

Оригинальная статья

УДК 911.52+91.001.5+502.4

<https://doi.org/10.35885/1684-7318-2024-1-3-19>

ОРГАНИЗАЦИЯ ЛЕСНЫХ ГЕОСИСТЕМ НИЖНЕГО ПРИАМУРЬЯ НА ПРИМЕРЕ ЗАПОВЕДНИКА «КОМСОМОЛЬСКИЙ»

П. С. Ван

ФГБУ «Заповедное Приамурье»

Россия, 680000, г. Хабаровск, ул. Серышева, д. 60

Институт комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН

Россия, 679016, г. Биробиджан, ул. Шолом-Алейхема, д. 4

Поступила в редакцию 20.02.2023 г., после доработки 04.08.2023 г., принята 12.08.2023 г., опубликована 20.03.2024 г.

Аннотация. Данная работа посвящена структурно-функциональной организации лесных геосистем заповедника «Комсомольский», расположенного на юге Нижнего Приамурья. В статье рассматривается модель ландшафтной организации, построенная с помощью методов теории информации и представляющая собой блок-схему, состоящую из оргграфов, в центре которых находятся ландшафтные признаки. Данная модель является доработанным вариантом ранее опубликованной для исследуемой территории модели. Она построена на основе более обширного полевого материала и с добавлением ранее не используемых ландшафтных признаков. В полученной модели преобладают слабые связи средней густоты, что может говорить об устойчивости формирующихся здесь лесных геосистем. В результате анализа подтверждено, что главными факторами, определяющими структуру лесных геосистем заповедника «Комсомольский», являются высотно-экспозиционная зональность, абсолютная высота, литология коренных пород, а также гидротермический режим почв. Выявлено, что запас древесины напрямую связан с литомассой гумусового почвенного горизонта: он уменьшается с увеличением литомассы. Продукция травостоя сильно зависима от крутизны склона: она снижается при ее возрастании. Отдельные связи выявлены для растительных ярусов. Высота травостоя уменьшается с возрастанием абсолютной высоты и количества литомассы в почве. Флористическое разнообразие травостоя сильно различается по группам ландшафтных фаций и достигает максимума на привершинных участках склонов и у подножия. Высота кустарникового яруса более всего зависит от влажности почв, литологии коренных пород и литомассы: уменьшается с увеличением влажности и возрастает с увеличением количества литомассы. Для всех признаков, характеризующих древесный ярус, связь выявлена только с количеством литомассы в почве, увеличение которого оказывает на него угнетающее влияние.

Ключевые слова: ландшафтная организация, структурно-функциональная организация, лесные геосистемы, Нижнее Приамурье, Комсомольский заповедник, ландшафтные связи

Соблюдение этических норм. В данной работе отсутствуют исследования человека или животных.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

✉ Для корреспонденции. ФГБУ «Заповедное Приамурье».

ORCID и e-mail адрес: Ван Полина Сергеевна: <https://orcid.org/0000-0001-7588-7003>, vanpolina8710@mail.ru.

Для цитирования. Ван П. С. Организация лесных геосистем Нижнего Приамурья на примере заповедника «Комсомольский» // Поволжский экологический журнал. 2024. № 1. С. 3 – 19. <https://doi.org/10.35885/1684-7318-2024-1-3-19>

ВВЕДЕНИЕ

В работах, посвященных исследованию ландшафтов Нижнего Приамурья, основное внимание уделено их описанию и типизации (Никонов, 1975; Климина, 2018), что имеет важное инвентаризационное значение. В то же время закономерности пространственного распределения лесных гео- и экосистем региона остаются недостаточно изученными и исследуются лишь в последние годы (Петренко, 2017; Петренко, Коломыц, 2018; Ван, Юрикова, 2019; Шарая, Ван, 2021; Sharaya, Van, 2022). Между тем именно поиск пространственных закономерностей позволяет вскрыть внутренние механизмы структурно-функциональной организации геосистем, ответить на вопросы: почему, как и, что немаловажно, насколько одни элементы геосистемы связаны с другими?

Заповедник «Комсомольский» расположен в Амурско-Приморской физико-географической стране, Нижнеамурской области и южной приграничной части одноименной с ней провинции (Криволуцкий, 1968). Рельеф заповедника низко- и среднегорно-долинный. В соответствии с ландшафтной картой Хабаровского края (Климина, 2007) на территории заповедника выделяется три вида ландшафта. Большая часть территории лежит в пределах горно-таежных ландшафтов складчато-глыбовых, глыбовых и вулканических гор и нагорий. Ландшафты межгорных и внутригорных равнин зоны хвойно-широколиственных лесов занимают правобережную приустьевую часть Горина. Ландшафты пойм горных и равнинных рек ивово-мелколиственные с заболоченными лугами и низинами занимают остальную часть долины реки Горин и пойму Амура.

Территория находится в субпацифическом долготном секторе, что обуславливает здесь муссонный климат с элементами континентальности. В широтном отношении заповедник находится в пограничном положении и входит в южнотаежную, подтаежную и субнеморальную зоны, включая в себя темнохвойные, хвойно-широколиственные и широколиственные леса (Мартыненко, Бочарников, 2008). Темнохвойные леса представлены горными ельниками, а также елово-пихтовыми зеленомошными; хвойно-широколиственные – кедрово- и елово-пихтово-широколиственными; широколиственные – дубняками и долинными ясеневыми лесами. Горные ельники распространены по влажным тенивым склонам северной, северо-восточной и восточной экспозиций. Елово-пихтовые зеленомошные и елово-широколиственные леса произрастают в долинах небольших горных рек, занимая плоские поверхности террас. Кедрово-широколиственные леса занимают прогретые сухие вершины и склоны гор, а также распадки ключей. Дубняки тяготеют к крутым солнцепечным сухим каменистым склонам. Долинные широколиственные леса из ясеня маньчжурского распространены на небольших площадях в пойме реки Горин и его притоках. Лиственничные леса наиболее распространены в заповеднике и «пластичны» в выборе местопроизрастаний, поскольку помимо коренных являются, наряду с березняками и осинниками, еще и вторичными послепо-

жарными вариантами различных типов леса. Редкостойные лиственничные мари занимают бессточные западины и заболоченные долины рек. Под лесными сообществами распространены почвы буроземного типа: в южнотаежных и подтаежных лесах – буроземы грубогумусовые, а в субнеморальных – буроземы.

