

# СИСТЕМАТИКА, ФИЛОГЕНИЯ И ГЕОГРАФИЯ КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ И ИХ ДИКИХ РОДИЧЕЙ

Научная статья

УДК 581.55

DOI: 10.30901/2227-8834-2026-2-010



## Диапазон экологических и ценотических характеристик *Humulus lupulus* L. на юге Западной Сибири

Н. В. Овчарова<sup>1</sup>, И. С. Чупина<sup>2</sup>, М. М. Силантьева<sup>1</sup>, О. Н. Мироненко<sup>1</sup><sup>1</sup> Алтайский государственный университет, Барнаул, Россия,<sup>2</sup> Центральный сибирский ботанический сад Сибирского отделения Российской академии наук, Новосибирск, РоссияАвтор, ответственный за переписку: Наталья Владимировна Овчарова, [ovcharova\\_n\\_w@mail.ru](mailto:ovcharova_n_w@mail.ru)

**Актуальность.** Экономическая значимость хмеля как ресурсного вида и его широкое распространение на юге Западной Сибири определяют актуальность исследований его экологической и ценотической приуроченности для оценки природного ресурсного потенциала.

**Материалы и методы.** В базе данных геоботанических описаний программы Turboveg проанализирована выборка из 247 описаний с участием хмеля обыкновенного с территории Алтайского, Красноярского краев, Новосибирской, Тюменской, Омской, Кемеровской областей, Республики Алтай. Для обработки описаний использовался программный пакет IBIS. Для выявления связей растительных сообществ с экологическими факторами среды проведена ССА-ординация (canopical correspondence analysis) с использованием пакета PAST 4. При характеристике эдафических факторов проанализированы 34 почвенных образца.

**Результаты.** В пределах ареала хмеля обыкновенного на юге Западной Сибири отмечается широкий диапазон экологических и ценотических характеристик местообитаний. Результаты ординационного анализа показывают, что хмель, по классификации на основе системы EUNIS, модифицированной для Сибири, встречается в лесных, кустарниковых, травяных, антропогенных сообществах. С помощью анализа ССА-ординации, выполненного для сообществ с участием хмеля, определены диапазоны факторов: увлажнение почв, гемероботолерантность, богатство и засоленность почв. На градиенте увлажнения почв вся выборка описаний с участием хмеля занимает отрезок от 52-й до 80-й ступени шкалы экологических оптимумов для растений юга Сибири. На градиенте богатства-засоления он охватывает диапазон 10–13-й ступени, что соответствует довольно богатым почвам. Диапазон кислотно-щелочного баланса (рН) исследуемой почвы находится в пределах 4,3–7,2. Наибольшее содержание органических веществ (до 15%) наблюдается в кустарниковых сообществах, что, вероятно, связано с накоплением органической массы опада. Наименьшее количество гумуса (1,9–6,5%) наблюдается на заболоченных местообитаниях.

**Ключевые слова:** *Humulus lupulus* L., ареал, ординация, классификация биотопов системы EUNIS

**Благодарности:** исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-64-10040, <https://rscf.ru/project/23-64-10040/>.

**Для цитирования:** Овчарова Н.В., Чупина И.С., Силантьева М.М., Мироненко О.Н. Диапазон экологических и ценотических характеристик *Humulus lupulus* L. на юге Западной Сибири. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2026;187(2):207-216. DOI: 10.30901/2227-8834-2026-2-010

Прозрачность финансовой деятельности: авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах. Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы. Мнение журнала нейтрально к изложенным материалам, авторам и их месту работы.

# SYSTEMATICS, PHYLOGENY AND GEOGRAPHY OF CULTIVATED PLANTS AND THEIR WILD RELATIVES

Original article

DOI: 10.30901/2227-8834-2026-2-o10

## The range of environmental and cenotic characteristics of *Humulus lupulus* L. in the south of Western Siberia

Natalia V. Ovcharova<sup>1</sup>, Irina S. Chupina<sup>2</sup>, Marina M. Silantyeva<sup>1</sup>, Olga N. Mironenko<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Altai State University, Barnaul, Russia

<sup>2</sup> Central Siberian Botanical Garden of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

**Corresponding author:** Natalia V. Ovcharova, [ovcharova\\_n\\_w@mail.ru](mailto:ovcharova_n_w@mail.ru)

**Background.** Economic importance of the hop as a resource species and its widespread distribution in the south of Western Siberia determine the relevance of studying its environmental and cenotic affinity to assess its natural resource potential.

**Materials and methods.** A set of 247 descriptions from the Turboveg database of geobotanical information, pertaining to common hop from Altai and Krasnoyarsk Territories, Novosibirsk, Tyumen, Omsk, and Kemerovo Provinces and the Altai Republic, was analyzed. The IBIS software package was used to process the descriptions. CCA ordination (canonical correspondence analysis) with the PAST 4 software package was performed to identify the relationships between plant communities and environmental factors. Thirty-four soil samples were analyzed to characterize edaphic factors.

**Results.** There is a wide range of environmental and cenotic characteristics of hop habitats within the species' area of distribution in the south of Western Siberia. The results of the ordination analysis show that based on the EUNIS system modified for Siberia, hop occurs in forest, shrub, grass, and anthropogenic communities. The CCA ordination for hop-including communities helped to define the ranges of factors: soil moisture, hemerobotolerance, soil richness, and soil salinity. On the soil moisture gradient, the entire set of hop-related descriptions occupies the span from 52 to 80 degrees according to the scale of environmental optima for plants in southern Siberia. On the soil richness/salinity gradient, it covers the range of 10–13 degrees, which corresponds to fairly rich soils. The range of acid-base balance (pH) of the soil under study is within 4.3–7.2. The highest content of organic substances (up to 15%) is observed in shrub communities, probably due to the accumulation of litter organic mass. The least amount of humus (1.9–6.5%) is observed in swampy habitats.

**Keywords:** *Humulus lupulus* L., range, ordination, EUNIS system biotype classification

**Acknowledgments:** the study was funded by the Russian Science Foundation, Grant No. 23-64-10040, <https://rscf.ru/en/project/23-64-10040/>.

**For citation:** Ovcharova N.V., Chupina I.S., Silantyeva M.M., Mironenko O.N. The range of environmental and cenotic characteristics of *Humulus lupulus* L. in the south of Western Siberia. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2026;187(2):207-216. (In Russ.). DOI: 10.30901/2227-8834-2026-2-o10

Financial transparency: the authors have no financial interest in the presented materials or methods. The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work. The journal's opinion is neutral to the presented materials, the authors or their employers.

## Введение

Хмель обыкновенный (*Humulus lupulus* L.) – ценное ресурсное растение семейства Cannabaceae. Ареал хмеля охватывает огромную территорию умеренных широт Голарктики и имеет участки как первичного, так и вторичного ареала.

