниговский районы Приморского края, частично Октябрьский и Кировский районы. В 1976 г. бассейн оз. Ханка был включён в список территорий, охраняемых Ramsar Convention (Iran, 1971). В 1990 г. был образован Государственный природный биосферный заповедник «Ханкайский», состоящий из 5 кластеров (участки «Сосновый» и «Мельгуновский» на западной стороне озера, участок «Речной» – на южной, «Журавлиный» и «Чёртово болото» на восточной стороне озера). А в 2019 году в бассейне оз. Ханка был сформирован новый региональный заказник «Комиссаровский», расположенный в Ханкайском и Пограничном районах, на территориях пограничных с Китаем. Пристальное внимание учёных привлекает наличие редких видов растений произрастающих на этой уникальной природной территории (Баркалов, Харкевич, 1996; Крестов, Верхолат, 2003; Кожевников и др., 2007; Холина и др. 2009; Marchuk et al., 2024). На восточной границе распространения в Приханкайской низменности представлен комплекс степных видов, многие из которых являются редкими, например, *Adenophora stenanthina*, *Scutellaria baicalensis*, *Armeniaca sibirica*, *Stipa baicalensis* и др. В комплекс водных и околководных видов входят такие редкие растения как *Euryale ferox*, *Nelumbo komarovii*, *Trapella sinensis*, *Iris ensata* и др. На песчаных берегах озера встречаются сообщества ханкайских эндемиков – *Thymus przewalskii*, *Oxytropis chankaensis*.

Охрана редких видов растений, как и сохранение растительных сообществ с их участием, является первоочередной задачей. Недавно были утверждены списки редких видов растений для нового издания Красной книги Российской Федерации (КК РФ) и Красной книги Приморского края (КК ПК). Согласно Постановлению правительства Приморского края

от 24.10.2022 г. №723–пп «О видах растительного мира красной книги Приморского края», выделяют следующие категории редкости видов в соответствии с рекомендациями МСОП (IUCN, 2022): 1. Исчезнувшие – Extinct (EX); 2. Исчезнувшие в природе – Extinct in the Wild (EW); 3. На грани исчезновения – Critically Endangered (CR); 4. Угрожаемые – Endangered (EN); 5. Уязвимые – Vulnerable (VU); 6. Низкая степень риска – Lower risk (LR). Согласно Приказу Минприроды России от 23.05.2023 г. № 320 «Об утверждении Перечня объектов растительного мира, занесенных в Красную книгу РФ» используют следующие категории статуса редкости видов: 0 – вероятно исчезнувшие; 1 – находящиеся под угрозой исчезновения; 2 – сокращающиеся в численности; 3 – редкие; 4 – неопределённые по статусу; 5 – восстанавливаемые и восстанавливающиеся. При разделении видов используется шкала оценки степени риска вымирания организмов, что необходимо для определения стратегии и тактики природоохранной деятельности официальных органов и общественных организаций. В России для определения группы редких видов по регионам и в целом для страны, и статуса редкости обычно применяется экспертный подход.

В 1981 г. D. Rabinowitz для оценки редкости видов предложил использовать три переменных: географический ареал, специфичность среды обитания и численность популяции. По мнению D. Rabinowitz (1981), каждый вид можно классифицировать следующим образом: географический ареал приводит к ограниченному или широко распространённому виду, специфичность среды обитания приводит к появлению специализированных или универсальных видов, а количество особей приводит к небольшому размеру популяции вида или большой популяции. Согласно данной классификации, сочетающей 3 признака, выделяется 7 классов редкости. При наибольшем значении всех трёх переменных вид не является редким. Тип редкости D. Rabinowitz (1981) приводит к более дифференцированному взгляду на отношение между редкостью и риском исчезновения в том смысле, что тип редкости может определять, насколько вид находится под угрозой исчезновения.

