

ЭКОЛОГИЯ

Научная статья

УДК 582.475:581.54(571.62)

СВЯЗЬ NDVI СОСНОВЫХ ЛЕСОВ С ТЕМПЕРАТУРОЙ И ОСАДКАМИ В НИЖНЕМ ПРИАМУРЬЕ

П.С. Ван^{1,2}, Л.С. Шарая³

¹Объединенная дирекция государственных природных заповедников
и национальных парков Хабаровского края «Заповедное Приамурье»,
ул. Серышева 60, г. Хабаровск, 680000;

²Институт комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН,
ул. Шолом-Алейхема 4, г. Биробиджан, 679016,
e-mail: vanpolina8710@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7588-7003>;

³ВНИИ агрохимии им. Д.Н. Прянишникова, ул. Прянишникова, 31А, г. Москва, 127434,
e-mail: l_sharaya@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3073-8148>

Исследуются линейные связи между вегетационным индексом NDVI сосновых лесов, климатическими характеристиками и географическими направлениями в Нижнем Приамурье. Выявлено, что NDVI сосновых лесов отрицательно связан с суммами осадков холодного периода ($rs=-0,49$), положительно – со среднегодовой температурой ($rs=0,43$) и температурой теплого периода ($rs=0,52$). В направлении на юго-запад и на юг NDVI сосняков возрастает ($rs=0,51$), что совпадает со снижением количества осадков в холодный период. В направлении на север NDVI снижается ($rs=-0,44$) при общем тренде климатического похолодания.

Ключевые слова: NDVI, сосновые леса, температура, осадки, Нижнее Приамурье.

Образец цитирования: Ван П.С., Шарая Л.С. Связь NDVI сосновых лесов с температурой и осадками в Нижнем Приамурье // Региональные проблемы. 2025. Т. 28, № 2. С. 128–132. DOI: 10.31433/2618-9593-2025-28-2-128-132.

В последние десятилетия наблюдается общемировая тенденция изменения климата [3]. Леса, приспособившись к новым климатическим условиям, постепенно меняют свои границы [7]. В связи с этим важно выявить количественные связи между различными типами леса и климатическими факторами. Это в свою очередь позволит спрогнозировать их реакцию на изменение условий окружающей среды. Сосновые леса в Нижнем Приамурье находятся на границе своего ареала, и предполагается, что они наиболее чувствительны к изменениям климатических характеристик. Цель настоящей работы – выявить связи между показателями вегетационного индекса NDVI сосновых лесов, температурой воздуха и количеством осадков в Нижнем Приамурье.

Нижнеамурская область является составной частью Амурско-Приморской физико-географической страны. Она ограничена с севера Охотским морем, с юга – руслом реки Амур, с востока – Сахалинским заливом и Амурским лиманом, с запада – Буреинским нагорьем [5]. В исследуемую территорию включен небольшой участок северного Сихотэ-Алиня, так как здесь находятся водосборные склоны реки Амур, где также формируется климат Нижнего Приамурья. Последний представляет собой северный вариант муссонного климата [5], на формирование которого сильное влияние оказывает холодное Охотское море. Рельеф территории низко- и среднегорно-долинный с межгорными депрессиями. Лесная растительность покрывает 50% территории. Лиственный лес

наиболее распространены в Нижнем Приамурье. Вторыми по занимаемой площади являются елово-пихтовые леса. В регионе под лесными сообществами развиваются почвы буроземного типа.

Сосновые леса, сложенные сосной обыкновенной (*Pinus silvestris* L.), в Нижнем Приамурье встречаются редко и в небольшом количестве, занимая менее 0,5% лесопокрытой площади региона. Здесь они приближаются к восточной границе своего распространения, которая, по мнению

Б.П. Колесникова [4], проходит по водораздельной линии хребтов Малого Хингана – Буреинский – Джугджурский. Основной ареал сосновых лесов в регионе сосредоточен в его юго-западной части, где они занимают небольшие высоты (100–150 м) и отличаются высокими показателями NDVI (рис. 1), отражающими их продуктивность [1].

