

**А.Е. Коновалова, Д.Ю. Андреев, А.А. Гостева, М.Е. Коновалова**

**ОРОГРАФИЧЕСКАЯ ПРИУРОЧЕННОСТЬ  
ОСНОВНЫХ ЛЕСООБРАЗУЮЩИХ ВИДОВ  
В МАЛОНАРУШЕННЫХ СРЕДНЕТАЕЖНЫХ ЛЕСАХ  
ЮГА ЭВЕНКИИ**

*Введение.* Вопрос значения орографических факторов для лесной растительности является важным направлением лесоводственных исследований, а изучение дифференциации и динамики растительности с учетом географических особенностей получило название ландшафтно-экологического подхода [Киреев, 1973; Беляева и др., 2020]. Рельеф как наиболее консервативный компонент ландшафта может служить индикатором фитоценотической структуры, продуктивности лесообразующих видов и процессов лесовозобновления [Сысуев, Шарый, 2000; Ермаков и др., 2007; Фомин, Залесов, 2013; Алексеев, Никифоров, 2014; Amici et al., 2015; Guo et al., 2017; Slezák, Hrivnák, 2019; Tinya et al., 2021; Athamanakath et al., 2025]. Однако соотношение морфометрических характеристик рельефа и структуры растительного покрова всегда носит зональный характер и должно лежать в основе региональных исследований природных систем.

*Целью работы* является выявление орографической приуроченности основных лесообразующих видов малонарушенных лесов на территории государственного природного заповедника «Тунгусский». Полученные результаты уточняют особенности пространственной структуры ключевых древесных видов на обширной слабоизученной территории.

*Материалы и методика исследования.* Государственный природный заповедник (ГПЗ) «Тунгусский» расположен на юге Эвенкийского муниципального района Красноярского края. Территория относится к среднетаежным бореальным типичным резко континентальным ландшафтам [Исаченко, 1985]. Климат резко континентальный. Сумма активных температур (выше 10°) достигает 1200–1600 °С. Годовая сумма осадков составляет не менее 400 мм, значительная часть ее приходится на зимние месяцы. В летние месяцы испарение превышает количество осадков, создавая дефицит атмосферного увлажнения. Заповедник расположен на возвышенном ступенчатом глубоко рассеченном плато, на южной границе распространения

островной многолетней мерзлоты. Территория сильно заболочена. На покрытых лесной растительностью землях эдификаторную роль выполняют лиственница сибирская (*Larix sibirica* Ledeb.), сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), кедр, или сосна сибирская (*Pinus sibirica* Du Tour), ель сибирская (*Picea obovata* Ledeb.), береза пушистая (*Betula pubescens* Ehrh.), осина, или тополь дрожащий (*Populus tremula* L.), березка карликовая (*Betula nana* L.) и различные виды ив (*Salix* sp.) [Кривобоков и др., 2021].

Актуальные данные о растительном покрове территории ГПЗ «Тунгусский» получены в результате проведения в 2021 г. лесоустроительных работ филиалом ФГБУ «Рослесинфорг» «Востсиблеспроект». Для повышения точности при определении границ лесотаксационных выделов учитывалась мозаика орографических факторов [Коновалова и др., 2021].

Для анализа орографических факторов была использована цифровая модель рельефа местности ASTER GDEM 2 с пространственным разрешением 1 угловая секунда (приблизительно 30 м). На ее основании получены растровые модели поверхности – слой изолиний высоты над уровнем моря с шагом 20 м, усредненной экспозицией склонов и усредненным значением уклонов для каждого таксационного выдела. При помощи набора инструментов программного пакета ArcGIS произведено слияние атрибутов высоты над уровнем моря, экспозиции и крутизны склона с таблицей атрибутов лесоустроительной базы данных. Сводные данные таблицы атрибутов анализировали в среде программы «Excel» при помощи инструментов надстройки AtteStat 13 [Гайдышев, 2015].

Выполнено вычисление сводных статистических характеристик для каждой выборки данных по абсолютной высоте, крутизне и экспозиции склонов по каждой господствующей древесной породе. Для проверки нормальности распределения эмпирических рядов данных использован критерий Шапиро-Уилка [Хан, Шапиро, 1969; Shapiro, Wilk, 1965; Shapiro et al., 1968]. Так как гипотеза о нормальности распределения рядов эмпирических данных при заданном уровне значимости  $\alpha = 0,05$  не отклоняется только в случаях распределений по абсолютной высоте и крутизне склонов мест произрастания лиственничников, то для попарного анализа статистической значимости различий параметров выборок использованы непараметрические методы проверки статистических гипотез.

Для сравнения двух независимых совокупностей одинаковой или разной численности в количественной шкале применялся *U*-критерий Манна-Уитни (Вилкоксона-Манна-Уитни). При этом проверялась гипотеза о равенстве центров группирования. Для сравнения рассеяния относительно центра

группирования применялся *T*-критерий Зигеля-Тьюки (Сиджела-Тьюки, Сайджела-Тьюки, Siegel-Tukey test). На основании значений этих критериев делали вывод о сходстве имеющихся эмпирических выборок [Кобзарь, 2006; Гайдышев, 2015].