Этот подход к классификации редких видов является одним из наиболее широко используемых в применении к разным группам организмов (Broenimann et al., 2005; Caiafa, Martins, 2010; Espeland, Erman, 2011; Silcock et al., 2011, Anacker et al., 2013; Choe et al., 2017; Sritharan et al., 2021). В 2021 Е. А. Maciel (Institute of Biology, University of Campinas, Brazil) модифицировал классификацию D. Rabinowitz (1981) и предложил расчёт индекса редкости «гг», где также используются три переменные, но при этом они имеют равный вес в оценке редкости, и индекс редкости вычисляется как среднее трёх индексов, его составляющих. Кроме того, Maciel предложил простое математическое описание и открытый код на языке R для расчёта индексов редкости, что позволяет применять его широкому кругу пользователей.

Целью данного исследования является оценка статуса редкости

видов сосудистых растений бассейна оз. Ханка с использованием модифицированного индекса редкости «гг», предложенного Е. А. Maciel (2021), и его сравнение с существующими индексами, принятыми в опубликованных списках редких видов Красных книг Приморского края и Российской Федерации.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом данного исследования послужили 78 редких (453 популяции) видов сосудистых растений бассейна оз. Ханка. Список видов был составлен на основе утверждённых списков редких видов для КК РФ (Приказ № 320, 2023) и КК ПК (Постановление №723–пп, 2022). В качестве районов Приморского края, для которых происходил отбор точек распространения видов, нами выбраны: Ханкайский, Хорольский, Пограничный, Спасский, Михайловский и Черниговский.

Для анализа географического распространения был подготовлен массив данных с координатами встречаемости на основе гербарных образцов и наблюдений в природе. Данные получены из Global Biodiversity Information Facility (GBIF, 2023: <https://www.gbif.org/>). Эти данные были дополнены образцами из электронного гербария Ботанического сада-института ДВО РАН (г. Владивосток, VBG1): <http://botsad.ru/herbarium>. Использовались также данные с гербария Федерального научного центра биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН (г. Владивосток, VLA), Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН (г. Санкт-Петербург, LE), Гербария Московского государственного университета (г. Москва, MW), Главного Ботанического сада им. Н.В. Цицина РАН (г. Москва, МНА) и гербария Музея истории Дальнего Востока им. В.К. Арсеньева (г. Владивосток), которые содержат значительное количество образцов с территории исследований, но они не включены или частично включены в электронные базы данных. В анализ вошли не только записи встречаемости, подтверждённые гербарными образцами, но и фотографии живых растений с ресурса iNaturalist (<https://www.inaturalist.org/>), объединённые с GBIF, и данные с ресурса Plantarium (<https://www.plantarium.ru/>). Для 10 видов (18 популяций) были использованы свои наблюдения.

В анализ экологической приуроченности включены данные по местообитаниям, указанные на этикетках. В дальнейшем все типы местообитаний были объединены в более общие группы. В связи с тем, что гербарные образцы и записи встречаемости не содержат данных о количестве особей, на данном этапе работы в качестве относительной оценки численности использовали количество гербарных листов и наблюдений в районе исследования. Гербарные образцы, по этикеткам которых невозможно было установить местонахождение более или менее точно, в анализ включены не были.

Для расчёта индекса редкости «гг» была подготовлена матрица дан-

ных, включающая район исследования, географические координаты, место произрастания и количество особей. В таблице 1 приведен пример.

**Таблица 1.** Матрица данных, необходимая для расчёта индекса редкости «гт» [Table 1. Data matrix required for rarity «gt» calculation]

Район исследования	Вид	Координаты		Экология	Количество особей (принято = числу гербарных листов и наблюдений за живыми растениями)
		Широта	Долгота		
Ханкайский	<i>Aristolochia contorta</i>	44.8448	131.5211	лес	3
Спасский	<i>Seutera wilfordii</i>	44.5000	132.7000	сухой луг	1
Михайловский	<i>Seutera wilfordii</i>	44.0279	132.4463	каменистый склон	1
Ханкайский	<i>Quercus dentata</i>	45.1611	131.7683	лес	1
Спасский	<i>Teucrium maximowiczii</i>	44.4170	133.0082	лес	1
Пограничный	<i>Aconogonon valerii</i>	44.7721	131.4524	лес	1
Ханкайский	<i>Aconogonon valerii</i>	44.8639	131.7051	лес	1