Хмель уже тысячи лет используется в пивоварении, хлебопечении, а также как пищевое, лекарственное, кормовое растение. В последние десятилетия усилился интерес к нему как к источнику ценных вторичных метаболитов, находящих применение в медицине, косметологии, производстве функциональных продуктов питания, натуральных продуктов гигиены. На новой технологической основе произошло возрождение интереса к хмелю и в пивоварении. Широкая палитра вкусов и оригинальные местные сорта – это новый тренд отрасли. Содержание большого количества биологически активных веществ делает хмель перспективным для фармацевтической промышленности (Korpelainen, Pietiläinen, 2021; Pereira et al., 2022).

Экономическая значимость хмеля как ресурсного вида и его широкое распространение на юге Западной Сибири определяют актуальность исследований его экологической и ценотической приуроченности для оценки природного ресурсного потенциала.

Изучение особенностей распространения хмеля обыкновенного, его экологии, ценологических характеристик, вирусной нагрузки в природных популяциях на юге Западной Сибири ведется нами в течении последних пяти лет (Khlebova et al., 2022, 2025; Silantyeva et al., 2024, 2025).

На юге Западной Сибири произрастает *H. lupulus* subsp. *lupulus*, представленный огромным разнообразием дикорастущих популяций, формами, являющимися беглецами из культуры, а также сортами на промышленных плантациях. Значительный диапазон лесных, кустарниковых, травяных и антропогенных мест обитания (Silantyeva et al., 2024) характеризуется разнообразием экологических условий.

Ранее нами был оценен диапазон встречаемости хмеля в лесных сообществах северо-западной части Алтай-Саянской горной области с повышенным увлажнением: неморальных, высокотравных субальпийско-лесных, пой-

менно-лесных и темнохвойных. По ценотической приуроченности он относится к пойменно-лесной группе, которая в алтае-саянской части своего ареала аналогична ольшаниковому ценоэлементу – «ядру» видового состава влажных широколиственных лесов речных долин Европы (Silantyeva et al., 2025).

Широкий ценотический диапазон распространения хмеля напрямую связан с экологической амплитудой вида. Наиболее изучен этот вопрос в работах сельскохозяйственной направленности (Milosta, Lapa, 2010; Ivanov et al., 2014). Так, в границах российской части ареала сумма активных температур (выше 10°C) составляет от 1000° до 3500°C, среднегодовая температура – от 1,5° до 8,5°C, сумма осадков за вегетационный период – от 200 до 600 мм. Наиболее высокую потребность во влаге хмель проявляет в период цветения и начала образования соплодий. Для оптимального развития хмеля важны воздействие низких температур в период покоя и умеренная температура в весенний период (Rossini et al., 2021). Хмель очень требователен к плодородию и физическим показателям почвы. На уплотненных почвах растения испытывают недостаток воды и воздуха (Ivanov et al., 2014). Благоприятными для хмеля являются дерново-подзолистые, серые лесные и черноземные почвы, достаточно увлажненные, но без близкого залегания грунтовых вод, со слабокислой или нейтральной реакцией (Godovany et al., 1990; Milosta, Lapa, 2010). Хмель – светлюбивая культура, за вегетационный период растению необходимо 1500–1700 часов солнечной радиации, при этом более половины ее должно приходиться на период от цветения до технической спелости «шишек».

*Цель работы* – оценка диапазона экологических и ценологических характеристик *Humulus lupulus* L. на юге Западной Сибири.

## Материалы и методы

Основой для анализа послужила созданная с использованием программы Turboveg (Hennekens, Schaminée, 2001) база данных из 247 геоботанических описаний с участием хмеля обыкновенного с территории Алтайского, Красноярского краев, Новосибирской, Тюменской, Омской, Кемеровской областей, Республики Алтай (рис. 1). Описания растительных сообществ выполняли



Рис. 1. Карта-схема мест выполнения описаний с участием хмеля

Fig. 1. Diagrammatic map of the sites where hop-related descriptions were made

на учетных площадках размером от 100 до 300 м<sup>2</sup>, участие видов в сложении фитоценозов указывали в процентах проективного покрытия. Для обработки описаний использовали программный пакет IBIS (Zverev, 2007). Латинские названия видов растений приведены согласно Plants of the World Online (POWO) (<https://powo.science.kew.org>).

Основой для классификации местообитаний являлась методология европейской системы EUNIS (European Union Nature Information System), ранее примененная для Западной Сибири (Smelyansky, Pronkina, 2009) и адаптированная нами для охвата всего разнообразия местообитаний (биотопов) хмеля обыкновенного на юге Западной Сибири (Silantjeva et al., 2024). Подходы к классификации наземных местообитаний в EUNIS в значительной

## Результаты

### Эколого-ценотический диапазон местообитаний хмеля

В пределах юга Западной Сибири хмель обыкновенный имеет значительный диапазон мест обитания: от ненарушенных лесных фитоценозов до урбанизированных территорий. Разработанная нами ранее классификация сибирских местообитаний (Silantjeva et al., 2024) включает три иерархических уровня, каждый из которых имеет описание и краткую характеристику. Распределение геоботанических описаний по основным группам местообитаний первого иерархического уровня представлено в таблице 1.

**Таблица 1.** Распределение геоботанических описаний по основным группам классификации местообитаний первого иерархического уровня

**Table 1.** Distribution of geobotanical descriptions according to the main groups of habitat classification at the first hierarchical level

№ местообитаний / Locality No.	Тип местообитаний / Habitat type	Количество описаний / Number of descriptions
I	Леса, редколесья и другие облесенные территории	103
II	Кустарниковые сообщества	54
III	Болота	9
IV	Травяные сообщества	59
VI	Местообитания, возникшие на месте садовых или приусадебных участков, парков, а также заброшенных участков и парков	13
VII	Поселения, здания, промышленные объекты, свалки	9
Всего		247

степени основаны на высокой индикаторной роли синтаксонов растительности разного ранга (Schaminée et al., 2014), что позволяет классифицировать все основные биотопы, включая антропогенные (Rodwell et al., 2018; Lavrinenko, 2020; Lavrinenko I., Lavrinenko O., 2020).

Для характеристики эдафических условий проанализированы 34 почвенных пробы, отобранные ручным буром с верхнего горизонта (0–20 см), по методике В. А. Доспехова (Dospikhov, 1985). Агрохимический анализ почвы (рН, содержание органического вещества) проведен в аккредитованной лаборатории (ФГБУ ЦАС «Алтайский»).

Для выявления связей растительных сообществ с экологическими факторами среды проведена ССА-ординация (canonical correspondence analysis) с использованием пакета PAST 4. Также определялось положение сообществ на градиентах увлажнения и богатства-засоленности почв с использованием шкалы экологических оптимумов растений (Kogolyuk, 2006). Для выявления группы фитоценотически значимых растений учитывались описания с обилием хмеля более 15%, виды ранжировались по активности согласно методике Л. И. Мальшева (Malyshov, 1973). Диаграммы размаха строились в программе PAST 4.

