

Видовой состав и ресурсный потенциал лекарственных растений ельников Ленинградской области

А. В. Грязькин¹, С. Г. Парамонов², Л. К. Волдаев¹, Г. Б. Шмелёв¹, И. А. Кашафеев¹

¹Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С. М. Кирова,
Санкт-Петербург, Россия

²Санкт-Петербургский государственный химико-фармацевтический университет Министерства
здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия

Автор, ответственный за переписку: Сергей Геннадьевич Парамонов, sergei.paramonov@pharminnotech.com

АННОТАЦИЯ. Представлены данные по составу основных видов лекарственных растений, произрастающих на покрытых лесом площадях в условиях северо-запада России. Объект исследования – сырьевые растения лесного фонда. Учет ресурсных видов растений проводили методом круговых площадок, радиусом 178,5 см (10 м²). На каждой учётной площадке учитывали все виды растений и для каждого вида устанавливали величину проективного покрытия. По итогам учётных работ определяли встречаемость каждого вида на объекте исследования. По величине встречаемости и проективного покрытия делали вывод об обилии данного вида и о перспективах его промышленной заготовки. Всего под пологом ельника кисличного выявлено 32 вида сосудистых растений и 8 видов мхов и лишайников. Из них к лекарственным растениям отнесено 18 видов сосудистых растений. На основании оценки ресурсного потенциала были определены 3 вида, обладающие значительным потенциалом для заготовки сырья.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: лесной фонд; ельник; лекарственные растения; видовой состав; таксационная характеристика древостоев

Лесной фонд представляет собой ценный источник широкого спектра полезных растений и сырья, включая древесину, не древесные ресурсы (пищевые продукты, лекарственные растения, техническое сырье) и ресурсы животного мира. Это разнообразие делает леса важным элементом экономики и экологической стабильности регионов.

Несмотря на то, что лекарственные растения составляют лишь небольшую долю ресурсного потенциала леса, они занимают особое место среди прочих лесных ресурсов. Это обусловлено их уникальными свойствами, возможностью использования в качестве альтернативных или дополнительных средств лечения, а также исторически сложившейся практикой применения в народной медицине. Вопросы заготовки и устойчивого использования лекарственных растений имеют важное значение как в России, так и в других странах, и тесно связаны с общей проблематикой рационального лесопользования [1–4].

Лесные экосистемы являются источником не древесной продукции в рамках побочного лесопользования. В отличие от основного лесопользования – получение древесины, имеющего производственный цикл от 40 (при ускоренном лесовыращивании) до 80 лет (спелый древостой большинства целевых лесных пород), побочное пользование, в том числе сбор и заготовка лекарственного растительного сырья, можно осуществлять ежегодно в рамках ГОСТ Р. 59425-2021 «Продукция органическая из дикорастущего сырья. Правила сбора, заготовки, переработки, хранения, транспортирования и маркировки». Кроме того, данное лекарственное сырье растительного происхождения, в отличие от искусственно выращенного, является преимущественно экологически чистым и не загрязненным в процессе выращивания тяжелыми металлами и пестицидами.

Следовательно, лесные растения как источник лекарственного растительного сырья имеют ряд преимуществ: с экономической точки зрения позволяют использовать лесные экосистемы более продолжительный период времени. А с точки зрения сбережения здоровья являются ценным ресурсом с минимальным загрязнением опасными поллютантами.

Более того, на одном и том же участке леса можно ежегодно заготавливать множество видов не древесной продукции без ущерба для лесной экосистемы [5–10].

Ключевой проблемой современной практики лесопользования является отсутствие общепринятой методики оценки продуктивности и запасов широкого спектра лесной продукции, а также недостаток систематизированных данных, учитывающих региональные особенности и лесорастительным условиям [8–10]. Несмотря на значительное количество публикаций, посвященных разнообразию, значению и запасам лесных ресурсов, большинство из них представляют собой и приблизительные данные об объемах отдельных видов [11–12].

Целью данного исследования является выявление видового состава лекарственных растений, произрастающих в ельниках на богатых почвах Ленинградской области, что необходимо для разработки рекомендаций по их рациональному использованию и охране.