*Результаты исследования.* Геоинформационный анализ показал довольно слабую расчлененность местности. Рельеф не имеет выраженной высотной поясности: перепад составляет 345 м. Склоны выровнены дефляционными процессами. На большей части площади (97,7%) элементы рельефа имеют уклон менее 10°. Участки склонов с крутизной от 10° до 20° составляют около 2% общей площади, от 20° до 40° – 0,3%.

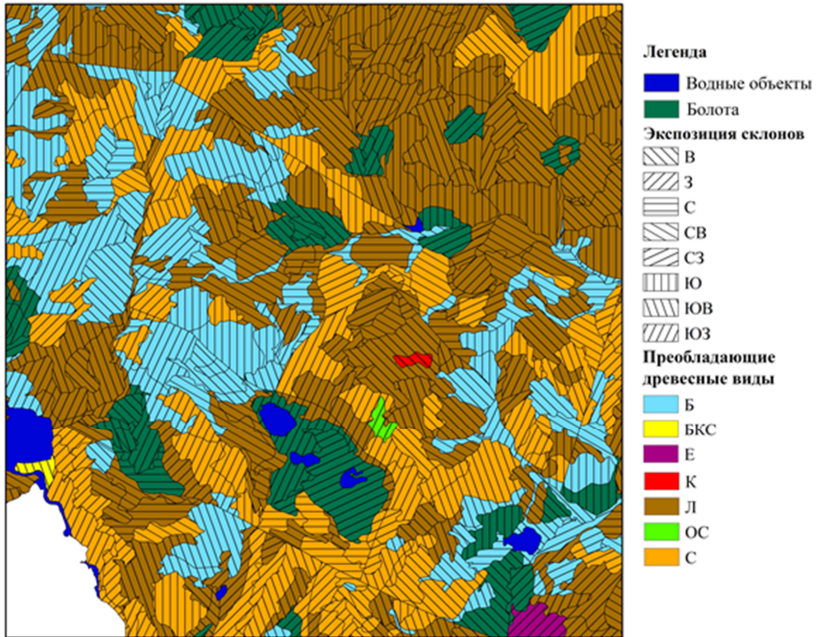
Для полученных в результате пространственного анализа данных распределения покрытых лесом земель с доминированием различных видов по элементам рельефа с различной абсолютной высотой и уклонами выполнена статистическая обработка (табл. 1). Распределение площадей насаждений с различными преобладающими древесными видами по элементам рельефа с различной экспозицией склонов (рис. 1) показало, что площадь, занятая лиственничниками, сосняками, березняками и ерниками (заросли березки карликовой), по экспозициям склонов слабо отличается от общего характера рельефа (рис. 2).

Таблица 1

**Основные результаты анализа пространственной структуры лесов  
ГПЗ «Тунгусский»**

**The main results of the geoinformational analysis  
of the Tunguska Nature Reserve forests**

Преобладающий древесный вид	Площадь, га	Средняя высота над уровнем моря, м н.у.м.	Средняя крутизна склона, градус
Лиственница	191479	361,6±0,49	2,9±0,03
Сосна	52308	361,6±0,91	3,8±0,07
Кедр	659	407,9±7,11	3,8±0,53
Ель	359	299,8±8,42	2,6±0,48
Береза	27598	383,2±1,25	2,9±0,08
Осина	482	397,2±6,94	4,5±0,67
Ерник (Березка карликовая)	12661	347,2±1,34	2,2±0,12
Различные виды ив	232	268,8±5,37	2,0±0,45



*Рис. 1.* Фрагмент схемы расположения насаждений с различными преобладающими древесными видами на склонах с различной экспозицией

*Fig. 1.* The schematic map fragment of the plantings with dominant species locations on slopes with different exposures

Лиственница господствует в составе древостоев на 67,1% покрытых лесной растительностью земель. При этом лиственничники не имеют четкой приуроченности к отдельным элементам рельефа. Среднее значение абсолютной высоты, на которой в пологе древостоев доминирует лиственница ( $362,5 \pm 0,39$  м), близко к средней высоте рельефа всех покрытых лесной растительностью земель в целом ( $363,4 \pm 0,40$  м), при этом на основании значения критерия Манна-Уитни гипотеза о равенстве центров группирования этих двух совокупностей не отвергается. Среднее значение крутизны склонов, на которых формируются лиственничники (от  $0^\circ$  до  $40^\circ$ , в среднем  $2,9 \pm 0,03^\circ$ ), также близко к среднему значению по всем покрытым лесной растительностью землям в целом (от  $0^\circ$  до  $41^\circ$ , в среднем  $3,0 \pm 0,03^\circ$ ), притом что на основании значений критериев Манна-Уитни и Зигеля-Тьюки эти ряды данных достоверно отличаются. Насаждения с преобладанием

лиственницы произрастают на склонах различной экспозиции с небольшим увеличением на теневых склонах (северной, северо-восточной, северо-западной и восточной экспозиции) и уменьшением на световых (южной, юго-западной, юго-восточной и западной экспозиции): они занимают около 71% площади теневых склонов и около 63% – световых.