С помощью спутниковой системы Terra-MODIS и с использованием технологий, разработанных в Институте космических исследований

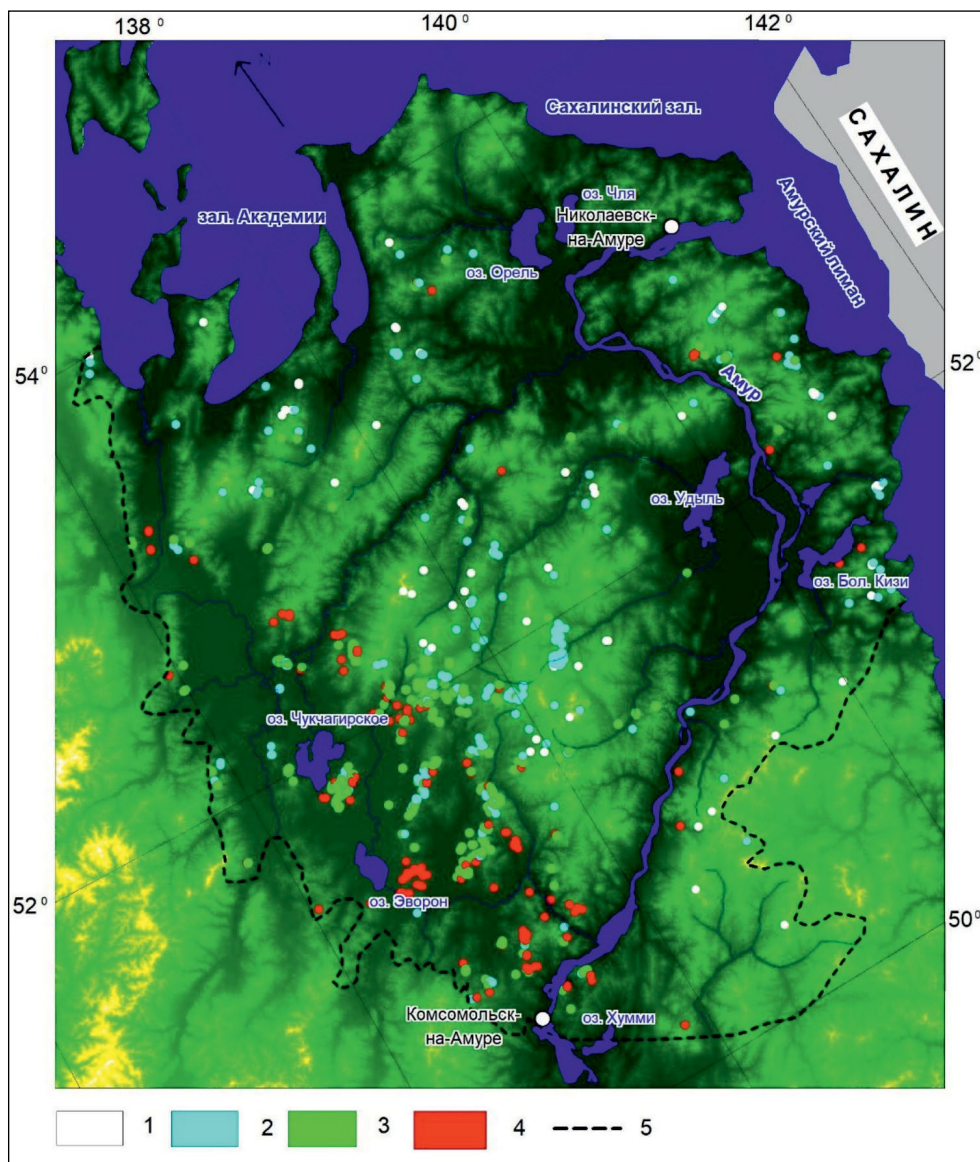


Рис. 1. Карта NDVI сосновых лесов Нижнего Приамурья. Масштаб 1: 3 000 000. Значения NDVI: 1 – 0,54–0,704, 2 – 0,704–0,759, 3 – 0,759–0,8, 4 – 0,8–0,874; 5 – граница Нижнего Приамурья

Fig. 1. NDVI map of pine forests at the Lower Amur River region. Scale 1: 3,000,000. NDVI values: 1 – 0.54–0.704, 2 – 0.704–0.759, 3 – 0.759–0.8, 4 – 0.8–0.874; 5 – The Lower Amur River region border