Выбор ельника в качестве объекта исследования обусловлен тем, что подобные экосистемы являются доминирующими в лесном фонде региона. Основные характеристики исследуемого участка представлены в (табл. 1).

Оценка обилия лекарственных видов проводилась на круговых учетных площадках радиусом 1,785 м (10 м²) по оригинальной методике [13]. На опытном участке было заложено 36 учетных площадок. На каждой учетной площадке учитывали все виды в составе живого напочвенного покрова с определением встречаемости и проективного покрытия. У подростка и подлеска определяли высоту и устанавливали жизненное состояние, численность и состав.

Продукция лесного фонда – это экологически чистая продукция. В лесных экосистемах чистая продукция формируется без участия человека, без материальных и трудовых затрат. Лесной участок – уникальное производство, многофункциональная эффективная фабрика.

Как следует из данных, представленных в (табл. 1), древостой на опытном участке имеет смешанный состав и представлен разными породами. Численность деревьев по породам, и их основные характеристики приведены в (табл. 2).

Деревья, как и другие растения являются источниками лекарственного сырья в виде семян, плодов, коры, листьев, почек, молодых побегов. Подрост под пологом древостоев также является источником сырья и ресурсов. Состав подростка представлен следующими видами (табл. 3).

Таксационная характеристика древостоев на объектах исследования

Табл. 1.

Table 1.

Characteristics of the forest stands on the objects of study

Характеристики древостоя	Единицы измерения	Значения
Тип леса	–	Екис
Состав	%	84Е 8Б6Ос2С
Относительная полнота	доля от ед.	0,8
Сомкнутость полога	%	0,84
Средний возраст	лет	88
Средний диаметр	см	29,1
Средняя высота	м	27,9
Класс бонитета	ед.	I
Запас стволовой древесины	м ³ /га	375

Основные характеристики древесных пород на опытных объектах

Табл. 2.

Table 2.

Main characteristics of wood species at experimental facilities

Древесная порода	Количество деревьев, экз./га	Дср, см	Нср, м	М, м³/га
Береза <i>Betula pubescens</i> Ehrh.	32	27,7	27,0	20
Ель <i>Picea abies</i> (L.) H.Karst	365	28,2	27,7	250
Осина <i>Populus tremula</i> L.	20	37,1	28,4	99
Сосна <i>Pinus sylvestris</i> L.	5	29,7	28,1	6
Итого	422	–	–	375

Видовой состав и численность подроста на опытных объектах, экз./га

Табл. 3.

Table 3.

Species composition and number of young trees at experimental sites, ex. / ha

Древесная порода	Е кис.
Береза (<i>Betula pubescens</i> Ehrh.)	33
Ель (<i>Picea abies</i> (L.) H.Karst)	1436
Клен (<i>Acer platanoides</i> L.)	358
Ольха (<i>Alnus incana</i> (L.) Moench)	702
Осина (<i>Populus tremula</i> L.)	660
Сосна (<i>Pinus sylvestris</i> L.)	8
Итого	3197

Видовой состав и численность подлеска под пологом древостоев, экз./га

Табл. 4.

Table 4.

Species composition and number of undergrowth under the canopy of stands, ex. / ha

Древесная порода	Численность, экз./га
Волчегородник – <i>Daphne mezereum</i> L.	132
Жимолость – <i>Lonicera xylosteum</i> L.	132
Ива – <i>Salix caprea</i> L.	67
Калина – <i>Viburnum opulus</i> L.	614
Крушина – <i>Frangula alnus</i> Mill.	774
Рябина – <i>Sorbus aucuparia</i> L.	1876
Итого	3595

Из подлесочных пород к лекарственным растениям относится большинство видов. Подлесок под пологом ельника представлен волчегородником, жимолостью, ивой, калиной, крушиной, рябиной. Общая численность подлеска на опытном участке составляет 3595 экз./га. Преобладает рябина обыкновенная. Состав и численность подлеска по видам указана в (табл. 4).