Проведенный в ходе данной работы анализ позволил детализировать классификацию и дать характеристику фитоценотических особенностей биотопов второго уровня иерархии, которая приведена ниже. В составе сообществ с участием *H. lupulus* отмечено 629 видов высших растений, принадлежащих к 84 семействам.

#### I. Леса, редколесья и другие облесенные территории

##### I.1. Леса и насаждения с доминированием летнезеленых лиственных деревьев

В мелколиственных лесах с доминированием видов березы повислой (*Betula pendula* L.), березы пушистой (*B. pubescens* Ehrh.), осины (*Populus tremula* L.), иногда с примесью кустарниковых ив и/или хвойных, хмель встречается довольно редко, чаще на местах, где ранее были вырубки или образовались прогалины после ветровала. Хмель в таких сообществах растет при условии хорошего дренажа.

Преобладающая высота деревьев – 15–20 м с диаметром ствола, не превышающим 25 см. Кустарниковый ярус в березовых, осиново-березовых лесах состоит преимущественно из караганы древовидной (*Caragana arborescens* Lam.), шиповника иглистого (*Rosa acicularis* Lindl.),

ш. коричневого (*R. cinnamomea* L. [syn. *R. majalis* Herrm.]), таволги зверобоелистной (*Spiraea hypericifolia* L.), черемухи обыкновенной (*Prunus padus* L. [syn. *Padus avium* Mill.]), боярышника кроваво-красного (*Crataegus sanguinea* Pall.), крушины ольховидной (*Frangula alnus* Mill.), калины обыкновенной (*Viburnum opulus* L.). В заболоченных сообществах в подлеске преобладают ивняки – ива белая (*Salix alba* L.), и. пепельная (*S. cinerea* L.), и. прутьевидная (*S. viminalis* L.), и. пятитычинковая (*S. pentandra* L.).

Экологический и видовой состав травяного покрова характеризует особенности лесорастительных условий и служит показателем характера местообитаний. В травяном покрове отмечается не более 10 господствующих и согосподствующих видов. Это такие доминанты, как вейник наземный (*Calamagrostis epigejos* (L.) Roth), в. седующий (*C. canescens* (Weber) Roth), в. тростниковый (*C. arundinacea* (L.) Roth), ежа сборная (*Dactylis glomerata* L.), мятлик луговой (*Poa pratensis* L.), м. узколистный (*P. angustifolia* L.), коротконожка перистая (*Brachypodium pinnatum* (L.) Beauv.), плевел луговой (*Lolium pratense* (Huds.) Darbysh. [syn. *Festuca pratensis* Huds.]). При повышенном увлажнении в число доминантов входят осоки: осока береговая (*Carex riparia* Curtis), о. пузырчатая (*C. vesicaria* L.), о. двурядная (*C. disticha* Huds.), о. дернистая (*C. cespitosa* L.). Местами господствует орляк обыкновенный (*Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn). В глубине леса при сомкнутом пологе травостой редкий, покрытие почвы составляет не более 50–60%. Там, где начинаются встречаться теневыносливые виды, хмель отмечается в единичных описаниях, а проективное покрытие составляет не более 10%.

На участках, где ранее были вырубki или образовались прогалины после ветровала, обычно отмечается значительная доля апофитов и сорняков – до 15–20% от общего флористического состава. На стадиях восстановления мелколиственного леса (*Betula pubescens*, *Populus tremula*) хмель активно расселяется и содоминирует с крапивой двудомной (*Urtica dioica* L.), икотником серо-зеленым (*Berteroa incana* (L.) DC.), марью белой (*Chenopodium album* L.), льнянкой обыкновенной (*Linaria vulgaris* Mill.), репешком волосистым (*Agrimonia pilosa* Ledeb.).

### 1.2. Хвойные леса с доминированием видов пихты *Abies* Mill., сосны *Pinus* L., или *Picea* A. Dietr.

В горных хвойных лесах с доминированием видов *Abies*, *Pinus*, или сибирской (*Picea obovata* Ledeb.) до высоты 800 м и в равнинных темнохвойно-таежных лесах с доминированием пихты сибирской (*Abies sibirica* Ledeb.), *Picea obovata*, сосны сибирской (*Pinus sibirica* Du Tour) хмель встречается обычно по опушкам, на местах ветровалов и вырубок, вдоль лесных ручьев, небольших рек, лесных дорог. Средний возраст деревьев – 80–90 лет, средняя высота не превышает 25 м, диаметр стволов – не более 30 см, сомкнутость крон – 0,7.

Как было показано нами ранее (Silantjeva et al., 2025), максимальная концентрация геоботанических описаний с участием хмеля наблюдалась в составе сообществ черневого подпояса в избыточно влажном циклоническом биоклиматическом секторе. Значительно реже этот вид встречался в составе лесных ценозов подтаежного подпояса влажного циклонического биоклиматического сектора Алтае-Саянской горной страны.

Хмель изредка отмечался в вейниковых, осоковых и злаково-разнотравных сосновых негустых лесах с редкими березами, осинами и с подлеском из *Caragana arborescens*. Травостой хорошо развит, видовое разно-

образие составляет до 30 видов, общее проективное покрытие достигает 60%. Реже всего хмель представлен в хвойных заболоченных лесах к югу от таежной зоны из сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), иногда с *Betula pubescens* по болотам степной и лесостепной зон.

### 1.3. Смешанные (лиственно-хвойные) леса

В лиственных заболоченных лесах в комбинации с заболоченными хвойными лесами, а также в сосновых лесах, смешанных с березовыми лесами к югу от тайги, хмель встречается довольно обычно, преимущественно по окраинам лесов, по пониженным закустаренным участкам, лесным дорогам.

Хмель отмечен в березово-сосновых лесах, по пониженным закустаренным участкам, опушкам лесов и лесным дорогам. Средний возраст сосны в березово-сосновых лесах достигает 120 лет. Сомкнутость крон – 0,5, диаметр стволов не превышает 30 см, средняя высота деревьев – 15–20 м. Хмель с проективным покрытием до 30% чаще всего встречается в вейниковых, осоковых, разнотравных вариантах леса. Кустарниковый ярус состоит из *Caragana*, *Spiraea*, *Prunus padus*, *Salix*. Травостой хорошо развит, с проективным покрытием до 80–100%, задернованность небольшая. Среди злаков доминирующими видами отмечаются: овсец пушистый (*Avenula pubescens* (Huds.) Dumort.), *Brachypodium pinnatum*, овсяницы, из бобовых представлены: горошек мышиный (*Vicia cracca* L.), *V. sepium*, чина Гмелина (*Lathyrus gmelinii* (Fisch. ex Ser.) Fritsch), ч. гороховидная (*L. pisiformis* L.). Хмель оплетает стволы деревьев до 4–5 м в высоту.