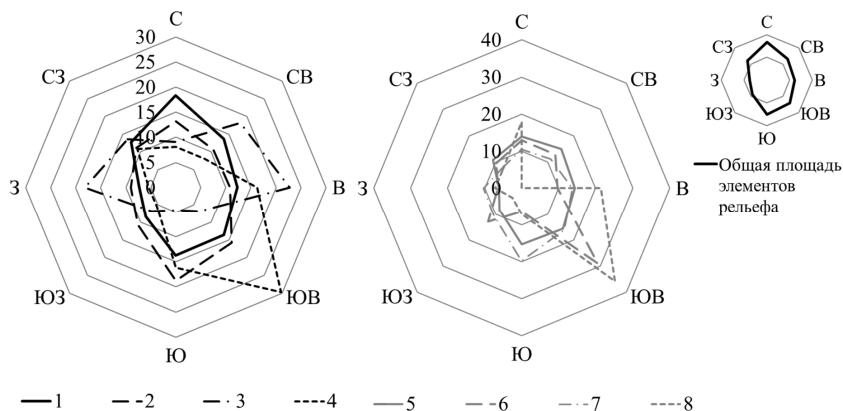


Рис. 2. Распределение площадей насаждений с различными преобладающими древесными видами по элементам рельефа с различной экспозицией склонов в процентах от площади всех насаждений с преобладанием данного древесного вида: 1 – лиственница, 2 – сосна, 3 – кедр, 4 – ель, 5 – береза, 6 – осина, 7 – ерник (березка карликовая), 8 – различные виды ив

Fig. 2. Area distribution of predominant different tree species forests by relief elements with different slope exposures as a percentage of the area of all plantings with a predominance of this tree species: 1 – larch (*Larix sibirica* Ledeb.), 2 – pine (*Pinus sylvestris* L.), 3 – Siberian pine (*Pinus sibirica* Du Tour), 4 – spruce (*Picea obovata* Ledeb.), 5 – birch (*Betula pubescens* Ehrh.), 6 – aspen (*Populus tremula* L.), 7 – yernik (*Betula nana* L.), – willow bushes (*Salix* sp.)

Важной особенностью распространения сосны, занимающей 18,3% покрытых лесной растительностью земель, является ее приуроченность к воздухопроницаемым, хорошо прогреваемым почвенно-грунтовым условиям на песчаниках и алевролитах. В сравнении с элементами рельефа, на которых в древостоях доминирует лиственница, элементы рельефа, обеспечивающие условия для господства в древостоях сосны, имеют близкие значения по абсолютной высоте (361,8±0,91 м) (эти совокупности данных достоверно

не отличаются), однако большие средние значения уклона ( $3,8 \pm 0,07^\circ$ ) с достоверным отличием совокупностей. При сравнении распределения сосняков и всех покрытых лесом земель по элементам рельефа эти совокупности имеют достоверные отличия при распределении по абсолютной высоте и не имеют достоверных отличий при распределении по уклонам. В отличие от лиственницы сосна немного чаще господствует в древостоях на склонах световой экспозиции, занимая около 22% их площади, а на теневых склонах – около 14%. Приуроченность сосны к более крутым освещенным склонам объясняется тем, что на южных склонах сумма активных температур превышает средние показатели зональной нормы [Поликарпов и др., 1986].

Кедровники занимают 0,2% площади покрытых лесной растительностью земель. Кедр достигает господствующего положения в пологе древостоя на наиболее возвышенных элементах рельефа ( $407,9 \pm 7,11$  м н.у.м.). Вместе с тем ряд данных распределения кедровников по элементам рельефа с различной абсолютной высотой достоверно отличается от рядов аналогичного распределения всех покрытых лесной растительностью земель в целом и каждого вида по отдельности, кроме осины и ели. Напротив, ряд данных распределения кедровников по элементам рельефа с различными уклонами не имеет достоверных отличий от ряда аналогичного распределения всех покрытых лесной растительностью земель, но при этом кедровники произрастают на элементах рельефа, имеющих уклон не более  $15^\circ$  ( $3,8 \pm 0,53^\circ$ ). Соответственно, кедровники формируются на элементах рельефа с наиболее часто встречающимися на территории значениями крутизны склонов. Экспозиция элементов рельефа, на которых произрастают кедровники, в основном, восточная, северо-восточная, северо-западная и западная (73% площади кедровников). Лучшего развития кедр достигает на хорошо дренированных, умеренно влажных почвах.

Ель господствует на 0,1% площади покрытых лесной растительностью земель, занимая припойменные и пониженные участки рельефа с абсолютной высотой  $299,8 \pm 8,42$  м и уклоном не более  $13^\circ$  ( $2,6 \pm 0,48^\circ$ ). При этом ряды распределения ельников по элементам рельефа с различной абсолютной высотой достоверно отличаются от аналогичного распределения всех покрытых лесом земель, лиственничников, сосняков и березняков, а при распределении по уклонам – только от распределения березняков. Вопреки сложившемуся представлению, что в суровых резко континентальных районах ель лучше растет на теневых склонах, где за счет более поздней вегетации она избегает влияния весенних заморозков [Поликарпов и др., 1986], на изучаемой территории ельники в большей степени приурочены к склонам

юго-восточной, реже южной и восточной экспозиции. Можно предположить, что более широкому распространению ельников препятствует активность пирогенного фактора.