Живой напочвенный покров под пологом высокопродуктивного ельника представлен травянистыми растениями (24 вида), кустарничками (3 вида), полукустарником (один вид – малина лесная) и мхами. Всего в составе растительности травяно-кустарничкового яруса выявлено 32 видов. В составе мохово-лишайникового яруса – 8 видов. К лекарственным растениям относится – 19 видов.

При соблюдении установленных правил заготовки пищевых лесных ресурсов и сбора лекарственных растений (Приказ Министерства природных ресурсов № 494 от 28 июля 2020 года) на опытном участке можно заготавливать несколько видов лекарственных растений

(с учётом величины встречаемости – более 50% и проективного покрытия – не менее 5%), (табл. 5).

В результате исследования ельника в Ленинградской области было заложено 36 учетных площадок для оценки обилия лекарственных видов. Анализ выявил смешанный состав древостоя, разнообразие видов в подросте (представленном волчегородником, жимолостью, ивой, калиной, крушиной, рябиной) и подлеске (с преобладанием рябины обыкновенной), а также 32 вида травяно-кустарничковых растений и 8 видов мохово-лишайникового яруса.

Установлено, что 19 видов травяно-кустарничкового яруса обладают лекарственными свойствами. С учетом требований правил заготовки, определены виды лекарственных растений, пригодные для заготовки на опытном участке. Это подтверждает ценность лесного фонда как источника экологически чистого лекарственного сырья, формируемого без участия человека и дополнительных затрат.

Видовой состав лекарственных растений под пологом ельника

Табл. 5.

Table 5.

Species composition of medicinal plants under the canopy of spruce stands

Название вида	Проективное покрытие, %	Встречаемость, %
Брусника (<i>Vaccinium vitis idea</i> L.)	2,8	76
Бодяк разнолистный (<i>Cirsium heterophyllum</i> (L.) Hill.)	1,0	35
Вейник наземный (<i>Calamagrostis epigejos</i> (L.) Roth)	4,2	86
Вереск обыкновенный (<i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull.)	0,1	24
Вероника лекарственная (<i>Veronica officinalis</i> L.)	0,2	18
Ветреница дубравная (<i>Anemone nemorosa</i> L.)	0,3	32
Герань лесная (<i>Geranium sylvaticum</i> L.)	0,1	18
Голокучник обыкновенный (<i>Gymnocarpium dryopteris</i> L.)	1,0	88
Гравилат городской (<i>Geum urbanum</i> L.)	1,0	44
Дудник лесной (<i>Angelica sylvestris</i> L.)	0,1	9
Звездчатка ланцетовидная (<i>Stellaria holostea</i> L.)	1,8	27
Звездчатка дубравная (<i>Stellaria nemorum</i> L.)	1,7	28
Зверобой продырявленный (<i>Hypericum perforatum</i> L.)	1,1	22
Зелёные мхи (<i>Bryidae</i> sp.)	6,0	78
Земляника (<i>Fragaria vesca</i> L.)	1,2	82
Золотарник обыкновенный (<i>Solidago virgaurea</i> L.)	0,2	20
Иван-чай (<i>Chamaenerion angustifolium</i> Scop.)	0,1	20
Кислица обыкновенная (<i>Oxalis acetosella</i> L.)	34,1	96
Костяника каменистая (<i>Rubus saxatilis</i> L.)	0,6	32
Кукушкин лен (<i>Polytrichum commune</i> Hedw.)	0,2	6
Купырь лесной (<i>Anthriscus sylvestris</i> (L.) Hoffm.)	1,1	9
Ландыш майский (<i>Convallaria majalis</i> L.)	0,1	32
Луговик извилистый (<i>Avenella flexuosa</i> (L.) Drejer)	3,3	68
Луговик дернист. (<i>Deschampsia cespitosa</i> (L.) P. Beauv.)	0,9	59
Майник двулист. (<i>Maianthemum bifolium</i> F.W. Schmidt)	1,3	82
Малина обыкновенная (<i>Rubus idaeus</i> L.)	4,7	28
Марьяник лесной (<i>Melampyrum silvaticum</i> L.)	0,7	32
Ожика волосистая (<i>Luzula pilosa</i> (L.) Willd.)	1,0	66
Орляк обыкновенный (<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn)	3,3	12
Седмичник европейский (<i>Trientalis europaea</i> L.)	0,9	20
Сныть обыкновенная (<i>Aegopodium podagraria</i> L.)	1,4	48
Хвощ лесной (<i>Equisetum sylvaticum</i> L.)	0,1	12
Черника обыкновенная (<i>Vaccinium myrtillus</i> L.)	11,0	52
Чина весенняя (<i>Lathyrus vernus</i> (L.) Bernh.)	0,1	12
Щитовник игольч. (<i>Dryopteris carthusiana</i> H.P. Fuchs)	12,0	70