Заповедник «Комсомольский» расположен на границе бореальных и суббореальных лесов и входит в притихоокеанский зональный географический экотон (Коломыц, 2005). В связи с этим местные эко- и геосистемы должны быть менее устойчивыми и более восприимчивыми к изменениям внешней среды, чем в центральной части региона, что дает благодатную почву для проводимых здесь исследований их ландшафтной организации.

Ранее нами опубликована обобщенная генерализованная модель ландшафтной организации лесных геосистем заповедника «Комсомольский» (Петренко, 2017). Представленная здесь модель – ее доработанный вариант, включающий большее количество признаков, рассчитанных на основе более обширного полевого материала, что позволяет уточнить особенности структурно-функциональной организации лесных геосистем заповедника «Комсомольский».

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В летний период 2011, 2012, 2014 и 2016 гг. на территории заповедника «Комсомольский» проведены ландшафтно-экологические исследования с закладкой и описанием 60 пробных площадей (рис. 1) в местах произрастания лесов в разных типах локальных местоположений – геотопах. На пробных площадях размером 20×20 м описывали почвенный профиль, геоботанические площади, микрорельеф; измеряли температуру и влажность почвы на разных глубинах; собирали данные по фитомассе и запасу древесины. На каждой пробной площади был собран эмпирический материал по 19 признакам (рис. 2). Основная их часть получена по известным методикам сбора полевого материала (Берущавили, Жучкова, 1997; Добровольский, 1982). Некоторые признаки требуют дополнительного пояснения.

Высотно-экспозиционная зональность (дислокационная зональность (Гарцман, 1971)) – геокомпонентный признак, сочетающий абсолютную высоту и соллярную экспозицию склона. *Литология коренных пород* выявлялась по гидрогеологической карте Хабаровского края. *Тип ло-*

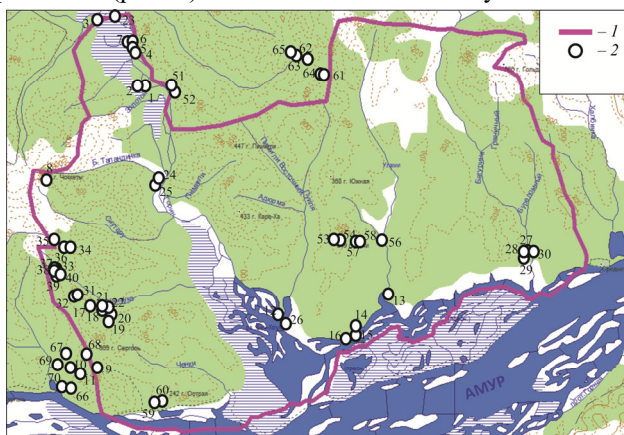


Рис. 1. Карта пробных площадей заповедника «Комсомольский»: 1 – граница заповедника; 2 – пробная площадь

Fig. 1. Map of sample plots in Komsomol'sky Nature Reserve: 1 – reserve boundary; 2 – sample plot