Для расчёта индекса редкости «гт» использовался программный пакет «gtrindex» в программной среде R (R CoreTeam, 2023), разработанный Е. А. Maciel (2021) на основе метода предложенного D. Rabinowitz (1981). В таблице 2 представлены три переменные и классы редкости предложенные Rabinowitz (1981). Расчёт производился по формуле «гт» = med (gr<sub>i</sub> + his + psi), где gr<sub>i</sub> – это индекс географического ареала (обратная величина географического ареала в десятичной степени), his – индекс специфичности среды обитания (максимальное число местообитаний вида), psi – индекс размера популяции (максимальный размер популяции).

Программный пакет gtrindex состоит из пакетов: «rareindex», «rareboxplot», «rareplot». Функция «rareindex» заключается в получении индексов gr<sub>i</sub>, his, psi и гт. Функция «rareboxplot» и «rareplot» помогают в визуализации полученных данных в виде диаграммы boxplot и диаграммы рассеяния.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

После проведения расчётов с использованием пакета «rareindex» в программной среде R (R CoreTeam, 2023) были получены выходные данные в виде таблицы 3. Значение полученного индекса редкости «гт» варьирует от 0.22 до 1.00 и чем он ближе к 1.00, тем более редким считается вид. Для

сравнения полученных данных в таблице 3 также включены категории редкости из Красной книги Приморского края (2008) и Постановления №723–пп (2022), согласно рекомендациям МСОП (IUCN, 2022).

**Таблица 2.** Классификация редкости D. Rabinowitz (1981) [Table 2. Rarity classification D. Rabinowitz (1981)]

Географический ареал	Специфичность среды обитания	Размер популяции	Класс редкости
ограниченный	специализированная	малый	Ограниченный специализированный малый
		большой	Ограниченный специализированный большой
	универсальная	малый	Ограниченный универсальный малый
		большой	Ограниченный специализированный большой
широкий	специализированная	малый	Широкий специализированный малый
		большой	Широкий специализированный большой
	универсальная	малый	Широкий универсальный малый
		большой	Широкий универсальный большой (т.е. не редкий, распространённый)

По результатам расчёта 29 видов из 78 имеют индекс редкости «гг» от 0.22 до 0.59. Такие виды как *Trapa natans*, *Euphorbia leoncroizatii*, согласно рекомендациям МСОП в Приморском крае имеют категорию CR (на грани исчезновения), но в бассейне оз. Ханки это не самые редкие виды – первый имеет индекс «гг» 0.36, а второй – 0.39 (табл. 3). Из видов, рекомендованных в новое издание Красной книги Приморского края, в нашем списке только *Saposhnikovia divaricata*. У этого вида индекс редкости «гг» – 0.28, что вполне соотносится с рекомендациями МСОП – VU (уязвимый). В бассейне оз. Ханка это редкий уязвимый вид, но известный из значительного числа точек (в анализ были включены данные о 13 популяциях).

Индекс редкости «гг» от 0.60 до 0.88 имеют 28 видов. Например, *Nymphoides coreana* имеет индекс «гг» 0.67 и *Iris ventricosa* имеет индекс «гг» 0.74 (табл. 3), оба вида согласно МСОП находятся на грани исчезновения (CR), так как являются довольно редким в бассейне оз. Ханка и в целом в Приморском крае.