Береза доминирует на 9,6% площади покрытых лесной растительностью земель. Господство в древостоях березы обеспечивается на схожих с лиственницей элементах рельефа с близкой к средней абсолютной высоте ( $383,2 \pm 1,25$  м), с различной крутизной (от  $0^\circ$  до  $34^\circ$ , в среднем  $-02,9 \pm 0,08^\circ$ ), и ряды данных распределения березняков по элементам рельефа с различной абсолютной высотой и уклонами не имеют статистически значимых отличий от аналогичных рядов распределения всех покрытых лесной растительностью земель. Березняки произрастают на элементах рельефа с различными экспозициями (около 10% от площади как световых, так и теневых склонов). В связи с тем, что береза устойчива к низким температурам и хорошо адаптируется к любым почвенным условиям, она хорошо представлена на большинстве элементов рельефа аналогично лиственнице.

Более требовательная к теплу, влаге и плодородию почв осина господствует в древостоях всего на 0,2% площади покрытых лесной растительностью земель, занимая участки с наилучшим почвенным плодородием и хорошим прогреванием. Распределение осинников по элементам рельефа с различными абсолютными высотами имеет большие средние значения, чем все остальные виды, кроме кедра ( $397,2 \pm 6,94$  м н.у.м.), при этом достоверно отличается только от аналогичных распределений сосняков и ерников. Ряд распределения осинников по элементам рельефа с различными уклонами (от 0 до  $16^\circ$ , в среднем  $4,5 \pm 0,67^\circ$ ) имеет статистически значимые отличия при сравнении с аналогичным рядом распределения всех покрытых лесной растительностью земель вместе и отдельно лиственничников, березняков и ерников. Площадь осинников немного больше на элементах рельефа со световой экспозицией (0,24% площади световых склонов и 0,16% площади теневых склонов).

Ерники (заросли кустарников с доминированием березки карликовой) занимают 4,4% площади покрытых лесной растительностью земель, развиваясь на холодных плохо дренированных почвах, на участках многолетней почвенной мерзлоты. Распределение таких участков по высоте над уровнем моря имеет малые средние значения ( $347,2 \pm 5,37$  м н.у.м.), при этом достоверно отличается от аналогичных распределений всех покрытых лесной растительностью земель вместе и отдельно каждого вида. Также ерники занимают более выположенные элементы рельефа (в среднем  $2,2 \pm 0,45^\circ$ ). Распределение зарослей березки карликовой по элементам рельефа с различными уклонами достоверно отличается от аналогичных распределений

всех покрытых лесной растительностью земель вместе и отдельно лиственничников, сосняков и осинников. Ерники занимают немного большую площадь на элементах рельефа со световой экспозицией (4,6% площади световых склонов и 3,0% – теневых).

Кустарниковые заросли, сформированные различными видами ив, произрастают на 0,1% площади покрытых лесной растительностью земель, в основном на проточно-увлажненных участках пойм водотоков с самыми низкими средними значениями абсолютной высоты ( $268,8 \pm 1,34$  м), уклоном не более  $9^\circ$  (в среднем  $2,0 \pm 0,12^\circ$ ). Распределение ивняков по элементам рельефа с различными абсолютными высотами достоверно отличается от аналогичных распределений всех покрытых лесной растительностью земель вместе и отдельно лиственничников, сосняков, кедровников, березняков и ерников. Распределение зарослей ив по элементам рельефа с различными уклонами достоверно отличается от аналогичных распределений всех покрытых лесной растительностью земель вместе и отдельно лиственничников, сосняков и березняков. Ивняки приурочены к элементам рельефа, в основном, северной, восточной и юго-восточной экспозиции, что соответствует основному направлению речных долин.

Попарное сравнение рядов распределения насаждений с доминированием различных видов показало, что наибольшее количество отличающихся эмпирических рядов при заданном уровне значимости  $\alpha = 0,05$  выявлено при анализе распределения насаждений по элементам рельефа с различной абсолютной высотой. С учетом незначительного превышения рельефа (345 м) отличия распределений насаждений по отметкам абсолютной высоты свидетельствуют в большей степени не о климатических различиях слагающихся высотных комплексов растительности, а о влиянии геоморфологического строения, тепло- и влагообеспеченности условий местопроизрастания. Элементы рельефа с большими отметками высот, как правило, отличаются более грубым механическим составом почвогрунтов, лучшими прогреваемостью, влаго- и воздухопроницаемостью почв. Напротив, пониженные элементы рельефа в условиях летнего дефицита атмосферного увлажнения лучше обеспечены влагой за счет медленного оттаивания в теплый сезон многолетней мерзлоты [Абаимов, 2003]. Это, по-видимому, и является наиболее значимым фактором в распределении по рельефу в среднетаежных ландшафтах сосняков, кедровников, ельников, ерников и ивняков.

Крутизна склонов имеет решающее значение для динамики поверхностного и внутрипочвенного стока. Только уклон местности повлиял на различия распределения лиственничников с сосняками и березняков с осинниками.

Одновременно высотные отметки и уклон элементов рельефа определили отличия рядов распределения ерников и ивняков с лиственничниками, сосняками, березняками и между собой.