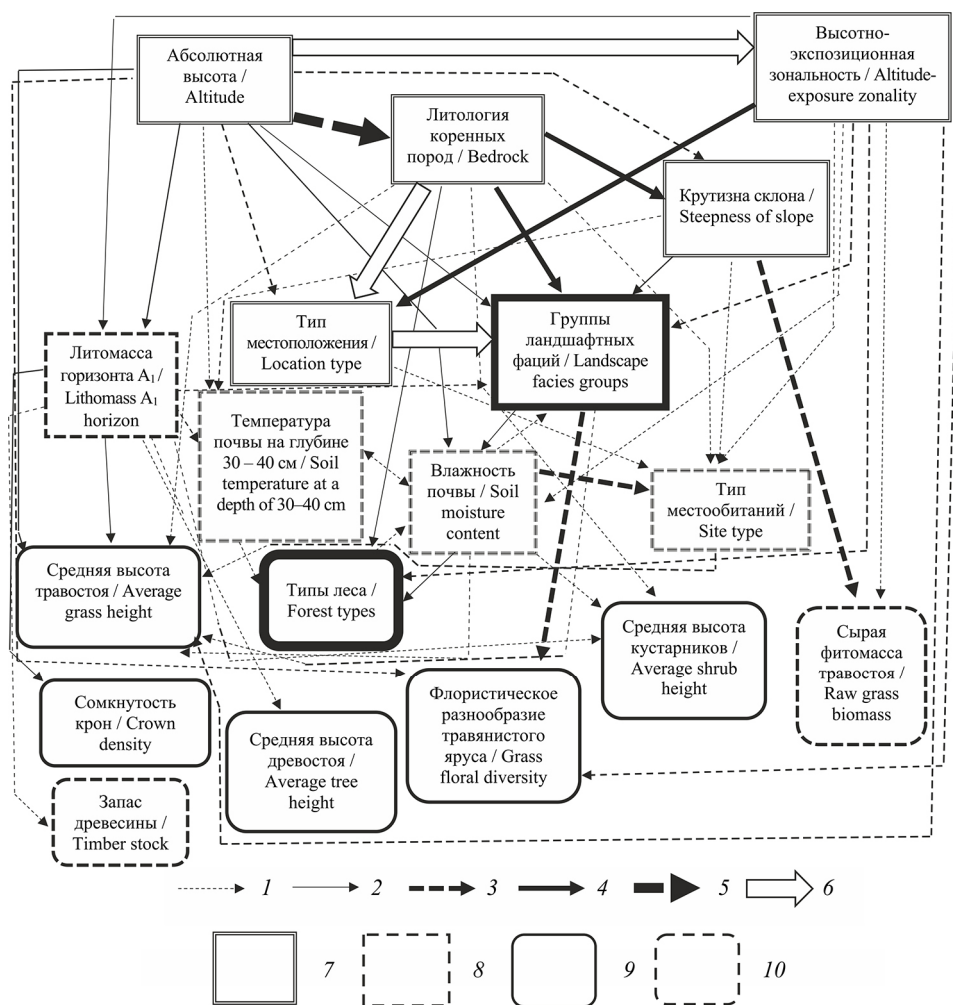


Рис. 2. Общая информационно-статистическая модель структурно-функциональной организации лесных геосистем заповедника «Комсомольский». Нормированные коэффициенты сопряженности $K(A; B)$: 1 – 0.101 – 0.130; 2 – 0.131 – 0.160; 3 – 0.161 – 0.190; 4 – 0.191 – 0.220; 5 – 0.221 – 0.250; 6 – 0.301 – 0.440. Геокомпонентные признаки: 7 – геоморфологические, эдификаторы; 8 – почвенные, ретрансляторы; 9 – структурные фитоценотические, индикаторы; 10 – функциональные фитоценотические, индикаторы. Жирной рамкой выделены комплексные ландшафтные и фитоценотические признаки

Fig. 2. General information-statistical model of the structural-functional organization of the forest geosystems in Komsomol'sky Nature Reserve. Normalized contingency coefficients $K(A; B)$: 1 – 0.101–0.130; 2 – 0.131–0.160; 3 – 0.161–0.190; 4 – 0.191–0.220; 5 – 0.221–0.250; 6 – 0.301–0.440. Landscape features: 7 – geomorphological, edificators; 8 – soil, repeaters; 9 – structural phytocenotic, indicators; 10 – functional phytocenotic, indicators. The bold frame highlights complex landscape and phytocenotic features

кального местоположения определен в соответствии с системой местных локальных сопряжений (Глазовская, 1964). Группы ландшафтных фаций (Сочава, 1962) выделены по сочетанию типов местоположений и солярной экспозиции склонов. Они относятся к геосистемам локального уровня – топогеосистемам. Типы местобитаний даны как сочетание механического состава почв и их влажности по шкале П. С. Погребняка (1968). Типы леса выделены с помощью доминантного (эколого-физиономического) подхода к классификации растительности, при котором растительные сообщества объединяются в группы по доминантам различных ярусов (Александрова, 1969; Работнов, 1978). Запас древесины определялся по общей таблице биологической продуктивности полных насаждений (Швиденко и др., 2008) на основе полевых данных о высоте, возрасте и бонитете лесообразующей породы деревьев. Мету флористического разнообразия травяно-кустарничкового яруса рассчитывали по формуле Шеннона (1963).

Для оценки системной организации лесных топогеосистем применялись методы теории информации, доказавшие свою эффективность в подобных исследованиях (Коломыц, 2005, 2008; Залиханов и др., 2010; Петренко, 2017; Максимова и др., 2019). Качественные признаки ранжировались по баллам. Разбиение количественных признаков проведено так, чтобы полученные градации давали распределение, близкое к нормальному. Использован основной параметр информационно-статистических связей – нормированный коэффициент сопряженности $K(A; B)$ явления A (зависимой переменной) с фактором B (в каждой паре признаков). $K(A; B)$ позволяет определить, что от чего зависит и насколько. Данный коэффициент рассчитывается по формуле:

$$K(A; B) = \frac{2^{T(A, B)} - 1}{2^{H_{\min}} - 1} \times 100\%,$$

где $T(A, B)$ – информационная мера связи между A и B , выраженная в битах; H_{\min} – минимальная неопределенность одного из двух признаков, выраженная в битах (Пузаченко, Скулкин, 1981).

Для уточнения всей системы направлений связей рассчитывались статистические меры связи $K(B / A)$ и $K(A / B)$. При $K(B / A) > K(A / B)$ принималось, что преобладает входное воздействие от B к A , а при $K(B / A) < K(A / B)$ – выходное от A к B ; при $K(B / A) \approx K(A / B)$ считалось, что признаки A и B в равной мере воздействуют друг на друга.

В соответствии с требованиями информационного анализа статистическая выборка, состоящая из менее 100 точек, допускает разбиение каждого признака не более чем на 5 – 7 градаций. Проведенная нами проверка по критерию χ^2 (Митропольский, 1971) показала, что при таком квантовании $K(A; B)$ меньший 0.07 часто оказывается недостоверным, поэтому все связи с коэффициентами ниже указанного порога исключались из анализа. Степень тесноты связей по $K(A; B)$ оценивалась, исходя из положения: значение $K(A; B) = 0.19$ соответствует коэффициенту корреляции 0.7 (Пузаченко, Скулкин, 1981). Для эмпирического материала такая статистическая связь является высокой.