Из списка 21 вид имеет индекс редкости «гг» 0.91–1.00 и, согласно классификации, являются наиболее редкими видами (табл. 3). Следуя архетипу D. Rabinowitz, редкими видами считаются те, которые в любой данный момент времени или пространства обладают одной или несколькими из

следующих характеристик: географические ограничения, специфичность среды обитания и небольшая популяция. Виды с наивысшими значениями индексов редкости, например, *Adenophora crispata*, *Teucrium maximowiczii*, оба вида CR – на грани исчезновения и очень редкие в бассейне оз. Ханка – значение индекса редкости «гг» составляет 1. Такие виды, как *Trillium komarovii* (EN – угрожаемый), *Quercus dentata* (VU – уязвимый) – не самые редкие в Приморском крае, но, действительно, очень редкие в бассейне оз. Ханка, поэтому также имеют индекс редкости равный 1.00.

**Таблица 3.** Данные расчётов, полученные с помощью пакета «rareindex» программной среды R (R CoreTeam, 2023) [Table 3. The data received by the «rareindex» function (R CoreTeam, 2023)]

№	Вид	gri	hsi	psi	rr	Красная книга Приморского края
1	<i>Paeonia lactiflora</i> Pall.	0.22	0.25	0.20	0.22	LR
2	<i>Iris humilis</i> Georgi	0.52	0.16	0.09	0.26	VU
3	<i>Pinus densiflora</i> Siebold et Zucc.	0.35	0.33	0.14	0.27	LR
4	<i>Saposhnikovia divaricata</i> (Turcz.) Schischk.	0.39	0.25	0.20	0.28	VU
5	<i>Euryale ferox</i> Salisb.	0.35	0.33	0.20	0.29	EN
6	<i>Paeonia obovata</i> Maxim.	0.26	0.33	0.33	0.31	LR
7	<i>Scutellaria baicalensis</i> Georgi	0.60	0.25	0.16	0.34	VU
8	<i>Oxytropis chankaensis</i> Jurtzev	0.43	0.50	0.10	0.34	VU
9	<i>Iris laevigata</i> Fisch.	0.50	0.33	0.20	0.34	LR
10	<i>Juniperus rigida</i> Siebold et Zucc.	0.47	0.50	0.07	0.35	EN
11	<i>Trapa natans</i> L. s. l.	0.23	0.33	0.50	0.35	CR
12	<i>Iris ensata</i> Thunb.	0.25	0.33	0.50	0.36	LR
13	<i>Nelumbo komarovii</i> Grossh.	0.27	0.33	0.50	0.37	EN
14	<i>Armeniaca mandshurica</i> (Maxim.) Skvortsov	0.42	0.20	0.50	0.37	EN
15	<i>Thymus chankoanus</i> Klovov	0.48	0.33	0.33	0.38	VU
16	<i>Lilium callosum</i> Siebold et Zucc.	0.37	0.50	0.33	0.40	VU
17	<i>Lespedeza daurica</i> (Laxm.) Schindl.	0.48	0.25	0.50	0.41	VU
18	<i>Glycyrrhiza pallidiflora</i> Maxim.	0.70	0.50	0.10	0.43	EN
19	<i>Kalopanax septemlobus</i> (Thunb.) Koidz.	0.31	0.50	0.50	0.43	LR
20	<i>Gueldenstaedtia verna</i> (Georgi) Boriss.	0.68	0.33	0.33	0.44	VU
21	<i>Armeniaca sibirica</i> (L.) Lam.	0.62	0.25	0.50	0.45	VU
22	<i>Trapella sinensis</i> Oliv.	0.43	0.50	0.50	0.47	DD