РАН (ИКИ РАН), из цифровой карты-матрицы растительного покрова России [6] получены данные о местопроизрастании сосновых лесов на территории Нижнего Приамурья. Рассматриваются лесные сообщества, в пологе которых не менее 80% площади крон занимает сосна обыкновенная. Цифровые точечные данные по NDVI для сосновых лесов сформированы из данных спутникового прибора SPOT-Vegetation, обработанных в ИКИ РАН и представленных в виде матрицы значений NDVI. С помощью базы данных о климате WorldClim [9] и цифровой модели рельефа SRTM [8] в Аналитической программе Гис-Эко [10] рассчитаны матрицы среднегодовых климатических показателей: температура воздуха и сумма осадков за год, в холодный и теплый периоды года (холодный период длится с октября по апрель, теплый – с мая по сентябрь). В этой же программе произведен расчет линейных связей между показателями NDVI сосновых лесов, климатическими характеристиками и географическими направлениями.

На первом этапе проведен поиск связей между климатическими характеристиками Нижнего Приамурья и показателями NDVI сосновых лесов. В результате выяснили, что годовые значения температуры и суммы осадков имеют значимые связи с NDVI. Так, при потеплении ($rs=0,38$) и увеличении аридности ($rs=-0,43$) NDVI сосновых лесов возрастает (рис. 2а). Кроме того, определили, что значения NDVI связаны отрицательно с суммой осадков холодного периода ($rs=-0,49$) – чем боль-

ше осадков, тем ниже NDVI, и положительно с температурой теплого периода ($rs=0,52$) – чем выше температура, тем больше NDVI. При этом наиболее сильные связи с осадками выявлены в ноябре и декабре ($rs=-0,52$ и $-0,5$ соответственно), а с температурой – с апреля по июль ($rs\approx 0,52$).

На втором этапе рассматривали, как NDVI сосновых лесов связан с географическими направлениями на исследуемой территории. В итоге определили, что больше всего продуктивность сосновых лесов снижается в направлениях на северо-восток ($rs=-0,51$) и на север ($rs=-0,44$) (рис. 2б). Соответственно в направлениях на юго-запад и на юг NDVI лесов возрастает. Для направления на восток характерно слабое снижение показателей NDVI ($rs=-0,24$), на юго-восток – незначительный рост ($rs=0,14$).

Увеличение значений NDVI сосновых лесов при движении с северо-востока региона на юго-запад совпадает с аридным трендом в холодный период и трендом потепления в теплый период года ($rs=-0,66$ и $0,37$ соответственно); с севера на юг – со слабым трендом потепления ($rs=0,31$) [2].

Таким образом, юго-западная часть Нижнего Приамурья, где сосредоточен основной ареал сосняков региона с высокими показателями NDVI (0,7–0,87) (рис. 1), отвечает наилучшим климатическим условиям для их произрастания. Здесь выпадает наименьшее количество осадков в холодный период, а в теплый период года температура воздуха достигает максимальных значе-