Заготовка лекарственного сырья в лесном фонде – мероприятие выгодное с двух позиций. Во-первых, это экологически чистая натуральная продукция, во-вторых – на выращивание такой продукции материальных и трудовых затрат не требуется. Заготовка отдельных видов лекарственного сырья возможна и в зимнее время, например – заготовка коры и почек древесных растений.

Зимняя заготовка лесных ресурсов позволяет увеличить занятость населения, что важно для населения

удаленных поселков и деревень. Травянистые растения, заготавливаемые в качестве лекарственного сырья, ежегодно восстанавливаются, поэтому лесные экосистемы практически не испытывают негативного воздействия от такого вмешательства.

Таким образом, лесные ресурсы лекарственных растений в ельниках Ленинградской области являются перспективным объектом для заготовки благодаря разнообразию видов лекарственного растительного сырья и высокой встречаемости.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Некрасова В. Б. Лечебно-профилактические средства из биомассы дерева. СПб.: Изд-во Политехнического у-та, 2006. – 192 с.
2. Kidane B., van der Maesen L. J. G., van Andel T., & Asfaw Z. Ethnoveterinary medicinal plants used by the Maale and Ari ethnic communities in southern Ethiopia. *Journal of Ethnopharmacology*, 2014.153 (1):pp. 274–282.
3. Mahmood A., Mahmood A., Malik R. N., Shinwari Z. K. Indigenous knowledge of medicinal plants from Gujranwala district, Pakistan // *Journal of Ethnopharmacology*. – 2013. – 148. – pp. 714–723.
4. Enescu C. M., Dincă L., Crișan V. The most important non-wood forest products from Prahova County. *Revista Pădurilor*. – 2018. 1: 45–51.
5. Грязькин А. В., Чан Чунг Тхань, Сырников И. А., Прокофьев А. Н., Ефимов А. В. Урожайность промысловых видов растений под пологом древостоев // *Лесотехнический журнал*. 2020. № 2. С. 8–12.
6. Ковалев Н. В., Грязькин А. В., Беляева Н. В., Григорьева П. И. Рябина красная (*Sorbus aucuparia* L.): монография. – СПб.: Лань, 2023. – 148 с. вклейка (12 с.). ISBN 978-5-507-47952-8. УДК 634.1.
7. Природные источники лекарственного растительного сырья и лекарственных субстанций растительного происхождения. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2025621134 Парамонов С. Г., Грязькин А. В., Волдаев Л. К. Дата государственной регистрации в Реестре баз данных 13.03.2025.
8. Ресурсы ельников. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2022623133. Грязькин А. В., Беляева Н. В., Хоанг Минь Ань, Волдаев Л. К. Дата государственной регистрации в Реестре баз данных 28 ноября 2022 г.
9. Хетагуров Х. М., Грязькин А. В., Гуталь М. М., Феклистов П. А. К вопросу об эффективном использовании ресурсов высокогорных кленовников Кавказа // *Устойчивое развитие горных территорий*. Владикавказ, 2018. № 2(6). – С. 373–382. doi: 10.2177/1998-4502-2018-10-3-373-382.
10. Gryazkin A., Bepalova V., Samsonova I., Belyaeva N. et al. Potential reserves and development of non-wood forest resources. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. – 2019. – № 316. doi: 10.1088/1755-1315/316/1/012007.
11. Global Forest Resources Assessment. *FAO Forestry Paper 140*. – Rome: Food and Agriculture Organization. 2001. <http://www.fao.org/forestry/fo/fra/> [Geo-2-416].
12. World Forestry Congress (WFC) side event. Strengthening global part to advance sustainable development of non-wood forest products, held in Canada on 20 September 2003 (<http://www.sfp.forprod.vt.edu/discussion>). “Frontline Express” (Canadian Forest Service, Great Lakes Forestry Center), 2003. – Bulletin No. 28.
13. Хоанг М. А., Грязькин А. В., Беляева Н. В., Волдаев Л. К., Камауэ Д. Сырьевые растения под пологом ельников в Ленинградской области // *Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии*. 2025. Вып. 252. С. 125–139. doi: 10.21266/2079-4304.2025.252.125-139.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Анатолий Васильевич Грязькин – д-р биол. наук, профессор кафедры «Лесоводство» Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова, Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета им. С. М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия, lesovod@bk.ru.