Продолжение таблицы 3 (continuation table 3)						
23	<i>Euphorbia leoncroizatii</i> Oudejans	0.80	0.33	0.33	0.49	CR
24	<i>Microbiota decussata</i> Kom.	0.50	0.50	0.50	0.50	EN
25	<i>Thymus przewalskii</i> (Kom.) Nakai	0.82	0.50	0.20	0.50	EN
26	<i>Neottianthe cucullata</i> (L.) Schltr.	0.57	0.50	0.50	0.52	EN
27	<i>Lilium cernuum</i> Kom.	0.90	0.50	0.20	0.53	VU
28	<i>Aldrovanda vesiculosa</i> L.	0.37	1.00	0.33	0.56	EN
29	<i>Cypripedium calceolus</i> L.	0.29	1.00	0.50	0.59	LR
30	<i>Phyllanthus ussuriensis</i> Rupr. et Maxim.	0.31	0.50	1.00	0.60	VU
31	<i>Cypripedium macranthos</i> Sw.	0.35	1.00	0.50	0.61	VU
32	<i>Liparis japonica</i> (Miq.) Maxim.	0.40	1.00	0.50	0.63	LR
33	<i>Cypripedium ventricosum</i> Sw.	0.75	1.00	0.20	0.65	LR
34	<i>Brasenia schreberi</i> J.F. Gmel.	0.47	0.50	1.00	0.65	EN
35	<i>Aristolochia contorta</i> Bunge	0.64	1.00	0.33	0.66	VU
36	<i>Callistephus chinensis</i> Nees	0.67	0.33	1.00	0.66	EN
37	<i>Nymphoides coreana</i> (H. Lévl.) H. Hara	0.51	1.00	0.50	0.67	CR
38	<i>Seutera wilfordii</i> (Franch. et Sav.) Pobed.	0.53	0.50	1.00	0.67	VU
39	<i>Pyrrosia petiolosa</i> (Christ) Ching	0.58	1.00	0.50	0.69	VU
40	<i>Carex laxa</i> Wahlenb.	0.61	1.00	0.50	0.70	VU
41	<i>Dysophylla yatabeana</i> Makino	0.91	1.00	0.25	0.72	VU
42	<i>Caulinia orientalis</i> (Triest et Uotila) Tzvelev	0.67	0.50	1.00	0.72	VU
43	<i>Exochorda serratifolia</i> S. Moore	0.98	1.00	0.20	0.72	VU
44	<i>Stipa baicalensis</i> Roshev.	0.69	1.00	0.50	0.73	EN
45	<i>Iris ventricosa</i> Pall.	0.97	1.00	0.25	0.74	CR
46	<i>Panax ginseng</i> C.A. Mey.	0.24	1.00	1.00	0.74	CR
47	<i>Pulsatilla turczaninowii</i> Krylov et Serg.	0.97	1.00	0.33	0.76	EN
48	<i>Fimbristylis verrucifera</i> Makino	0.82	0.50	1.00	0.77	EN
49	<i>Fritillaria ussuriensis</i> Maxim.	0.35	1.00	1.00	0.78	VU
50	<i>Eriocaulon komarovii</i> Tzvelev	0.44	1.00	1.00	0.81	VU
51	<i>Adenophora stenanthina</i> (Ledeb.) Kitag.	0.97	0.50	1.00	0.82	EN
52	<i>Kyllinga kamschatica</i> Meinsh.	0.98	0.50	1.00	0.82	VU
53	<i>Vallisneria asiatica</i> Miki	0.53	1.00	1.00	0.84	VU
54	<i>Phyllitis japonica</i> Kom.	0.55	1.00	1.00	0.85	EN
55	<i>Caldesia reniformis</i> Makino	0.57	1.00	1.00	0.85	CR