Для оценки распределения явления в границах данного фактора проводился ординационный (градиентный) анализ бинарных отношений признаков (Коломыц,

2008). С этой целью устанавливалась система экологических ниш каждого значения (градации) a_i явления A в пространстве значений b_j фактора B . Экологическая ниша данного явления – это область его распространения в одном из пространств экологического фактора. Частный коэффициент связи рассчитывается по формуле:

$$C(a_i / b_j) = \frac{p(a_i / b_j)}{p(a_i)}.$$

Здесь $p(a_i / b_j)$ – условная вероятность a_i по b_j , а $p(a_i)$ – априорная вероятность данной градации явления A в предположении его полной независимости от фактора B , когда $p(a_i / b_j) = p(a_i)$. Связь считается значимой при $C(a_i / b_j) > 1$. Градации фактора с наибольшими значениями $C(a_i / b_j)$ образуют экологический оптимум (обозначается символом «+»), остальные градации относятся к «размытой» части ниши (символ «*»). В области экологического оптимума система рассматривается как наиболее устойчивая к внешним воздействиям. Кривая, проведенная через экологические доминанты явления, дает общую картину ординации явления по данному фактору. При наличии в векторе-столбце экологической ниши двух отстоящих друг от друга доминантов между ними образуется зона толерантности – неустойчивого равновесия (обозначается заштрихованной областью).

Подготовительную обработку данных проводили в приложении Microsoft Office Excel 2010 (Microsoft Corp.), информационно-статистический анализ выполнен с помощью аналитической программы «Ecolog» («Леспроект», Нижний Новгород).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате получена модель структурно-функциональной организации лесных геосистем заповедника «Комсомольский». Модель представляет собой блок-схему, состоящую из орграфов, в центре которых находятся основные геокомпонентные ландшафтные признаки. Стрелками указано направление связей. Толщина стрелки говорит о силе связей. Элементы модели расположены сверху вниз по мере уменьшения их ландшафтообразующих свойств и возрастания индикационных.

Верхний эшелон модели составляют ландшафтообразующие геолого-геоморфологические признаки (см. рис. 2). Это так называемые эдификаторы системы (Коломыц, 2008; Петренко, 2017) – первичные признаки, определяющие структуру ландшафтов.

Вторую группу связей образуют ретрансляторы, то есть основные передатчики внешних сигналов географической среды во внутрь ландшафтной структуры. Они транслируют полученные от ландшафтообразующих признаков связи далее вниз по системе геокомпонентных признаков.

Третий эшелон связей – индикаторы системы – элементы, являющиеся продуктом ландшафтной организации – растительные сообщества, их структурные характеристики и функциональные элементы системы.

В отличие от построенной ранее модели (Петренко, 2017) в новую добавлены 8 геокомпонентных признаков – литомасса, а также все фитоценоотические признаки, кроме типов леса. Не вошли в новую модель 4 признака: зональные группы леса, выделяемые на основе флористического разнообразия травостоя; и расчет-

ные характеристики, описывающие продукцию и продуктивность леса – общая зеленая масса, продукция зеленой массы и лесного фитоценоза за год. Таким образом, из настоящей модели исключены расчетные функциональные признаки лесных геосистем и оставлены характеристики, измеряемые непосредственно в поле. Из анализа удалены все нелесные пробные площади в количестве 9 и дополнительно описано 5 лесных площадей.

В полученной модели преобладают слабые связи ($K(A; B) = 0.101 - 0.13$) средней густоты. Это может говорить о достаточной независимости и устойчивости формирующихся здесь лесных геосистем к изменениям внешней среды (климатическим, антропогенным и другим). Такая структура может быть следствием нахождения заповедника на границе бореальных и суббореальных лесов, в связи с чем здесь формируются буферные (смешанные) лесные экосистемы с повышенным флористическим и фитоценоотическим разнообразием. Для сравнения, в подобных моделях, построенных для Русской равнины, больше всего сильных связей ($K(A; B) = 0.161 - 0.22$) (Коломыц, 2005, 2008).

Самые сильные связи образуются у ландшафтообразующих признаков между собой ($K(A; B) = 0.19 - 0.44$), что вполне очевидно и не говорит об их большей влиятельной роли. Например, абсолютная высота влияет на высотно-экспозиционную зональность ($K(A; B) = 0.36$), литология коренных пород – на тип местоположения ($K(A; B) = 0.44$). Что касается связей между этими признаками и элементами, находящимися в их прямой зависимости и стоящих ниже по рангу, то по их суммарной силе здесь выделяется высотно-экспозиционная зональность ($K(A; B) = 0.69$). Она влияет как непосредственно на ретрансляторы системы, такие как влажность почвы, группы ландшафтных фаций, тип местообитания, так и напрямую на индикаторы – лесные сообщества, их морфологические особенности и продукцию лесных геосистем. Так, например, на рис. 3, а видно, что на северных и северо-восточных склонах влажность почвы наибольшая, а на южных и юго-западных – наименьшая. Причем с возрастанием высоты в целом идет тенденция к уменьшению влажности.

Другой пример – распределение лесных сообществ в зависимости от градаций высотно-экспозиционной зональности (см. рис. 3, б). Лиственничные мари сосредоточены в нижнем ярусе. Широколиственные леса оптимально развиваются в нижнем ярусе и на юго-западных склонах на высоте 110 – 310 м. Елово-широколиственные леса распространены от нижнего яруса до высоты 310 м по северным и северо-восточным склонам. Для кедрово-широколиственных лесов лучшие места произрастания – юго-западные склоны на малых и средних высотах (от 20 до 310 м). При этом они могут встречаться и в нижнем ярусе, и на северных и северо-восточных склонах средних высот – 110 – 310 м. Лиственничники оптимально развиваются на южных и юго-западных склонах малых высот. Пихтово-еловые леса согласно высотной поясности занимают верхние участки склонов и гребни низко- и среднегорий вне зависимости от экспозиции.