*Обсуждение.* В целом наиболее широкое распространение без строгой приуроченности к отдельным элементам рельефа имеют насаждения с преобладанием в древостоях лиственницы и березы, наиболее приспособленных к условиям резко континентального климата и контрастного почвенного увлажнения [Поликарпов и др., 1986] и выступающих доминантами малонарушенных сообществ среднетаежных лесов юга Эвенкии. Строгой приуроченностью к отдельным элементам рельефа отличаются насаждения с преобладанием сосны, кедра и осины, более требовательных к условиям прогревания и увлажнения почв [Поликарпов и др., 1986]. Формирование ельников и зарослей кустарников с доминированием различных видов ив приурочено, прежде всего, к припойменным участкам. Для ели это объясняется меньшим ее повреждением возвратными весенними заморозками в условиях закрытых элементов рельефа и меньшим воздействием пирогенного фактора. Виды ив, устойчивые к периодическому почвенному переувлажнению, занимают участки пойм, ежегодно затапливаемых в период весеннего половодья. Ерники (заросли березки карликовой) приурочены к островной многолетней почвенной мерзлоте, что наблюдается и в горах юга Сибири, где ерники занимают наиболее холодные элементы рельефа на открытых выпуклых участках или в понижениях, где наблюдается зимняя инверсия температур [Коновалова и др., 2016].

*Заключение.* Впервые выявлены орографические факторы, детерминирующие пространственную структуру среднетаежных лесов. Статистически оценено распределение насаждений с доминированием различных древесных видов в рельефе. Сосняки, кедровники, осинники, ельники, ерники и ивняки имеют довольно четкую орографическую приуроченность, определенную условиями прогревания и увлажнения почв. Лиственничники и березняки, напротив, в условиях относительно выровненного рельефа среднетаежных ландшафтов юга Эвенкии проявляют эвритопность к условиям местопроизрастаний с разным положением в рельефе и морфометрическими характеристиками. Полученные результаты могут быть использованы в дальнейших геоботанических, ландшафтных и лесоводственных исследованиях, картировании и долговременном мониторинге лесов юга Эвенкии на ландшафтной основе.

*Вклад авторов.* Все авторы в равной доле участвовали в написании статьи.

*Сведения о финансировании исследования.* Работа была выполнена при поддержке проекта «Биоразнообразие лесов Сибири: эколого-динамический, генетико-селекционный, физико-химический и ресурсно-технологический аспекты» FWES2024-0028.

*Конфликт интересов.* Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### Библиографический список

Абаимов А.П. Лесоведение и лесоводство. Красноярск: Красноярский государственный университет, 2003. 197 с.

Алексеев А.С., Никифоров А.А. Влияние рельефа на структуру и продуктивность лесных ландшафтов с применением 3D-моделирования на примере Лисинского учебно-опытного лесхоза // Лесоведение. 2014. №5. С. 42–53.

Беляева Н.Г., Сандлерский Р.Б., Черенькова Т.В. Ландшафтообразующая роль рельефа в формировании состава лесов юго-западной части Московской области // Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле. 2020. Т. 65, №2. С. 362-376. DOI: 10.21638/spbu07.2020.208.

Гайдышев И.П. Моделирование стохастических и детерминированных систем: руководство пользователя программы AtteStat. Курган, 2015. 484 с.

Ермаков Н.Б., Полякова М.А., Попов Д.Ю., Голомовзин В.В. Моделирование пространственной организации растительности горных территорий на основе данных дистанционного зондирования и цифровой модели рельефа // Вычислительные технологии. 2007. Т. 12, №S2. С. 42-59.

Исаченко А.Г. Ландшафты СССР. Л.: Изд-во ЛГУ, 1985. 320 с.

Киреев Д.М. Ландшафтный метод изучения лесов по аэроснимкам // Ландшафтный сборник. М., 1973. С. 256–271.

Кобзарь А.И. Прикладная математическая статистика: для инженеров и науч. работников. М: Физматлит, 2006. 813 с.

Коновалова М.Е., Назимова Д.И., Корец М.А., Андреев Д.Ю. Особенности орографической приуроченности лесной растительности в среднегорных ландшафтах Саяно-Шушенского заповедника // Экосистемы центральной Азии: исследование, сохранение, рациональное использование: мат. XIII Убсунурского межд. симпозиума. Кызыл, 2016. С. 195–198.

Коновалова М.Е., Корец М.А., Андреев Д.Ю., Коновалова А.Е., Кардапольцев А.О., Мейдус А.В., Кривобоков Л.В., Мухортова Л.В. Устройство лесов ООПТ на ландшафтной основе // Труды Мордовского государственного природного заповедника им. П.Г. Смидовича. 2021. №28. С. 102-109.

Кривобоков Л.В., Мухортова Л.В. Типологическое разнообразие и эколого-географическая характеристика лесного покрова Южной Эвенкии // Изучение водных и наземных экосистем: история и современность: тез. докл. межд. науч. конф., посвящ. 150-летию Севастопольской биологической станции – Института

биологии южных морей имени А. О. Ковалевского и 45-летию НИС «Профессор Водяницкий». Севастополь, 2021. С. 124-125.

Поликарпов Н.П., Чебакова Н.М., Назимова Д.И. Климат и горные леса Южной Сибири. Новосибирск: Наука, 1986. 226 с.

Сысуюев В.В., Шарый П.А. Выделение типов условий местопроизрастания для лесоустройства по участковому методу // Лесоведение. 2000. №5. С. 10–19.