Сергей Геннадьевич Парамонов – канд. биол. наук, доцент кафедры промышленной экологии, Санкт-Петербургский государственный химико-фармацевтический университет Министерства здравоохранения Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия, sergei.paramonov@pharminnotech.com

Леонид Константинович Волдаев – магистрант кафедры лесоводства, Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета им. С. М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия, voldaev01@list.ru

Глеб Борисович Шмелёв – аспирант кафедры лесоводства Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета им. С. М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия, g-shmelev@tbs.spb.ru

Ильнур Рафаэльевич Кашафеев – аспирант кафедры лесоводства Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета им. С. М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия, lesnik.ilnur@mail.ru

Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 05.05.2025 г., одобрена после рецензирования 19.05.2025 г.,

принята к публикации 30.05.2025 г.

Статья доступна по лицензии CC BY-NC-ND 4.0 International © Эко-Вектор, 2025

Pharmacy Formulas. 2025. Vol. 7, no. 2. P. 62–68

BIOLOGICAL SCIENCES

Short message

DOI: <https://doi.org/10.17816/phf679950>

Species Composition and Resource Potential of Medicinal Plants in Spruce Forests of the Leningrad Region

Anatoly V. Gryazkin¹, Sergey G. Paramonov², Leonid K. Voldaev¹,
Gleb B. Shmelev¹, Ilnur R. Kashafyev¹

¹Saint Petersburg state forest technical university named under S. M. Kirov, Saint Petersburg, Russia

²Saint Petersburg State Chemical and Pharmaceutical University, Saint Petersburg, Russia

Corresponding author: Sergey G. Paramonov, sergei.paramonov@pharminnotech.com

ABSTRACT. Data on the composition of the main types of medicinal plants growing in forested areas in the north-west of Russia are presented. The object of research is raw materials plants of the forest fund. Resource plant species were accounted for using a circular platform method with a radius of 178.5 cm (10 m²). At each accounting site, all species of plants were taken into account and the amount of projective coverage was set for each species. Based on the results of accounting work, the occurrence of each species at the study site was determined. According to the magnitude of occurrence and projective coverage, a conclusion was made about the abundance of this species and the prospects for its industrial harvesting. In total, 32 species of vascular plants and 8 species of mosses and lichens were identified under the canopy of acidic spruce. Of these, 18 species of vascular plants are classified as medicinal plants. Based on resource potential assessments, three species were identified as possessing significant potential for raw material procurement.

KEYWORDS: forest fund; spruce forest; medicinal plants; species composition; taxation characteristics of tree stands