### 1.4. Лесополосы, небольшие антропогенные лески, свежие вырубki, начальные стадии восстановления леса и лесных культур

Довольно часто хмель встречается в лесополосах, включая кленовые сообщества из клена ясенелистного (*Acer negundo* L.), а также вдоль дорог.

## II. Кустарниковые сообщества

Хмель обычен в зарослях ив и других кустарников по низинным болотам, болотистым поймам и берегам рек с доминированием крупных или средних по размеру ив (*Salix cinerea*, *S. pentandra*), иногда с участием *Frangula alnus*, жостера слабительного (*Rhamnus cathartica* L.), *Betula pubescens*, с большим проективным покрытием, обильно плодоносит.

Также с высоким проективным покрытием хмель встречается в мезофильных кустарниковых сообществах Салаира и Алтая с доминированием *Caragana arborescens*, *Spiraea* spp., жимолости татарской (*Lonicera tatarica* L.), *Rosa* spp., *Prunus padus*, *Viburnum opulus*.

## III. Болота

В местообитаниях, занятых торфообразующими сообществами, хмель встречается по окраинам болот, где есть небольшие деревья, кустарники или заросли наземных маловидовых, часто монодоминатных высоких гелофитов из злаковых и осоковых и др. Основными доминирующими видами в травянистом покрове являются: *Calamagrostis canescens*, тростник обыкновенный (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.), *Carex riparia*, *C. vesicaria*. Травостой с встречаемостью хмеля высокий, густой, двухъярусного сложения: 1-й ярус – до 140 см, 2-й – до 50 см. Могут встречаться осоковые кочки высотой до 50 см. Из кустарников представлены: *Salix alba*, ива козья (*S. caprea* L.), и. трехтычинковая (*S. triandra* L.), *S. cinerea*, *Prunus padus*.

#### IV. Травяные сообщества

На лесных опушках, вырубках, в сообществах вдоль водотоков, оврагов или на влажных лугах по краю леса с присутствием кустарников хмель встречается довольно обычно, с большим проективным покрытием.

Наиболее типичные ассоциации, где представлен хмель с проективным покрытием до 30–50%, – разнотравно-щучковая, полевицевая, осоковые и вейниковые низинные луга с единичными деревьями, которые служат опорой для произрастания хмеля. Эдификаторами выступают гигрофиты – *Carex vesicaria*, мятлик болотный (*Poa palustris* L.), мезофиты и мезогигрофиты – купальница азиатская (*Trollius asiaticus* L.), тимофеевка луговая (*Phleum pratense* L.), *Lolium pratense*, *Dactylis glomerata*, *Calamagrostis arundinaceae*, *C. epigejos*, лабазник вязолистный (*Filipendula ulmaria* (L.) Maxim.).

В редких случаях хмель встречался в сообществах остепненных суходольных лугов, которые характеризуются богатством видового состава со значительным присутствием ксерофитов. При этом хмель, цепляясь за травы, лишь незначительно приподнимается над верхним ярусом травостоя. Злаковую основу травостоя создают лугово-степные виды: *Poa angustifolia*, *Phleum phleoides*, овсяница ложноовечья (*Festuca pseudovina* Hack. ex Wiesb. [syn. *Festuca pulchra* Schur]), тонконог крупноцветковый (*Koeleria macrantha* (Ledeb.) Schult.), кострец безостый (*Bromopsis inermis* (Leys.) Holub [syn. *Bromus inermis* Leys.]), полевица собачья (*Agrostis canina* L.), ковыль волосатик (*Stipa capillata* L.). Разнотравье представлено видами: лапчатка распростертая (*Potentilla humifusa* Willd. ex D.F.K. Schltdl.), л. серебристая (*P. argentea* L.), прострел раскрытый (*Pulsatilla patens* (L.) Mill.), люцерна серповидная (*Medicago falcata* L.), осока приземистая (*Carex supina* Willd. ex Wahlenb.), осока твердоватая (*C. duriuscula* C.A. Mey.), вероника седая (*Veronica incana* L.), в. колосистая (*V. spicata* L.), земляника зеленая (*Fragaria viridis* Weston), горошек приятный (*Vicia amoena* Fisch. ex Ser.), тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium* L.), горчичник Морисона (*Peucedanum morisonii* Besser ex Schult.).

#### V. Местообитания, возникшие на месте садовых или приусадебных участков, парков, а также заброшенных участков и парков

Хмель довольно обычен в посадках культур плодовых, овощных и декоративных видов дачных и садовых участков, небольших посадках и скверах около зданий, а также в огородах в непосредственной близости от жилья. В качестве опоры хмель чаще всего использует следующие деревья и кустарники: *Acer negundo*, береза повислая (*Betula pendula*), вяз гладкий (*Ulmus laevis* Pall.), в. шероховатый (*U. glabra* Huds.), яблоня ягодная (*Malus baccata* (L.) Borkh.), *Populus tremula*, ирга овальная (*Ame-lanchier ovalis* Medik.), кизильник рыхлоцветковый (*Cotoneaster laxiflorus* J. Jacq. ex Lindl.), *Prunus padus*, сирень обыкновенная (*Syringa vulgaris* L.), с. венгерская (*S. josikaea* J. Jacq. ex Rchb.). Также хмель успешно осваивает в качестве опоры ограждения садоводческих товариществ и опоры линий электропередач из стального профиля.

#### VI. Поселения, здания, промышленные объекты, свалки

Хмель широко распространен в городах, поселках и деревнях, где заборы и стены заброшенных строений выступают для него в качестве типичных местообита-