Фомин В.В., Залесов С.В. Географо-генетический подход к оценке и прогнозированию лесных ресурсов с использованием ГИС-технологий // Аграрный вестник Урала. 2013. №12 (118). С. 18–24.

Хан Д.Д., Шапиро С.С. Статистические модели в инженерных задачах. М: Мир, 1969. 395 с.

Amici V., Rocchini D., Filibeck G., Bacaro G., Santi E., Geri F., Landi S., Scoppola A., Chiarucci A. Landscape structure effects on forest plant diversity at local scale: exploring the role of spatial extent // Ecol. Complex. 2015. Vol. 21. P. 44-52. DOI: 10.1016/j.ecocom.2014.12.004.

Athamanakath J., Joy S., Varghese A., Padmakumar B., Kannankai M.P., Paul J., Paulose S.V. Role of elevational gradients and climate variables in tree diversity, composition, and regeneration in Chinnar Wildlife Sanctuary of the Western Ghats, India // Discover Forests. 2025. Vol. 1. Art. no. 52. DOI: 10.1007/s44415-025-00056-7.

Guo Y., Wang B., Mallik A.U., Huang F., Xiang W., Ding T., Wen S., Lu S., Li D., He Y., Li X. Topographic species–habitat associations of tree species in a heterogeneous tropical karst seasonal rain forest // China J. Plant. Ecol. 2017. Vol. 10, iss. 3. P. 450–460. DOI: 10.1093/jpe/rtw057.

Shapiro S.S., Wilk M.B. An analysis of variance test for normality (complete samples) // Biometrika. 1965. Vol. 52, №3/4. P. 591–611. DOI: 10.1093/biomet/52.3-4.591.

Shapiro S.S., Wilk M.B., Chen H.J. A comparative study of various tests for normality // Journal of the American Statistical Association. 1968. Vol. 63, №324. P. 1343–1372. DOI: 10.1080/01621459.1968.10480932.

Slezák M., Hrivnák R. How do environmental variables shape plant species diversity and composition in beech forests of Central Slovakia? // Biologia. 2019. Vol. 74, №10. P. 1295-1301. DOI: 10.2478/s11756-019-00316-w.

Tinya F., Kovács B., Bidló A., Dima B., Király I., Kutszegi G., Lakatos F., Mag Z., Márialigeti S., Nascimbene J., Samu F. Environmental drivers of forest biodiversity in temperate mixed forests – A multi-taxon approach // Sci. Total Env. 2021. Vol. 795. Art. no. 148720. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.148720.

## References

Abaimov A.P. Forestry and forestry. Krasnoyarsk: Krasnoyarsk State University, 2003. 197 p. (In Russ.)

Alekseev A.S., Nikiforov A.A. The influence of relief on the structure and productivity of forest landscapes using 3D modeling on the example of the Lisinsky experimental forestry. *Forestry science*, 2014, no. 5, pp. 42-53. (In Russ.)

*Amici V., Rocchini D., Filibeck G., Bacaro G., Santi E., Geri F., Landi S., Scoppola A., Chiarucci A.* Landscape structure effects on forest plant diversity at local scale: exploring the role of spatial extent. *Ecol. Complex*, 2015, vol. 21, pp. 44-52. DOI: 10.1016/j.ecocom.2014.12.004.

*Athamanakath J., Joy S., Varghese A., Padmakumar B., Kannankai M.P., Paul J., Paulose S.V.* Role of elevational gradients and climate variables in tree diversity, composition, and regeneration in Chinnar Wildlife Sanctuary of the Western Ghats, India. *Discover Forests*, 2025, vol. 1, art. no. 52. DOI: 10.1007/s44415-025-00056-7.

*Belyaeva N.G., Sandlersky R.B., Chernenkova T.V.* The landscape-forming role of relief in the formation of the composition of forests in the southwestern part of the Moscow region. *Bulletin of St. Petersburg University. Earth Sciences*, 2020, vol. 65, no. 2, pp. 362-376. DOI: 10.21638/spbu07.2020.208. (In Russ.)

*Ermakov N.B., Polyakova M.A., Popov D.Yu., Golomolzin V.V.* Modeling the spatial organization of vegetation in mountainous areas based on remote sensing data and a digital relief model. *Computational Technologies*, 2007, vol. 12, no. S2, pp. 42-59. (In Russ.)

*Fomin V.V., Zalesov S.V.* A geographical and genetic approach to the assessment and forecasting of forest resources using GIS technologies. *Agrarian Bulletin of the Urals*, 2013, no. 12 (118), pp. 18-24. (In Russ.)

*Gaidyshev I.P.* Modeling stochastic and deterministic systems: AtteStat User's Guide. Kurgan, 2015. 484 p. (In Russ.)

*Guo Y., Wang B., Mallik A.U., Huang F., Xiang W., Ding T., Wen S., Lu S., Li D., He Y., Li X.* Topographic species-habitat associations of tree species in a heterogeneous tropical karst seasonal rain forest. *China J. Plant. Ecol.*, 2017, vol. 10, iss. 3, pp. 450-460. DOI: 10.1093/jpe/rtw057.

*Isachenko A.G.* Landscapes of the USSR. Leningrad: LSU Publ., 1985. 320 p. (In Russ.)

*Khan D.D., Shapiro S.S.* Statistical models in engineering problems. Moscow: Mir, 1969. 395 p. (In Russ.)