Важная роль высотно-экспозиционной зональности в структуре лесных геосистем заповедника «Комсомольский» отмечена в наших предыдущих исследованиях (Петренко, 2017). Выявлены некоторые уточнения в распределении лесов в срав-

нении с результатами ранее проведенного анализа. Например, широколиственные леса в заповеднике «Комсомольский» достигают экологического оптимума в долинах и на южных и юго-западных склонах со средними высотами (110–310 м), а не в нижних участках (20–110 м) северных и северо-восточных склонов, как отмечалось ранее.

Сама по себе абсолютная высота также сохраняет свое ландшафтообразующее значение на полигоне Комсомольского заповедника, хотя и меньшее чем предыдущий фактор. Она напрямую воздействует на гидротермические условия почвы ($K(A; B) = 0.11$ для температуры и $K(A; B) = 0.14$ для влажности почвы) и количест-

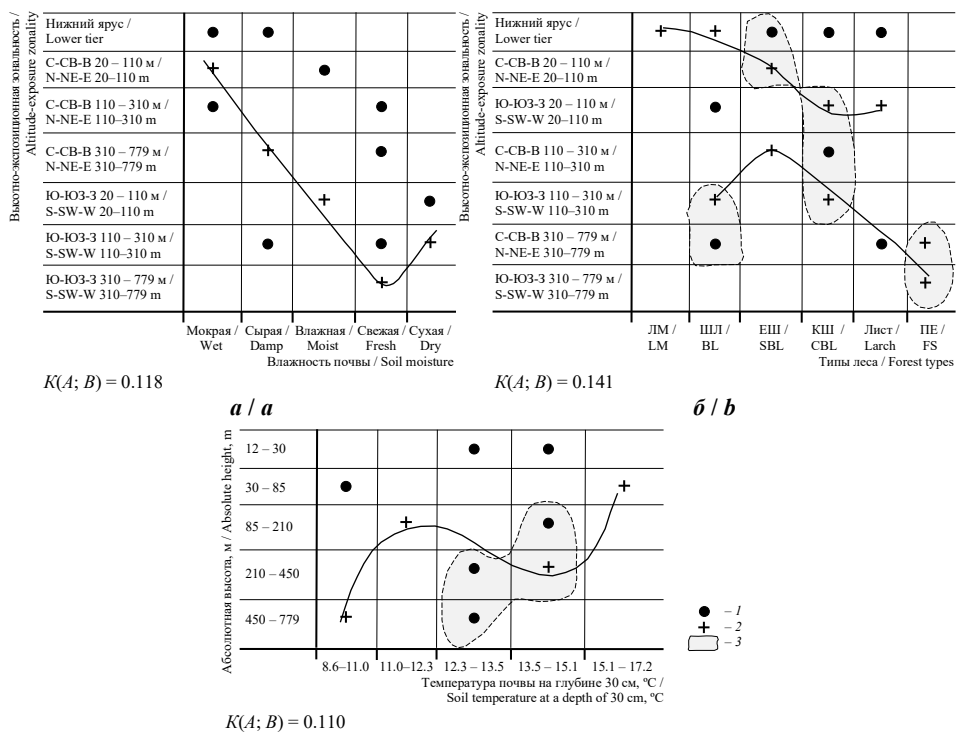


Рис. 3. Распределение влажности почвы (а) и типов леса (б) в пространстве высотно-экспозиционной зональности и сопряжение температуры почвы с абсолютной высотой (в): 1 – пределы распространения явления А в пространстве фактора В, 2 – экологический оптимум явления А, 3 – область распространения явления А в пространстве фактора В; ЛМ – лиственничная марь, ШЛ – широколиственный, ЕШ – елово-широколиственный, КШ – кедрово-широколиственный, Лист – лиственный, ПЕ – пихтово-еловый

Fig. 3. Soil moisture content (a) and forest types (b) distribution in the space of altitudinal-exposure zonality and soil temperature-altitude relationship (c): 1 – A phenomenon limits in the B factor space, 2 – A phenomenon ecological optimum, 3 – A phenomenon area in the B factor space; LM – larch marsh, BL – broad-leaved, SBL – spruce-broad-leaved, CBL – cedar-broad-leaved, List – larch, FS – fir-spruce

во литомассы в гумусовом горизонте почвы ($K(A; B) = 0.14$). Температура почвы имеет наибольшие значения на максимальных высотах и наименьшие – на минимальных, что связано с выходом коренных пород, охлаждающих почву на вершинах и в верхних частях склонов (см. рис. 3, в). Абсолютная высота и соллярная экспозиция склона отмечены в качестве ведущих факторов в распределении растительности другими авторами в горно-таежном лесном поясе Сибири (Ключников и др., 2008; Соколова, 2016; Самдан, 2021) и в горных лесах юга Дальнего Востока (Гарцман, 1971).