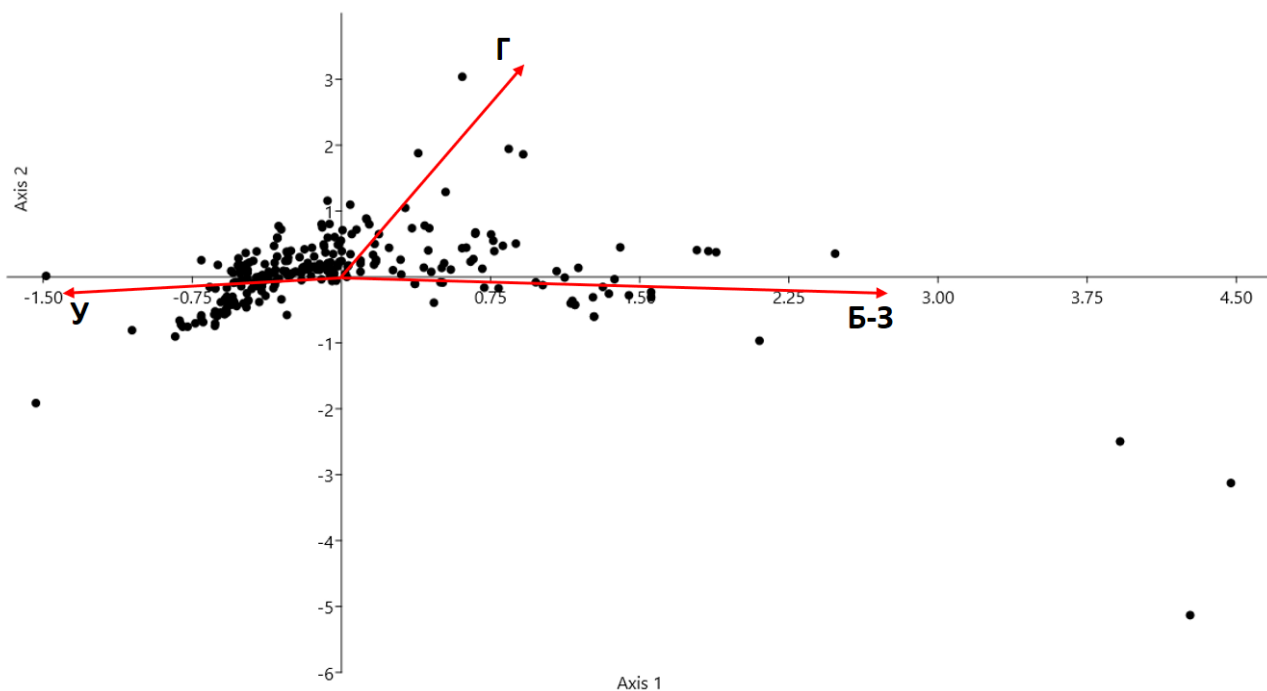
ний. Это фитоценозы самых разнообразных искусственных экотопов с бесструктурными, местами бедными питательными элементами почвогрунтами. Эдификаторами и созидикаторами являются травянистые виды растений: клоповник мусорный (*Lepidium ruderales* L.), лебеда татарская (*Atriplex tatarica* L.), *Chenopodium album*, гулявник Лёзеля (*Sisymbrium loeselii* L.), вьюнок полевой (*Convolvulus arvensis* L.), щирица запрокинутая (*Amaranthus retroflexus* L.), бодяк щетинистый (*Cirsium setosum* (Willd.) Besser), полынь горькая (*Artemisia absinthium* L.), п. обыкновенная (*A. vulgaris* L.), *Lolium pratense*, *Dactylis glomerata*.

#### Экологический диапазон мест обитаний

Для выявления связей растительности с экологическими факторами была проведена ССА-ординация сообществ с использованием статусов увлажнения почв (У), богатства и засоления почв (Б-З), гемероботолерантности (Г) (Korolyuk, 2006; Zverev et al., 2018). Основная часть описаний на схеме образовала компактную группу, что свидетельствует о сходстве экологических параметров их местообитаний. Также описания образовали экологические ряды относительно выбранных факторов (рис. 2).

На втором этапе анализа с использованием экологических шкал для растений Южной Сибири выявлено, что на градиенте увлажнения почв вся выборка описаний с участием хмеля занимает отрезок от 52-й до 80-й ступени. Ценозы с высоким обилием хмеля (от 15%) попали в отрезок увлажнения от 53-й до 71-й, что соответствует сухо-луговому и влажно-луговому увлажнению почв. На градиенте богатства-засоления он охватывает диапазон 10–13-й ступени, что соответствует довольно богатым почвам. Положение описаний с высоким обилием хмеля аналогично. Это позволяет отнести хмель к гликофитным видам.

Экологию сообществ хорошо отражают высокоактивные виды растений, определяющие его структуру и функционирование. В сообществах с высоким проективным покрытием *Humulus lupulus* (от 15%) активными видами выступают: *Urtica dioica* (активность – 30), *Prunus padus* (22), *Populus tremula* (21), *Aegopodium podagraria* (20), *Pteridium aquilinum* (13), оноклея обыкновенная (*Onoclea struthiopteris* (L.) Roth) (13), *Filipendula ulmaria* (13), *Betula pubescens* (12), малина обыкновенная (*Rubus idaeus* L.) (11), карагана кустарниковая (*Caragana frutex* (L.) K. Koch) (11). При этом, активность хмеля среди проанализированных сообществ максимальна и равна 68. Эумезофиты *Urtica dioica*, *Prunus padus*, *Populus tremula*, *Aegopodium podagraria*, *Pteridium aquilinum* и *Rubus idaeus* приурочены к довольно богатым (часто азотистым) почвам с умеренным увлажнением. Эти виды обычны для лесов, кустарниковых сообществ, часто произрастают по берегам водоемов, вблизи населенных пунктов. Мезогигрофиты *Onoclea struthiopteris*, *Filipendula ulmaria* и *Betula pubescens* приурочены к более влажным почвам и произрастают в пойменных лесах, кустарниковых зарослях, низинных лугах, в депрессиях на плоских участках водоразделов. Гемиксерофит *Caragana frutex* нередко формирует заросли на приречных террасах, на опушках мелколиственных и сосновых лесов. При анализе всей выборки описаний в составе высокоактивных видов увеличивается число эумезофитов: *Betula pendula* (активность – 21), *Dactylis glomerata* (14), осока большехвостая (*Carex pediformis* var. *macroura* (Meinsh.) Kük.) (13) и бо-



**Рис. 2.** CCA-ординация сообществ с участием *Humulus lupulus* L. Факторы: У – увлажнение почв; Г – гемероботолерантность; Б-З – богатство и засоленность почв

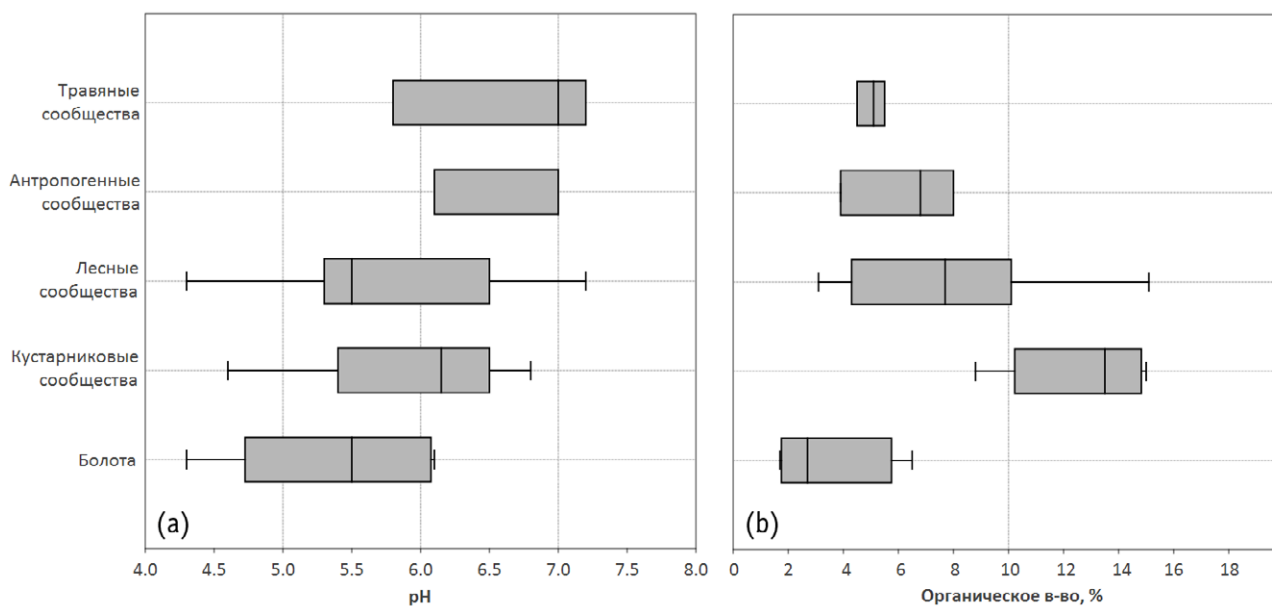
**Fig. 2.** CCA ordination of communities that included *Humulus lupulus* L. Factors: У – soil moisture; Г – hemerotolerance; Б-З – soil richness and salinity