*Kireev D.M.* Landscape method of studying forests from aerial photographs. *Landscape collection*. Moscow, 1973, pp. 256-271. (In Russ.)

*Kobzar A.I.* Applied mathematical statistics: for engineers and sci. employees. Moscow: Fizmatlit, 2006. 813 p. (In Russ.)

*Konovalova M.E., Nazimova D.I., Korets M.A., Andreev D.Yu.* Orographic factors of forestvegetation distribution in the middle mountain landscapes of Sayano-Shushenskiy reserve. *Ecosystems of Central Asia: research, conservation, rational use: proc. of the XIII Ubsunur int. Symposium*. Kyzyl, 2016, pp. 195-198. (In Russ.)

*Konovalova M.E., Korets M.A., Andreev D.Yu., Konovalova A.E., Kardapoltsev A.O., Meidus A.V., Krivobokov L.V., Mukhortova L.V.* State forest inventory work using landscape metrics in protected areas. *Proceedings of the Mordovian State Nature Reserve named after P.G. Smidovich*, 2021, no. 28, pp. 102-109. (In Russ.)

Krivobokov L.V., Mukhortova L.V. Typological diversity and ecological and geographical characteristics of the forest cover of Southern Evenkia. *The study of aquatic and terrestrial ecosystems: history and modernity*: abstr. of the int. sci. conf. dedic. to the 150th anniversary of the Sevastopol Biological Station – the A.O. Kovalevsky Institute of Biology of the South Seas and the 45th anniversary of the NIS “Professor Vodiansky”. Sevastopol, 2021, pp. 124–125. (In Russ.)

Polikarpov N.P., Chebakova N.M., Nazimova D.I. Climate and mountain forests of Southern Siberia. Novosibirsk: Nauka, 1986. 226 p. (In Russ.)

Shapiro S.S., Wilk M.B. An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*, 1965, vol. 52, no. 3/4, pp. 591–611. DOI: 10.1093/biomet/52.3-4.591.

Shapiro S.S., Wilk M.B., Chen H.J. A comparative study of various tests for normality. *Journal of the American Statistical Association*, 1968, vol. 63, no. 324, pp. 1343–1372. DOI: 10.1080/01621459.1968.10480932.

Slezák M., Hrivnák R. How do environmental variables shape plant species diversity and composition in beech forests of Central Slovakia? *Biologia*, 2019, vol. 74, no. 10, pp. 1295–1301. DOI: 10.2478/s11756-019-00316-w.

Sysuev V.V., Sharyi P.A. Identification of types of habitat conditions for forest management by the site method. *Forestry science*, 2000, no. 5, pp. 10–19. (In Russ.)

Tinya F., Kovács B., Bidló A., Dima B., Király I., Kutszegi G., Lakatos F., Mag Z., Máriaigetű S., Nascimbene J., Samu F. Environmental drivers of forest biodiversity in temperate mixed forests – A multi-taxon approach. *Sci. Total Env.*, 2021, vol. 795, art. no. 148720. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.148720.

Материал поступил в редакцию 12.03.2025

---

**Коновалова А.Е., Андреев Д.Ю., Гостева А.А., Коновалова М.Е.** Орографическая приуроченность основных лесообразующих видов в малонарушенных средне-таежных лесах юга Эвенкии // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2026. Вып. 258. С. 144–159. DOI: 10.21266/2079-4304.2026.258.144-159

Рельеф как наиболее консервативный компонент ландшафта может служить индикатором фитоценотической структуры, продуктивности лесообразующих видов и процессов лесовозобновления. Однако соотношение морфометрических характеристик рельефа и структуры растительного покрова всегда носит зональный характер и должно лежать в основе региональных исследований природных систем. На примере государственного природного заповедника «Тунгусский» с использованием ГИС выполнен анализ структуры лесного покрова малонарушенных среднетаежных территорий. В результате статистической оценки выявлены орографические факторы, способные идентифицировать доминирование древесно-кустарниковых видов. Впервые показана приуроченность насаждений с доминированием различных древесно-кустарниковых видов к элементам рельефа с

различными признаками в малонарушенных среднетаежных лесах. Сосняки, кедровники, осинники, ельники, ерники и ивняки имеют довольно четкую орографическую приуроченность. Доминирование в древостоях более требовательных к условиям прогревания и увлажнения почв сосны, кедра и осины наблюдается на прогреваемых, хорошо дренированных элементах рельефа. Формирование ельников приурочено к припойменным участкам. Виды ив, устойчивые к периодическому почвенному переувлажнению, занимают участки пойм, ежегодно затопливаемых в период весеннего половодья. Ерники (заросли березки карликовой) приурочены к островной многолетней почвенной мерзлоте. Лиственничники и березняки, напротив, в условиях относительно выровненного рельефа среднетаежных ландшафтов юга Эвенкии проявляют эвритопность к условиям местопроизрастаний с разным положением в рельефе и морфометрическими характеристиками. Полученные результаты могут быть использованы в дальнейших геоботанических, ландшафтных и лесоводственных исследованиях, картировании и долговременном мониторинге лесов юга Эвенкии на ландшафтной основе.

Ключевые слова: геоинформационный анализ, высота, крутизна и экспозиция склона, ключевые виды, ландшафтно-экологический подход.