Литология коренных пород – еще один важный фактор-эдификатор. Как видно из модели, типы лесных сообществ в большей мере определяются именно ей ($K(A; B) = 0.14$) (рис. 4). Елово-пихтовые леса предпочитают произрастать на гранодиоритах, диоритах и диоритовых порфиритах, кедрово-широколиственные леса – на конгломератах, брекчиях и гравелитах, лиственничники – на песчаниках и глинистых сланцах, широколиственные леса – как на песчаниках и глинистых сланцах, так и на аллювиальных отложениях, а елово-пихтово-широколиственные

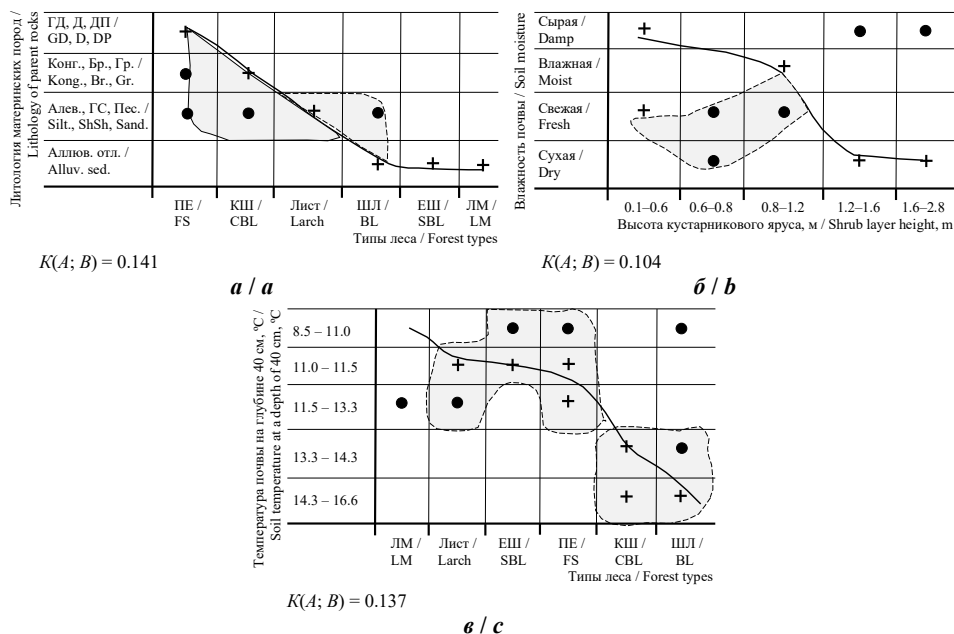


Рис. 4. Распределение типов леса в пространстве литологии коренных пород (а) и температуры почвы (в); сопряженность высоты кустарников с влажностью почвы (б): ГД, Д, ДП – гранодиориты, диориты, диоритовые порфириды; Конг., Бр., Гр. – конгломераты, брекчии, граниты; Алев., ГС, Пес. – алевролиты, глинистые сланцы, песчаники; Аллюв. отл. – аллювиальные отложения. Условные обозначения см. рис. 3

Fig. 4. Forest types distribution in the lithology of parent rocks (a) and soil temperature space (c); shrub height/soil moisture content relationship (b): GD, D, DP – granodiorites, diorites, and diorite porphyrites; Kong., Br., Gr. – conglomerates, breccia, and granites; Silt., ShSh, Sand. – siltstones, shaking shales, and sandstones; Alluv. sed. – alluvial sediments. See Fig. 3 for symbols

леса и лиственничные мари занимают участки исключительно на аллювиальных отложениях (см. рис. 4, а). Примечательно, что на песчаных и глинистых породах могут произрастать практически все типы леса, за исключением переувлажненных последних двух типов леса. Подобные результаты были получены нами ранее (Петренко, 2017). Кроме того, от литологии пород зависит высота кустарникового и травянистого ярусов ($K(A; B) = 0.13$). Соколова Г. Г. (2016) в своей работе также отмечает, что литология оказывает существенное влияние на видовое распределение растений.

Влияние крутизны склона выявлено только на продукцию травостоя, при этом связь между ними достаточно сильная ($K(A; B) = 0.17$). Количество фитомассы резко снижается при возрастании крутизны склона. Так, на пологих склонах с крутизной $0 - 15^\circ$ продукция травостоя может достигать 2000 г/м^2 , на склонах средней крутизны $15 - 30^\circ$ ее значения снижаются до 400 г/м^2 , на крутых склонах $30 - 50^\circ$ – до 200 г/м^2 и, наконец, на очень крутых склонах $50 - 60^\circ$ – до 90 г/м^2 .

Тип местоположения, относящийся к ведущим ландшафтообразующим признакам (Глазовская, 1964), не оказывает существенного влияния на ландшафтную организацию геосистем. Однако в условиях «дряхлого» денудационно-аккумулятивного рельефа Русской равнины (Коломыц, 2008) этот признак показал себя мощным эдификатором, определяющим влажность почвы и типы леса.

Наиболее сильный ретранслятор модели – количество литомассы в почвенном горизонте A_1 или каменистость гумусового горизонта почвы. Общая сила исходящей связи составляет $K(A; B) = 0.896$. Литомасса, напрямую зависящая от высоты, воздействует на высоту растительных ярусов, СК древостоя и запас древесины. Так, при возрастании количества литомассы в почве до 40% СК и запас древесины резко начинают сокращаться. Кроме того, от литомассы частично зависят гидро-термические условия почвы.

Ретранслятор меньшей силы – влажность почвы ($K(A; B) = 0.217$). Она, как отмечалось и ранее, оказывает сильное влияние на распределение лесов ($K(A; B) = 0.16$) (Петренко, 2017). Кроме того, влажность почвы определяет высоту кустарников и травостоя. Так, наиболее благоприятные условия для произрастания кустарников наблюдаются на сухих почвах (высота до 3 м), наименее – на переувлажненных (0.1 – 0.6 м) (см. рис. 4, б). При средних показателях влажности высота кустарников варьируется от минимальных до средних значений (0.1 – 1.2 м). Например, шиповник иглистый (*Rosa acicularis* Lindley, 1820) в елово-пихтовом лесу на переувлажненной почве имеет среднюю высоту 0.4 м, а при средней увлажненности – 0.5 м. Следует отметить, что СК при этом, отвечающая за освещенность, в первом случае составляет 0.4, а во втором 0.7 балла, что свидетельствует о непричастности данного фактора к разнице высот кустарников в данном случае. Другой пример – рябинник рябинолистный (*Sorbaria sorbifolia* (L.) Braun, 1860) в том же типе леса на влажной почве и при СК 0.7 балла имеет высоту 0.7 м, а на сухой почве при СК 0.9 баллов – 1 м.