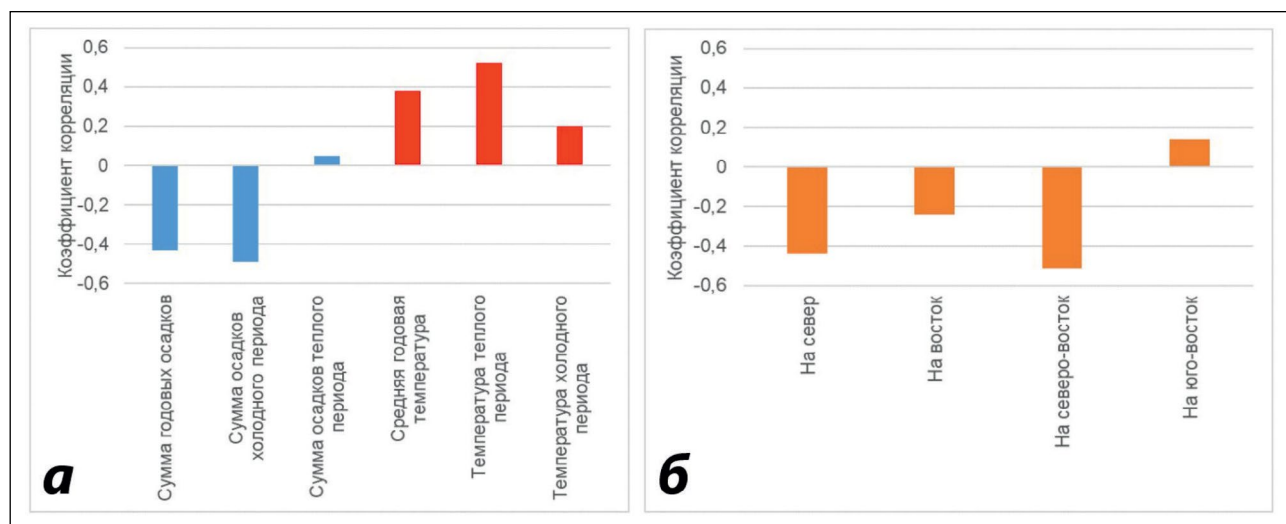


Рис. 2. Связи NDVI сосновых лесов с климатическими показателями (а) и географическими направлениями (б) в Нижнем Приамурье

Fig. 2. Relationships between pine forests NDVI, climate indicators (a) and geographical directions (b) in the Lower Amur region

ний – 140 мм и 14,5 °С при средних показателях для региона 220 мм и 12,4 °С. Кроме того, климат данной части региона отличается континентальностью, за счет чего наиболее приближен к климатическим условиям Сибири, где сосна обыкновенная распространена повсеместно [5]. Годовая амплитуда температур воздуха здесь составляет 46 °С, что на 5 °С больше, чем в среднем для Нижнего Приамурья [1].

Наиболее контрастны для сравнения климатические условия на северо-востоке Нижнего Приамурья, омываемого Охотским морем, где во время действия зимнего муссона количество осадков в холодный период достигает 300 мм, что в 2 раза больше, чем на юго-западе региона. Здесь сосна обыкновенная практически отсутствует.

В результате проведенного исследования выяснили, что NDVI сосновых лесов в Нижнем Приамурье имеет сильную отрицательную связь с суммой осадков холодного периода и положительную с температурой за год и в теплый период. Возрастание количества осадков зимой и снижение температуры воздуха в теплый период года – основные сдерживающие факторы «продвижения» сосняков на северо-восток региона. Среднегодовой тренд похолодания при движении с юга на север также ограничивает распространение сосновых лесов в данном направлении.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Ван П.С., Шарая Л.С. Пространственная дифференциация вегетационного индекса NDVI сосновых лесов в Нижнем Приамурье // Биота и среда природных территорий. 2025. Т. 13, № 1. С. 43–52. DOI: 10.25221/2782-1978_2025_1_3.
2. Ван П.С., Шарая Л.С. Пространственные климатические тренды в Нижнем Приамурье // XVII научное совещание географов Сибири и Дальнего Востока: к 50-летию БАМ и памяти акад. П.Я. Бакланова посвящается. Иркутск: ИГ им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2024. С. 81–83. EDN: OUOAEN.
3. Глобальные изменения природной среды-2001 / гл. ред. Н.Л. Добрецов, В.И. Коваленко. Новосибирск: Гео, 2001. 373 с.
4. Колесников Б.П. Конспект лесных формаций Приморья и Приамурья // Академику В.Н. Сукачеву к 75-летию со дня рождения: сборник работ по геоботанике, лесоведению, палеогеографии и флористике / под ред. В.Б. Сочавы. М.: Изд-во АН СССР, 1956. С. 286–305.
5. Физико-географическое районирование СССР: характеристика региональных единиц / под

ред. Н.А. Гвоздецкого. М.: МГУ, 1968. 575 с.

6. Спутниковое картографирование растительного покрова России / С.А. Барталев, В.А. Егоров, В.О. Жарко и др. М.: Институт космических исследований РАН, 2016. 208 с.
7. Шарый П.А., Шарая Л.С. Изменение NDVI лесных экосистем Северного Кавказа как функция рельефа и климата // Лесоведение. 2014. № 5. С. 83–90.
8. An assessment of the SRTM topographic products. Technical Report JPL D-31639 / E. Rodriguez, C.S. Morris, J.E. Belz et al. Pasadena, California: Jet Propulsion Laboratory, 2005. 143 p.
9. Hijmans R.J., Cameron S.E., Parra J.L., Jones P.G., Jarvis A. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas // Int. J. Climatol. 2005. Vol. 25. P. 1965–1978.
10. Wood J. Overview of software packages used in geomorphometry // Geomorphometry: concepts, software, applications. Developments in Soil Science / eds. T. Hengl, H.I. Reuter. Amsterdam: Elsevier. 2009. Vol. 33. Chapter 10. P. 257–267. DOI: 10.1016/S0166-2481(08)00010-X.