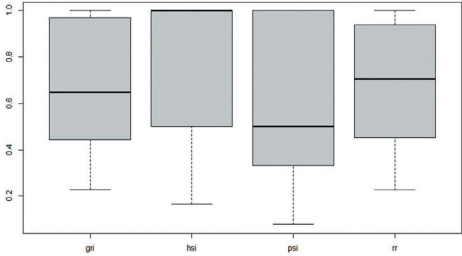


Окончание таблицы 3 (end table 3)						
56	<i>Cypripedium guttatum</i> Sw.	0.64	1.00	1.00	0.88	VU
57	<i>Aleuritopteris argentea</i> (S.G. Gmel.) Fée	0.66	1.00	1.00	0.88	LR
58	<i>Lilium pseudotigrinum</i> Carrière	0.73	1.00	1.00	0.91	VU
59	<i>Eriocaulon ussuriense</i> Körn. ex Regel	0.80	1.00	1.00	0.93	VU
60	<i>Eleocharis tetraquetra</i> Nees	0.82	1.00	1.00	0.94	EN
61	<i>Sagittaria aginashi</i> Makino	0.82	1.00	1.00	0.94	EN
62	<i>Paeonia oreogeton</i> S. Moore	0.88	1.00	1.00	0.96	VU
63	<i>Liparis makinoana</i> Schltr.	0.96	1.00	1.00	0.98	VU
64	<i>Gastrodia elata</i> Blume	0.97	1.00	1.00	0.99	EN
65	<i>Aconogonon valerii</i> (A.K. Skvortsov) Soják	0.97	1.00	1.00	0.99	EN
66	<i>Adenophora crispata</i> (Turcz. ex Kitag.) Kitag.	1.00	1.00	1.00	1.00	CR
67	<i>Ampelopsis japonica</i> (Thunb.) Makino	1.00	1.00	1.00	1.00	EN
68	<i>Asplenium incisum</i> Thunb.	1.00	1.00	1.00	1.00	VU
69	<i>Coniogramme intermedia</i> Hieron.	1.00	1.00	1.00	1.00	LR
70	<i>Echinops dissectus</i> Kitag.	1.00	1.00	1.00	1.00	VU
71	<i>Gagea pauciflora</i> Turcz.	1.00	1.00	1.00	1.00	VU
72	<i>Pogonia japonica</i> Rchb. f.	1.00	1.00	1.00	1.00	VU
73	<i>Quercus dentata</i> Thunb.	1.00	1.00	1.00	1.00	VU
74	<i>Ranunculus natans</i> C.A. Mey.	1.00	1.00	1.00	1.00	VU
75	<i>Taxus cuspidata</i> Siebold et Zucc.	1.00	1.00	1.00	1.00	VU
76	<i>Teucrium maximowiczii</i> Prob.	1.00	1.00	1.00	1.00	CR
77	<i>Teucrium ussuriense</i> Kom.	1.00	1.00	1.00	1.00	EN
78	<i>Trillium komarovii</i> H. Nakai et Koji Ito	1.00	1.00	1.00	1.00	EN

**Примечание:** gri – индекс географического ареала, his – индекс специфичности среды обитания, psi – индекс размера популяции, rr – индекс редкости [Note: gri – geographic range index, hsi – habitat specificity index, psi – population size index, rr – rare index].

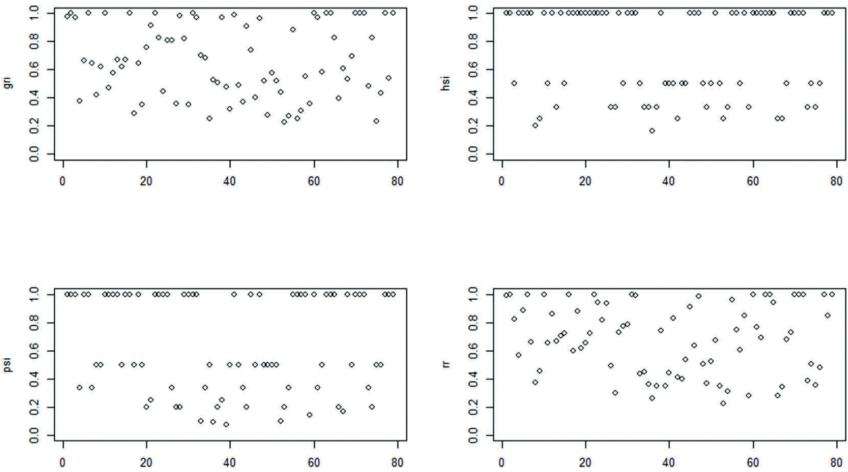
С помощью программного пакета «gindex» можно получить ещё несколько способов визуализации данных. Первый способ – построить график «boxplot», с помощью функции «gareboxplot» (рис. 1). На графике медиана (чёрная линия) делит виды на две группы. Выше медианного значения индекса находится группа видов с наибольшим индексом редкости, ниже него – виды с меньшим значением индекса. Второй способ – построить диаграмму рассеяния для отдельных индексов и усреднённого индекса