Влияние температуры почвы на глубине 30 – 40 см выявилось только на типы лесных сообществ ($K(A; B) = 0.137$). На наиболее холодных почвах произрастают лиственничные мари (температура почвы на глубине 40 см $8.5 - 11^\circ\text{C}$) (см. рис. 4, в). Терпимость к низким температурам проявляют лиственничники и елово-

широколиственные леса ($11 - 11.5^{\circ}\text{C}$), а также пихтово-еловые леса, распространенные на почвах как со сравнительно низкой, так и со средней температурой ($11 - 13.3^{\circ}\text{C}$). Представители неморальной флоры – кедрово-широколиственные и широколиственные леса занимают наиболее прогретые участки с максимальными значениями температуры почвы ($13.3 - 16.6^{\circ}\text{C}$).

Тупиковым ретранслятором, т.е. имеющим много входящих связей при отсутствии исходящих, оказался тип местообитания. Интересно, что в подобных исследованиях на Русской равнине (Коломыц, 2008) влажность почвы и тип местообитания проявили себя как более сильные факторы, влияющие на типы леса.

Индикаторы модели – типы леса, их морфометрические параметры и продукция. Наиболее зависимым элементом системы, то есть имеющим большое количество входящих связей, является травянистый ярус, а именно его высота. На нее влияют практически все эдификаторы и ретрансляторы (общая сила входящих связей $K(A; B) = 0.72$), но больше всего литомасса ($K(A; B) = 0.15$) и высота местности ($K(A; B) = 0.134$). Наличие литомассы в почве резко понижает средние значения высоты травостоя. Так, при полном ее отсутствии в гумусовом горизонте почвы вариативность высоты травостоя составляет от 10 до 90 см. В то же время даже при незначительном количестве литомассы (от 10%) максимальные значения высоты снижаются до 50 см.

К индикаторам меньшей силы относится флористическое разнообразие травостоя ($K(A; B) = 0.392$), которое напрямую определяется группами ландшафтных фаций ($K(A; B) = 0.173$), а также связано с высотной-экспозиционной зональностью и собственно высотой. Так, наибольшее флористическое разнообразие травостоя выявлено для элювиальных низкогорных (привершинных) и трансаккумулятивных подгорных (у подножия склонов) групп ландшафтных фаций – 4.17 и 4.08 бит соответственно. Наименьшее значение – 2.38 бит – характерно для супераккумулятивных групп ландшафтных фаций, находящихся на переувлажненных бессточных западинах на равнинах и в речных долинах. Другими авторами также подтверждается, что флористическое разнообразие травянистых растений зависит прежде всего от абсолютной высоты и экспозиции склона (Миркин и др., 2010; Wang и др., 2019). Однако в этих же работах говорится о влиянии на видовое богатство влажности почвы и крутизны склона. В нашей работе последних связей не выявлено. Интересно, что изначально в модели проводился анализ флористического разнообразия для всех растительных ярусов, но среди анализируемых элементов связь удалось обнаружить только с травянистым ярусом.

Высота кустарникового яруса зависит, как мы уже выяснили, от влажности почвы, а также литомассы и литологии коренных пород (общая сила связи $K(A; B) = 0.365$). Причем повышенная каменистость почв сказывается положительно на высоте кустарникового яруса, в отличие от травянистого. Что касается литологического состава коренных пород, то на таких скалистых породах, как гранодиориты, конгломераты, брекчии высота кустарников минимальная ($0.1 - 0.6$ м), на породах более облегченного механического состава – алевролиты, пески, глинистые сланцы – средняя ($0.6 - 1.2$ м), и на аллювиальных отложениях с богатыми питательными веществами почвами – максимальная ($1.5 - 2.8$ м).

Древесный ярус – наиболее независимый индикатор системы ландшафтных связей. Из представленных ландшафтных признаков существенное влияние на него оказывает только литомасса, что отражается на СК ($K(A; B) = 0.144$), высоте древостоя ($K(A; B) = 0.12$) и запасе древесины ($K(A; B) = 0.13$). Так, например, большая вариативность СК деревьев от 0.1 до 0.9 баллов характерна для почв с количеством литомассы в гумусовом горизонте от 0 до 30%. При повышении этого показателя до 50% и выше СК резко снижается до 0.1 – 0.2 баллов.

Сырая надземная фитомасса травостоя, также характеризующая продукцию лесного фитоценоза, напрямую зависит, как уже отмечалось ранее, от крутизны склона и высотно-экспозиционной зональности. Минимальные значения фитомассы наблюдаются на наибольших и средних высотах (110 – 770 м) южных склонов, а максимальная – на северных и северо-восточных склонах малых и наибольших высот (20 – 110 м и 310 – 770 м соответственно).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленная в данной работе модель организации лесных геосистем южной части Нижнего Приамурья – доработанный вариант построенной ранее модели для этой территории. Благодаря использованию более обширного полевого материала и за счет введения дополнительных признаков для анализа она существенно дополнена. Основные полученные результаты подтверждаются предшествующей моделью, но имеется и ряд важных уточнений.

1. Добавленный в анализ признак «литомасса» показал себя как наиболее influential фактор, определяющий структурные особенности растительности и продукцию древостоя. Так, с ростом литомассы в почве до определенного предела резко сокращается СК ($K(A; B) = 0.144$), запас древесины ($K(A; B) = 0.13$) и высота травяно-кустарничкового яруса ($K(A; B) = 0.15$), высота кустарникового яруса ($K(A; B) = 0.131$), напротив, возрастает.