рец северный (*Aconitum septentrionale* Koelle) (12). Активность *Humulus lupulus* здесь также остается высокой – 28.

Кислотно-щелочной баланс (рН) почвы на учетных площадках из всех групп местообитаний хмеля (травянистые, антропогенные, лесные, кустарниковые, заболоченные) находится в пределах 4,3–7,2, что соответствует кислым, нейтральным и слабощелочным почвам (рис. 3,

табл. 2). Для травяных сообществ (степей и лугов) характерны почвы с нейтральной и слабощелочной средой, для заболоченных – слабокислой и кислой.

Наибольшее содержание органических веществ (до 15%) наблюдается в кустарниковых сообществах благодаря накоплению органической массы опада. Наименьшее количество гумуса (1,9–6,5%) наблюдается на заболоченных местообитаниях.



**Рис. 3.** Значений рН почвенного раствора (а) и содержания органического вещества в почве из местообитаний хмеля обыкновенного, % (б)

**Fig. 3.** The pH values of soil solution (a) and the content of organic matter in the soil from common hop habitats, % (b)

**Таблица 2. Распределение диапазонов значений экологических факторов произрастания *Humulus lupulus* L. в условиях юга Западной Сибири****Table 2. Distribution of the ranges of values for the environmental factors of *Humulus lupulus* L. growth under the conditions of the south of Western Siberia**

Экологические факторы / Environmental factors	Диапазон значений / Range of values
Содержание органического вещества в почве, %	1,7–15
pH почвы	4,3–7,2
Увлажнение почвы (экологическая шкала)	52–80
Богатство и засоление почвы (экологическая шкала)	10–13
Гемероботолерантность (экологическая шкала)	3–6

### Обсуждение результатов

В пределах рассматриваемого фрагмента ареала хмеля обыкновенного на юге Западной Сибири выявлен широкий диапазон экологических и ценологических показателей местообитаний.

На схеме ординации большая часть анализируемых описаний образовала скопление в центре оси. Здесь сосредоточились сообщества мезофильных и гигромезофильных лесных и кустарниковых сообществ, которые являются типичными местообитаниями хмеля обыкновенного на юге Западной Сибири. Первый экологический ряд (У) на схеме ординации отражает распределение сообществ по фактору увлажнения, крайние позиции здесь занимают гигрофильные сообщества выборки – осоковые болота, сырые елово-березовые лесные ценозы, пойменные ивовые сообщества. Второй ряд – это антропогенно нарушенные сообщества (Г). В этих ценозах высокая роль однолетних и двулетних видов – *Chenopodium album*, конопля посевной (*Cannabis sativa* L.), болиголов пятнистый (*Conium maculatum* L.), дескурении Софьи (*Descurainia sophia* (L.) Webb ex Prantl) и др. Относительно третьего ряда (Б-3), отражающего богатство и засоленность почвы, сосредоточились луговые степи, формирующиеся на достаточно богатых элементами питания почвах (черноземах) (см. рис. 2). В естественных сообществах, занимающих крайние позиции на оси 1, – болотах и луговых степях – хмель не является характерным видом и встречается случайно с малым проективным покрытием.

Приуроченность хмеля преимущественно к лесным и кустарниковым сообществам с умеренным и повышенным увлажнением подтверждают экологические шкалы. На градиенте увлажнения почв выборка описаний с высоким обилием хмеля (проективное покрытие – более 15%) соответствует сухо-луговому и влажно-луговому увлажнению почв, что характерно для дренированных плакорных местообитаний лесной и лесостепной зон, в более южных районах – для пойм рек, глубоких западин, балок (Guidelines for environmental..., 1974). Эти местообитания могут рассматриваться как наиболее оптимальные для развития хмеля и соответствующие его фитоценологическому оптимуму. Основной вклад в формирование сообществ с хмелем вносят ксеромезофиты и эумезофиты, составляющие 73%. Группа ксеромезофитов представлена *Poa angustifolia*, *Fragaria viridis*, *Potentilla argentea*, солонечником двцветковым (*Galatella biflora* (L.) Nees), *Medicago falcata* и др., которые широко распространены в зональных сообществах лесостепи Западной Сибири. Эумезофиты *Cirsium setosum*, скерда сибир-

ская (*Crepis sibirica* L.), *Dactylis glomerata*, кадения сомнительная (*Kadenia dubia* (Schkuhr) Lavrova & V.N. Tikhom.), *Urtica dioica* и др. – растения луговых и лесных ценозов. Наименьшую долю (менее 1%) составляют виды болотных местообитаний – гипогидрофиты осока острая (*Carex acuta* L.), *C. riparia*, ряска малая (*Lemna minor* L.).

Приуроченность хмеля к почвам с высоким минеральным богатством подтверждается его произрастанием совместно с растениями-нитрофилами, среди которых отмечены: *Rubus idaeus*, бузина сибирская (*Sambucus sibirica* Nakai), *Urtica dioica*, борщевик рассеченный (*Heraclium dissectum* Ledeb.), ребросемянник уральский (*Pleurospermum uralense* Hoffm.), *Aegopodium podagraria*, *Prunus padus*, купырь лесной (*Anthriscus sylvestris* (L.) Hoffm.), яснотка белая (*Lamium album* L.), лебеда садовая (*Atriplex hortensis* L.) и др. В характеристиках хмеля как сельскохозяйственной культуры подчеркиваются его отзывчивость на хорошие физические свойства почвы (достаточная влагоемкость, благоприятные тепловой и воздушный режимы) и высокая потребность в питании: в течение вегетационного периода растения хмеля потребляют в 2–4 раза больше азота, фосфора, калия и кальция, чем зерновые культуры (Ivanov et al., 2014). В то же время массовая доля органического вещества в почве сообществ с участием хмеля колебалась от 1,5% до 15%, что свидетельствует о значительной экологической амплитуде вида.