REFERENCES

1. Nekrasova V.B. Therapeutic and prophylactic agents from wood biomass. St. Petersburg: Publishing House of the Polytechnic University, 2006. – 192 c. (In Russ.).
2. Kidane B., van der Maesen L. J. G., van Andel T., & Asfaw Z. Ethnoveterinary medicinal plants used by the Maale and Ari ethnic communities in southern Ethiopia. *Journal of Ethnopharmacology*, 2014.153 (1):pp. 274–282.
3. Mahmood A, Mahmood A, Malik RN, Shinwari ZK. Indigenous knowledge of medicinal plants from Gujranwala district, Pakistan // *Journal of Ethnopharmacology*. – 2013. – 148. – pp. 714–723.
4. Enescu C. M., Dincă L., Crișan V., The most important non-wood forest products from Prahova County. *Revista Pădurilor*. – 2018. 1:45–51.
5. Gryazkin A. V., Chan Chung Thanh, Syrnikov I. A., Prokofiev A. N., Efimov A. V. Yield of commercial plant species under the canopy of spruce forests // *Forestry Journal*. 2020. № 2. S. 8–12. (In Russ.).
6. Kovalev N. V., Gryazkin A. V. Belyaeva N. V., Grigorieva P. I. Ryabina red (*Sorbus aucuparia* L.): monograph. – St. Petersburg: Doe, 2023. – 148 p. Pasting (12 p.). ISBN 978-5-507-47952-8. UDC634.1. (In Russ.).
7. Natural sources of medicinal plant raw materials and medicinal substances of plant origin. Certificate of state registration of the database No. 2025621134 Paramonov S. G., Gryazkin A. V., Voldayev L. K. Date of state registration in the Register of Databases 13.03.2025 (In Russ.).
8. Resources of spruce forests. Certificate of state registration of database No. 2022623133. Gryazkin A. V., Belyaeva N. V., Hoang Min An, Voldaev L. K. Date of state registration in the Database Registry November 28, 2022. (In Russ.).
9. Khetagurov H. M., Gryazkin A. V., Gutal M. M., Feklistov P. A. On the effective use of resources of maple forests of the Caucasus // *Sustainable development of mountain areas*. Vladikavkaz, 2018. № 2(6).

pp. 373–382. doi: 10.21177/1998-4502-2018-10-3-373-382. (In Russ.).

10. Gryazkin A., Bespalova V., Samsonova I., Belyaeva N. et al. Potential reserves and development of non-wood forest resources. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2019. – № 316 doi: 10.1088/1755-1315/316/1/012007.

11. Global Forest Resources Assessment. FAO Forestry Paper 140. – Rome: Food and Agriculture Organization. 2001. <http://www.fao.org/forestry/fo/fra/> [Geo-2-416].

12. World Forestry Congress (WFC) side event. Strengthening global part to advance sustainable development of non-wood forest products, held in Canada on 20 September 2003 (<http://www.sfp.forprod.vt.edu/discussion>). “Frontline Express” (Canadian Forest Service, Great Lakes Forestry Center), 2003. – Bulletin No. 28.

13. Hoang M. A., Gryazkin A. V., Belyaeva N. V., Voldaev L. K., Komaue D. Raw plants under the canopy of spruce forests in the Leningrad region. Izvestia Sankt-Petersburgskoj lesotekhnicheskoi akademii. 2025; (252)/ pp. 125–139. doi: 10.21266/2079-4304.2025.252.125–139. (In Russ.).

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Anatoly V. Gryazkin – Doctor of biological Sciences, Professor of the Department “Forestry” Saint Petersburg state forest technical university named under S. M. Kirov, Saint Petersburg, Russia, lesovod@bk.ru

Sergey G. Paramonov – Cand. Sci. (Biol.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Industrial Ecology, Saint Petersburg State Chemical and Pharmaceutical University, Saint Petersburg, Russia, sergei.paramonov@pharminnotech.com

Leonid K. Voldaev – Undergraduate student of the Department “Forestry”, Saint Petersburg state forest technical university named under S. M. Kirov, Saint Petersburg, Russia, voldaev01@list.ru

Gleb B. Shmelev – Postgraduate Student of the Department “Forestry”, Saint Petersburg state forest technical university named under S. M. Kirov, Saint Petersburg, Russia, g-shmelev@tbs.spb.ru

Ilnur R. Kashafyev – Postgraduate Student of the Department “Forestry”, Saint Petersburg state forest technical university named under S. M. Kirov, Saint Petersburg, Russia, lesnik.ilnur@mail.ru

The authors declare no conflicts of interests.

The article was submitted May 05, 2025; approved after reviewing May 19, 2025; accepted for publication May 30, 2025.

The article can be used under the CC BY-NC-ND 4.0 license © Eco-Vector, 2025