редкости, с помощью функции «rareplot» (рис. 2). Поскольку в матрице данных много популяций, имеющих только по одной подтверждающей находке и с узкой экологической амплитудой, то это хорошо отображается на диаграмме по функциям hsi и psi, когда индекс редкости принимает значение равное 1.



**Рис. 1.** Вохplot, полученный с помощью функции «rareboxplot». Значения индексов варьируются от 0 до 1 (ось Y). Индексы представлены на оси X как gri (индекс географического ареала), hsi (индекс специфичности среды обитания), psi (индекс численности популяции) и «rr» (индекс редкости) [Fig. 1. Boxplot provide by «rareboxplot». Indexes values range from 0 to 1 (y-axis). The indexes are presented in the x-axis as gri (geographic range index), hsi (habitat specificity index), psi (population size index) and «rr» (rare index)].

«rr» (индекс редкости) [Fig. 1. Boxplot provide by «rareboxplot». Indexes values range from 0 to 1 (y-axis). The indexes are presented in the x-axis as gri (geographic range index), hsi (habitat specificity index), psi (population size index) and «rr» (rare index)].



**Рис. 2.** Диаграмма рассеяния, полученная с помощью функции «rareplot». Значения индексов варьируются от 0 до 1 (ось Y). Индексы представлены по оси y как gri (индекс географического ареала), hsi (индекс специфичности среды обитания), psi (индекс численности популяции) и «rr» (индекс редкости). Виды представлены на оси абсцисс (n = 78) [Fig. 2. Scatterplots provide by the «rareplot» function. The indexes values range from 0 to 1 (y-axis). The indexes are presented in the y-axis as gri (geographic range index), hsi (habitat specificity index), psi (population size index) and rr (rare index). The species are present on the x-axis (n = 78)].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Индекс редкости «гг» представляет собой синтез трёх показателей (gsi, his, psi), которые обладают равным весом в расчётах. Используемый пакет «rageindex» имеет простое математическое описание и открытый код на языке R. Индекс редкости можно использовать как в локальном, так и в региональном масштабе. Этот метод определения уровня редкости видов впервые применён нами для оценки видов бассейна оз. Ханка. Полученные результаты вполне согласуются с определенными экспертным путем категориями редкости для этих же видов. В расчёте индекса «гг» важным являются вводные данные, которые гарантируют более точный результат.

Для дальнейшей работы по изучению редких видов бассейна оз. Ханка необходимо подтверждение или уточнение некоторых местонахождений видов, сбора информации по численности популяций. При постоянном сборе и актуализации сведений о популяциях редких видов в единой системе, вполне возможно применить этот метод для оценки редкости видов растений и животных как для всей территории Приморского края, так и для других регионов или России в целом.

## БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, грант № 23-24-00341 (<https://rscf.ru/project/23-24-00341/>).

Коллектив авторов выражает благодарность к.б.н. Прокопенко Сергею Валерьевичу и к.б.н. Калинкиной Валентине Андреевне за помощь в поиске и оцифровке гербарных образцов.