**Konvalova A.E., Andreev D.Yu., Gosteva A.A., Konvalova M.E.** Orographic factors in the location of the main forest-forming species in the native middle taiga forests of South Evenkia. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotekhniceskoj Akademii*, 2026, iss. 258, pp. 144–159 (in Russian with English summary). DOI: 10.21266/2079-4304.2026.258.144-159

The most conservative component of the landscape is relief, which can serve as an indicator of the phytocenotic structure, productivity of forest-forming species and reforestation processes. However, the ratio of relief morphometric characteristics and the vegetation cover structure is always nature of vegetation zone and should underlie regional studies of natural systems. On example of the Tunguska State Nature Reserve, an analysis of the structure of the forest cover of intact middle taiga territories was performed using GIS. Statistical evaluation revealed orographic factors capable of determining the dominance of tree and shrub species. For the first time the association of various dominated tree and shrub species plantings with various features relief elements is shown. in the forests of the native middle taiga. Forests dominated by pine, Siberian pine, aspen, spruce and yernik, as well as willow bushes, have a fairly clear orographic association. The dominance of pine, Siberian pine and aspen stands that are more demanding of warming and moistening conditions of soils is observed in heated, well-drained relief elements. The formation of spruce forests is confined to the floodplain areas. Willow species that are resistant to periodic soil waterlogging occupy areas of floodplains that are annually flooded during the spring floods. Yernik (thickets of *Betula nana*) are confined to the long-term permafrost soil. Larch and birch forests, on the contrary, in the relatively leveled relief of the middle taiga landscapes

of southern Evenkia exhibit eurytopic properties in relation to the conditions of habitats with different positions in the relief and morphometric characteristics. The results obtained can be used in further geobotanical, landscape and forestry research, mapping and long-term monitoring of forests in southern Evenkia on a landscape basis.

**Key words:** geoinformational analysis, altitude, steepness and aspect of slope, key species, landscape approach.

---

**КОНОВАЛОВА Анна Евгеньевна** – старший лаборант лаборатории экоурбанистики Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН – обособленного подразделения ФИЦ КНЦ СО РАН, кандидат биологических наук. SPIN-код: 8566-8911.

660036, Академгородок, д. 50/28, г. Красноярск, Россия. E-mail: annkonovalov@mail.ru

**KONOVALOVA Anna E.** – PhD (Biological), Senior Laboratory Assistant, Eco-Urbanics Laboratory, Sukachev Forest Institute, Siberian Branch of the RAS, a separate division of the Federal Research Center of the Krasnoyarsk Scientific Center, Siberian Branch of the RAS. SPIN-code: 8566-8911.

660036. Akademgorodok 50/28. Krasnoyarsk. Russia. Email: annkonovalov@mail.ru

**АНДРЕЕВ Дмитрий Юрьевич** – главный специалист отдела лесоустройства, лесного планирования и проектирования, участка лесоустройства ФГБУ «Рослесинфорг» «Востсиблеспроект».

660130, ул. Крупской, д. 42, г. Красноярск, Россия. E-mail: Andreev2307@mail.ru

**ANDREEV Dmitry Yu.** – Chief Specialist, Forest Management, Forest Planning and Design Department, Forest Management Section, Federal State Budgetary Institution «Roslesinfor» «Vostsiblesproekt».

660130. Krupskoy str. 42. Krasnoyarsk. Russia. E-mail: Andreev2307@mail.ru

**ГОСТЕВА Анна Александровна** – старший научный сотрудник Федерального исследовательского центра «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», кандидат технических наук, доцент. SPIN-код: 9146-8406. ORCID: 0000-0001-5944-2282. Scopus AuthorID: 57211742801.

660036, ул. Академгородок, д. 50, г. Красноярск, Россия. E-mail: AGosteva@icm.krasn.ru

**GOSTEVA Anna A.** – PhD (Technical), Federal Research Center Krasnoyarsk Science Center, Associate Professor. SPIN-code: 9146-8406. ORCID: 0000-0001-5944-2282. Scopus AuthorID: 57211742801.

660036. Akademgorodok str. 50. Krasnoyarsk. Russia. E-mail: AGosteva@sfukras.ru

**КОНОВАЛОВА Мария Евгеньевна** – старший научный сотрудник лаборатории фитоценологии и лесного ресурсосведения Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН – обособленного подразделения ФИЦ КНЦ СО РАН, кандидат биологических наук. SPIN-код: 9594-3945. ORCID: 0000-0001-8883-0540. WoS Research ID: AAN-2637-2021. Scopus AuthorID: 35092553000.

660036, Академгородок, д. 50/28, г. Красноярск, Россия. E-mail: markonovalova@mail.ru

**KONVALOVA Maria E.** – PhD (Biological), Senior Researcher, Laboratory of Phytocenology and Forest Resource Studies, Sukachev Institute of Forest, Siberian Branch of the RAS – a separate division of the Federal Research Center of the Krasnoyarsk Scientific Center, Siberian Branch of the RAS. SPIN-code: 9594-3945. ORCID: 0000-0001-8883-0540. WoS Research ID: AAN-2637-2021. Scopus AuthorID: 35092553000.

660036. Akademgorodok 50/28. Krasnoyarsk. Russia. E-mail: markonovalova@mail.ru