Несмотря на широкий диапазон местообитаний хмеля, заметно ограничивает его распространение засоленность почв, что подтверждается положением сообществ с его участием на градиенте богатства-засоленности (ступени 10–13). Почва относится к категории засоленных, если в процессе агрохимического анализа почвы устанавливается значение массовой доли плотного остатка более 0,3%, что отмечалось на четырех мониторинговых площадках.

Особенно выделяется местообитание в заболоченном березовом травянистом лесу вблизи горько-соленого оз. Куричье (урочище Касалгач, Алтайский край). В то же время почва здесь богата органическими веществами (15%) при значениях pH, близких 5,3. Это крайняя точка местонахождения хмеля обыкновенного в природном сообществе в условиях Кулундинской бессточной котловины.

### Заключение

В пределах ареала хмеля обыкновенного на юге Западной Сибири отмечается широкий диапазон экологических и ценологических характеристик местообитаний.

Результаты ординационного анализа показывают, что хмель встречается в лесных, кустарниковых, травяных, антропогенных сообществах по модифицированной классификации системы EUNIS. Преимущественную встречаемость хмеля в лесных и кустарниковых сообществах с умеренным и повышенным увлажнением подтверждают экологические шкалы. На градиенте увлажнения почв вся выборка описаний с участием хмеля занимает отрезок от 52-й до 80-й ступени. Ценозы с обилием хмеля выше 15% относятся к отрезку увлажнения от 53-й до 71-й, что соответствует сухо-луговому и влажно-луговому увлажнению почв. На градиенте богатства-засоления он охватывает диапазон 10–13-й ступени, что соответствует довольно богатым почвам. Важнейшим показателем, ограничивающим распространение хмеля в равнинной части, является засоленность почв. Диапазон кислотно-щелочного баланса (рН) почвы находится в пределах 4,3–7,2. Наибольшее содержание органических веществ (до 15%) наблюдается в кустарниковых сообществах, что связано с накоплением органической массы опада. Наименьшее количество гумуса (1,9–6,5%) наблюдается на заболоченных местообитаниях.

### References / Литература

- Dospekhov V.A. Methodology of field trial (with fundamentals of statistical processing of research results) (*Metodika polevogo opyta [s osnovami statisticheskoy obrabotki rezultatov issledovaniy]*). 5th ed. Moscow: Agropromizdat; 1985. [in Russian] (Доспехов В.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд. Москва: Агропромиздат; 1985).
- Godovany A.A., Lyashenko N.I., Reytmán I.G., Ezhov I.S. Hop and its utilization (*Khmel i yego ispolzovaniye*). Kiev: Urozhay; 1990. [in Russian] (Годованый А.А., Ляшенко Н.И., Рейтман И.Г., Ежов И.С. Хмель и его использование. Киев: Урожай; 1990).
- Guidelines for environmental assessment of forage lands in the forest-steppe and steppe zones of Siberia according to vegetation (*Metodicheskiye ukazaniya po ekologicheskoy otsenke kormovyykh ugodiy lesostepnoy i stepnoy zon Sibiri po rastitelnomu pokrovu*). Moscow: Williams Research Institute of Forages; 1974. [in Russian] (Методические указания по экологической оценке кормовых угодий лесостепной и степной зон Сибири по растительному покрову. Москва: ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса; 1974).
- Hennekens S.M., Schaminée J.H.J. TURBOVEG, a comprehensive data base management system for vegetation data. *Journal of Vegetation Science*. 2001;12(4):589-591. DOI: 10.2307/3237010
- Ivanov A., Savin I., Egorov A. Methodology of land resources assessment for agricultural production in Russia (at the example of hop cultivation). *Dokuchaev Soil Bulletin*. 2014;(73):29-94. [in Russian] (Иванов А.Л., Савин И.Ю., Егоров А.В. Методология оценки ресурсного потенциала земель России для сельскохозяйственного производства (на примере хмеля). *Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева*. 2014;(73):29-94). DOI: 10.19047/0136-1694-2014-73-29-94
- Khlebova L.P., Brovko E.S., Bychkova O.V., Mironenko O.N., Barysheva N.V. The prevalence of viruses in hop industrial plantations in the foothills of Altai. *Achievements of Science and Technology of AIC*. 2022;36(12):35-39. [in Russian] (Хлебова Л.П., Бровко Е.С., Бычкова О.В., Миро-
- ненко О.Н., Барышева Н.В. Распространенность вирусов в производственных насаждениях хмеля в предгорье Алтая. *Достижения науки и техники АПК*. 2022;36(12):35-39). DOI: 10.53859/02352451\_2022\_36\_12\_35
- Khlebova L.P., Brovko E.S., Mironenko O.N., Nebylitsa A.V., Poltaratskaya Yu.R. Optimisation of technology of clonal micropropagation of varietal and wild hops. *Achievements of Science and Technology of AIC*. 2025;39(2):38-43. [in Russian] (Хлебова Л.П., Бровко Е.С., Мironenko О.Н., Небылица А.В., Полтарацкая Ю.Р. Оптимизация технологии клонального микроразмножения сортового и дикорастущего хмеля. *Достижения науки и техники АПК*. 2025;39(2):38-43). DOI: 10.53859/02352451\_2025\_39\_2\_38
- Korolyuk A.Ju. Ecological optimum of South Siberian plants. *Botanical Research of Siberia and Kazakhstan*. 2006;(12):3-38. [in Russian] (Корольюк А.Ю. Экологические оптимумы растений юга Сибири. *Ботанические исследования Сибири и Казахстана*. 2006;(12):3-38).
- Korpeläinen H., Pietiläinen M. Hop (*Humulus lupulus* L.): traditional and present use, and future potential. *Economic Botany*. 2021;75(4):302-322. DOI: 10.1007/s12231-021-09528-1
- Lavrinenko I.A. Approaches of European ecologists to typology and mapping of habitats. *Geobotanical Mapping*. 2020;(2020):51-77. [in Russian] (Лавриненко И.А. Подходы европейских экологов к типологии и картированию местообитаний. *Геоботаническое картографирование*. 2020;(2020):51-77). DOI: 10.31111/geobotmap/2020.51
- Lavrinenko I.A., Lavrinenko O.V. Habitats of the East European tundra and their accordance by the EUNIS categories on the Nenetsky Reserve example. *Phytodiversity of Eastern Europe*. 2020;14(4):359-397. [in Russian] (Лавриненко И.А., Лавриненко О.В. Местообитания восточно-европейских тундр и их соотношение с категориями EUNIS на примере заповедника «Ненецкий». *Фитообразия Восточной Европы*. 2020;14(4):359-397). DOI: 10.24411/2072-8816-2020-10082
- Malyshev L.I. Floristic zoning based on quantitative features. *Botanicheskii zhurnal = Botanical Journal*. 1973;58(11):1581-1602. [in Russian] (Мальшев Л.И. Флористическое районирование на основе количественных признаков. *Ботанический журнал*. 1973;58(11):1581-1602).
- Milosta G.M., Lapa V.V. Agrobiological principles of hop cultivation in the Republic of Belarus: a monograph (*Agrobiologicheskiye osnovy vyrashchivaniya khmelya v Respublike Belarus: monografiya*). Grodno: Grodno State Agrarian University; 2010. [in Russian] (Милоста Г.М., Лапа В.В. Агробиологические основы выращивания хмеля в Республике Беларусь: монография. Гродно: Гродненский государственный аграрный университет; 2010).
- Pereira O.R., Santos G., Sousa M.J. Hop by-products: pharmacological activities and potential application as cosmetics. *Cosmetics*. 2022;9(6):139. DOI: 10.3390/cosmetics9060139
- Plants of the World Online. Kew Royal Botanic Gardens: [website]. Available from: <https://powo.science.kew.org> [accessed Oct. 02, 2025].
- Rodwell J.S., Evans D., Schaminée J.H.J. Phytosociological relationships in European Union policy-related habitat classifications. *Rendiconti Lincei. Scienze Fisiche e Naturali*. 2018;29(1):237-249. DOI: 10.1007/s12210-018-0690-y
- Rossini F., Virga G., Loreti P., Iacuzzi N., Ruggeri R., Provenzano M.E. Hops (*Humulus lupulus* L.) as a novel multipurpose crop for the Mediterranean region of Europe: challenges and opportunities of their cultivation. *Agriculture*. 2021;11(6):484. DOI: 10.3390/agriculture11060484