REFERENCES:

1. Van P.S., Sharaya L.S. Spatial distribution of pine forest vegetation index NDVI in the Lower Amur River region. *Biota i sreda prirodnikh territorii*, 2025, vol. 13, no. 1, pp. 43–52. (In Russ.). DOI: 10.25221/2782-1978_2025_1_3.
2. Van P.S., Sharaya L.S. Spatial climatic trends in the Lower Amur region, in *XVII nauchnoe soveshchanie geografov Sibiri i Dal'nego Vostoka: k 50-letiyu BAM i pamyati akad. P.Ya. Baklanova posvyashchaetsya* (XVII scientific meeting of geographers of Siberia and the Far East: dedicated to the 50th anniversary of BAM railway and the memory of academician P. Ya. Baklanov). Irkutsk: V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS, 2024, pp. 81–83. (In Russ.). EDN: OUOAEN.
3. *Global'nye izmeneniya prirodnoi sredy-2001* (Global Changes in the Natural Environment-2001), N.L. Dobretsov, V.I. Kovalenko Eds. Novosibirsk: Geo Publ., 2001. 373 p. (In Russ.).
4. Kolesnikov B.P. Abstract of forest formations of Primorye and Amur Region, in *Akademiku V.N. Sukachevu k 75-letiyu so dnya rozhdeniya: sbornik rabot po geobotanike, lesovedeniyu, paleogeografii i floristike* (Academician V.N. Sukachev on the 75th anniversary of his birth: collection of works on geobotany, forestry, paleogeography and floristry). Sochava V.B. Ed. Moscow: USSR AS, 1956, pp. 286–305. (In Russ.).

5. *Fiziko-geograficheskoe raionirovanie SSSR: kharakteristika regional'nykh edinits* (Physical-geographical zoning of the USSR: characteristics of regional units), N.A. Gvozdetsky Ed. Moscow: Moscow State University, 1968. 575 p. (In Russ.).
6. *Sputnikovoe kartografirovanie rastitel'nogo pokrova Rossii* (Satellite mapping of vegetation cover in Russia), S.A. Bartalev, V.A. Egorov, V.O. Zharko et al. Moscow: Institute of Space Research RAS, 2016. 208 p. (In Russ.).
7. Shary P.A., Sharaya L.S. Change in NDVI of forest ecosystems in Northern Caucasus as a function of topography and climate. *Lesovedenie*, 2014, no. 5, pp. 83–90. (In Russ.).
8. *An assessment of the SRTM topographic products. Technical Report JPL D-31639*, E. Rodriguez, C.S. Morris, J.E. Belz et al. Pasadena, California: Jet Propulsion Laboratory, 2005. 143 p.
9. Hijmans R.J. Cameron S.E., Parra J.L., Jones P.G., Jarvis A. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *Int. J. Climatol.*, 2005, vol. 25, pp. 1965–1978.
10. Wood J. Overview of software packages used in geomorphometry, in *Geomorphometry: concepts, software, applications. Developments in Soil Science*, T. Hengl, H.I. Reuter Eds. Amsterdam: Elsevier, 2009, vol. 33, part 10, pp. 257–267. DOI: 10.1016/S0166-2481(08)00010-X.

RELATIONSHIP OF NDVI PINE FORESTS WITH TEMPERATURE AND PRECIPITATION IN THE LOWER AMUR REGION

P.S. Van, L.S. Sharaya

The authors research linear links between the vegetation index NDVI of pine forests, climate characteristics and geographical directions in the Lower Amur region. The relationship of NDVI with precipitation in the cold period is negative ($rs=-0.49$). The link of NDVI with mean annual and the warm period temperature is positive ($rs=0.43$ and 0.52 respectively). To the southwest and to the south, NDVI of pine forests increases ($rs=0.51$), and precipitation in the cold period decreases. To the north, NDVI decreases ($rs=-0.44$) in conditions of climatic cooling.

Keywords: NDVI, pine forests, temperature, precipitation, Lower Amur region.

Reference: Van P.S., Sharaya L.S. Relationship of ndvi pine forests with temperature and precipitation in the Lower Amur Region. *Regional'nye problemy*, 2025, vol. 28, no. 2, pp. 128–132. (In Russ.). DOI: 10.31433/2618-9593-2025-28-2-128-132.

Поступила в редакцию 08.04.2025

Принята к публикации 17.06.2025