## ЛИТЕРАТУРА

- Баркалов В.Ю., Харкевич С.С.** Сосудистые растения Ханкайского государственного заповедника // Ботанический журнал. 1996. Т. 84. № 11. С. 104–116.
- Кожевников А.Е., Кожевникова З.В., Легченко М.В.** Растительные ресурсы Приханковья (Приморский край): биологическое разнообразие сосудистых растений и современная оценка антропогенных изменений природной флоры // Биологические ресурсы Дальнего Востока России: комплексный региональный проект ДВО РАН. Москва: Товарищество научных изданий КМК, 2007. С. 8–44.
- Красная книга Приморского края: Растения.** Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды растений и грибов. Владивосток: АВК «Апельсин», 2008. 688 с.
- Крестов П.В., Верхолат В.П.** Редкие растительные сообщества Приморья и Приамурья. Владивосток, 2003. 200 с.
- Постановление Правительства Приморского края от 24.10.2022 № 723-пп «О видах растительного мира Красной книги Приморского края».
- Приказ Минприроды России от 23.05.2023 № 320 «Об утверждении Перечня

объектов растительного мира, занесенных в Красную книгу РФ».

- Холина А.Б., Корень О.Г., Журавлёв Ю.Н.** Генетическая структура и дифференциация популяций тетраплоида *Oxytropis chankaensis* (Fabaceae) // Генетика. 2009. Т. 45. № 1. С. 81–91.
- Anacker B.L., Gogol-Prokurat M., Leidholm, K., Schoenig S.** Climate change vulnerability assessment of rare plants in California // Madrono. 2013. Vol. 60. P. 193–210. <https://doi.org/10.3120/0024-9637-60.3.193>
- Bazarov K.Yu., Egidarev E.G., Mishina N.V.** Land use analysis of Lake Khanka basin using remote sensing data. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, 2021. 895: 012007. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/895/1/012007>
- Broennimann O., Vittoz P., Moser D., Guisan A.** Rarity types among plant species with high conservation priority in Switzerland // Bot. Helv. 2005. Vol. 115. P. 95–108.
- Caiafa A.N., Martins F.R.** Forms of rarity of tree species in the southern Brazilian Atlantic rainforest // Biodivers. Conserv. 2010. Vol. 19. P. 2597–2618.
- Choe H., Thorne J.H., Hijmans R., Seo C.** Integrating the Rabinowitz rarity framework with a National Plant Inventory in South Korea // Ecol. Evol. 2019. Vol. 9. P. 1353–1363. DOI: <https://doi.org/10.1002/ece3.4851>
- Espeland E.K., Emam T.M.** The value of structuring rarity: the seven types and links to reproductive ecology // Biodivers. Conserv. 2011. Vol. 20. P. 963–985. <https://doi.org/10.1007/s10531-011-0007-2>.
- GBIF:** <https://www.gbif.org/>
- iNaturalist:** <https://www.inaturalist.org/>
- IUCN Standards and Petitions Committee.** Guidelines for Using the IUCN Red List Categories and Criteria. Version 15.1. Prepared by the Standards and Petitions Committee. 2022. Downloadable from <https://www.iucnredlist.org/documents/RedListGuidelines.pdf>.
- Maciel E.A.** An index for assessing the rare species of a community // Ecological Indicators. 2021. Vol. 124 (107424). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107424>
- Marchuk E.A., Kvitchenko A.K., Kislov D.E., Barkalov V.Yu., Kalinkina V.A., Kameneva L.A., Nesterova S.V.** Variations of plant communities in diversity and composition along the western coast of Lake Khanka caused by high water level // Botanica Pacifica. 2024. Vol.13. N1. P. 21-35. DOI: <https://doi.org/10.17581/bp.2024.13101>
- Plantarium:** <https://www.plantarium.ru/>
- R CoreTeam, 2023. R: A language and environment for statistical computing.
- Rabinowitz D.** Seven forms of rarity // The biological aspects of rare plant conservation. Chichester: John Wiley & Sons, 1981. P. 205–217.
- Sritharan M.S., Scheele B.C., Blanchard W., Lindenmayer D.B.** Spatial associations between plants and vegetation community characteristics provide insights into the processes influencing plant rarity // PLoS ONE. Vol. 16(12): e0260215. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0260215>