- Schaminée J.H.J., Chytrý M., Hennekens S.M., Mucina L., Rodwell J.S., Tichý L. Development of vegetation syntaxa cross-walks to EUNIS habitat classification and related data sets. Final report EEA/NSV/12/001. Amended in 2014. Wageningen: Alterra; 2014.
- Silantyeva M.M., Ermakov N.B., Ovcharova N.V., Mironenko O.N. Phytocoenotic positions of *Humulus lupulus* in the low-mountain vegetation of the western part of the Altai-Sayan Mountain Region. *Turczaninowia*. 2025;28(1):187-200. [in Russian] (Силантьева М.М., Ермаков Н.Б., Овчарова Н.В., Мироненко О.Н. Фитоценотические позиции *Humulus lupulus* в растительности низкогорной западной части Алтае-Саянской горной области. *Turczaninowia*. 2025;28(1):187-200). DOI: 10.14258/turczaninowia.28.1.19
- Silantyeva M.M., Mironenko O.N., Ovcharova N.V., Chukhina I.G., Poltaratskaya Yu.R., Nebylitsa A.V. et al. Phytocenotic arrangement of the common hop in the south of Western Siberia. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2024;185(4):20-31. [in Russian] (Силантьева М.М., Мироненко О.Н., Овчарова Н.В., Чухина И.Г., Полтаратская Ю.Р., Небылица А.В. и др. Фитоценотическая приуроченность хмеля обыкновенного на юге Западной Сибири. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2024;185(4):20-31). DOI: 10.30901/2227-8834-2024-4-20-31
- Smelyansky I.E., Pronkina G.A. (eds). Important plant areas of Altai-Sayan ecoregion: attempt of identification (Klyuchevye botanicheskiye territorii Altaye-Sayanskogo ekoregiona: opyt vydeleniya). Novosibirsk: Geo; 2009. [in Russian] (Ключевые ботанические территории Алтае-Саянского экорегиона: опыт выделения / под ред. И.Э. Смелянского, Г.А. Пронькиной. Новосибирск: Гео; 2009).
- Zverev A.A. Information technologies in the studies of vegetation (Informatsionnye tekhnologii v issledovaniyakh rastitelnogo pokrova). Tomsk: TML-Press; 2007. [in Russian] (Зверев А.А. Информационные технологии в исследованиях растительного покрова: Томск: ТМЛ-пресс; 2007).
- Zverev A.A., Sheremetova S.A., Sheremetov R.T. Plant indicator values of tolerability for hemeroby as an analytical tool for floristic data using the basin approach. In: A.N. Kupriyanov (ed.). *Problems of Industrial Botany in Advanced Industrial Regions. Proceedings of the V International Conference (2–3 October 2018, Kemerovo)*. Kemerovo; 2018. p.20-26. [in Russian] (Зверев А.А., Шереметова С.А., Шереметов Р.Т. Шкала гемероботолерантности растений как инструмент для анализа флористических данных в рамках бассейнового подхода. В кн.: *Проблемы промышленной ботаники индустриально развитых регионов. Сборник материалов докладов V Международной конференции (2–3 октября 2018 г., Кемерово)* / под ред. А.Н. Куприянова. Кемерово; 2018. С.20-26).

### Информация об авторах

**Наталья Владимировна Овчарова**, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, Алтайский государственный университет, 656049 Россия, Барнаул, пр. Ленина, 61, ovcharova\_n\_w@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8657-3226>

**Ирина Сергеевна Чупина**, младший научный сотрудник, Центральный сибирский ботанический сад Сибирского отделения Российской академии наук, 630090 Россия, Новосибирск, ул. Золотодолинская, 101, irachupina@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6475-056X>

**Марина Михайловна Силантьева**, доктор биологических наук, главный научный сотрудник, Алтайский государственный университет, 656049 Россия, Барнаул, пр. Ленина, 61, msilan@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7102-2675>

**Ольга Николаевна Мироненко**, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, Алтайский государственный университет, 656049 Россия, Барнаул, пр. Ленина, 61, olgmironenko@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0091-5043>

### Information about the authors

**Natalia V. Ovcharova**, Cand. Sci. (Biology), Leading Researcher, Altai State University, 61 Lenina Ave., Barnaul 656049, Russia, ovcharova\_n\_w@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8657-3226>

**Irina S. Chupina**, Associate Researcher, Central Siberian Botanical Garden of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 101 Zolotodolinskaya St., Novosibirsk 630090, Russia, irachupina@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6475-056X>

**Marina M. Silantyeva**, Dr. Sci. (Biology), Chief Researcher, Altai State University, 61 Lenina Ave., Barnaul 656049, Russia, msilan@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7102-2675>

**Olga N. Mironenko**, Cand. Sci. (Biology), Leading Researcher, Altai State University, 61 Lenina Ave., Barnaul 656049, Russia, olgmironenko@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0091-5043>

**Вклад авторов:** все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

**Contribution of the authors:** the authors contributed equally to this article.

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interests:** the authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 14.10.2025; одобрена после рецензирования 18.02.2026; принята к публикации 16.04.2026. The article was submitted on 14.10.2025; approved after reviewing on 18.02.2026; accepted for publication on 16.04.2026.