2. Выявлена сильная связь между крутизной склона и продукцией травянистого яруса ($K(A; B) = 0.17$). Количество фитомассы резко снижается при возрастании крутизны склона. Кроме того, фитомасса имеет сильную связь с высотно-экспозиционной зональностью: минимальна на солнцепечных склонах в пределах высот 110 – 770 м, максимальна на теневых склонах при высоте 20 – 110 и 310 – 770 м.

3. Влажность почвы и литология коренных пород – важные факторы, определяющие высоты кустарникового и травяно-кустарничкового ярусов. С ростом влажности высота кустарникового яруса сокращается ($K(A; B) = 0.161$), а травянистого возрастает ($K(A; B) = 0.161$). При этом наибольшей высоты эти растительные ярусы достигают на аллювиальных отложениях ($K(A; B) = 0.13$ и 0.127 для кустарникового и травянистого ярусов соответственно).

4. Флористическое разнообразие травянистого яруса определяется группами ландшафтных фаций ($K(A; B) = 0.173$) и высотно-экспозиционной зональностью ($K(A; B) = 0.113$). Наибольших значений оно достигает на хорошо прогретых вершинах и у подножия склонов, наименьших – на верхних участках теневых склонов и переувлажненных участках заболоченной поймы.

5. Отказ от признаков, отвечающих за продукцию лесных геосистем и полученных расчетным путем, в пользу измеряемых непосредственно в поле позволило получить более корректные результаты.

Таким образом, полученные выводы помогли существенно расширить и уточнить основные закономерности структурно-функциональной организации лесных геосистем Нижнего Приамурья на границе бореальных и суббореальных лесов.

Автор благодарит доктора географических наук Э. Г. Коломыца за предоставление аналитической программы «Ecolog».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Александрова В. Д. Классификация растительности. Обзор принципов классификации и классификационных систем в различных геоботанических школах. Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1969. 275 с.

Беруцашвили Н. Л., Жучкова И. К. Методы комплексных физико-географических исследований. М.: Изд-во МГУ, 1997. 319 с.

Ван П. С., Юрикова Е. С. Информационно-статистическое моделирование организации лесных геосистем Нижнего Приамурья (на примере заказника «Удиль») // Географические основы и экологические принципы региональной политики природопользования: материалы международной научно-практической конференции, посвященной памяти чл.-корр. РАН А. Н. Антипова. Иркутск: Институт географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, 2019. С. 769 – 772.

Гарцман И. Н. Проблемы географической зональности и дискретность гидрометеорологических полей в горных условиях муссонного климата // Труды ДВНИГМИ. 1971. Вып. 35. С. 3 – 31.

Глазовская М. А. Геохимические основы типологии и методики исследований природных ландшафтов. М.: Изд-во МГУ, 1964. 230 с.

Добровольский В. В. Практикум по географии почв с основами почвоведения. М.: Просвещение, 1982. 127 с.

Залиханов М. Ч., Коломыц Э. Г., Шарая Л. С., Цепкова Н. Л., Сурова Н. А. Высокогорная геоэкология в моделях. М.: Наука, 2010. 488 с.

Климина Е. М. Ландшафтно-картографическое обеспечение территориального планирования (на примере Хабаровского края). Владивосток: Дальнаука, 2007. 132 с.

Климина Е. М. Ландшафтно-экологическое зонирование Среднеамурской низменности для ландшафтного планирования // Ландшафтная география в XXI веке: материалы международной научной конференции «Третьи ландшафтно-экологические чтения, посвященные 100-летию со дня рождения Г. Е. Гришанкова». Симферополь: Ариал, 2018. С. 408 – 410.

Ключников М. В., Терехов М. А., Парамонов Е. Г. Особенности произрастания кедра и лиственницы в северо-восточном Алтае // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2008. № 8 (46). С. 36 – 39.

Коломыц Э. Г. Бореальный экотон и географическая зональность: Атлас-монография. М.: Наука, 2005. 390 с.

Коломыц Э. Г. Локальные механизмы глобальных изменений природных экосистем. М.: Наука, 2008. 427 с.

Криволюцкий А. Е. Амурско-Приморская страна // Физико-географическое районирование СССР: характеристика региональных единиц / под ред. проф. Н. А. Гвоздецкого. М.: Изд-во МГУ, 1968. С. 503 – 542.

Максимова В. Ф., Майорова Л. А., Петропавловский Б. С. Основные факторы среды, влияющие на усыхание пихтово-еловых лесов Дальнего Востока // Вестник Московского университета. Сер. 5. География. 2019. № 1. С. 61 – 66.

Мартыненко А. Б., Бочарников В. Н. Экологическое районирование Дальнего Востока // Известия РАН. Сер. географическая. 2008. № 2. С. 76 – 84.

Миркин Б. М., Мартыненко В. Б., Широких П. С., Наумова Л. Г. Анализ факторов, определяющих видовое богатство сообществ лесов Южного Урала // Журнал общей биологии. 2010. Т. 71, № 2. С. 131 – 143.

Митропольский А. К. Техника статистических вычислений. М.: Наука, 1971. 576 с.

Никонов В. И. Природные ландшафты Нижнего Приамурья // Сибирский географический сборник. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1975. № 10. С. 128 – 175.

Петренко П. С. Пространственная организация лесных топогеосистем Нижнего Приамурья (на примере заповедника «Комсомольский») // География и природные ресурсы. 2017. № 3. С. 36 – 45. [https://doi.org/10.21782/GIPR0206-1619-2017-3\(36-45\)](https://doi.org/10.21782/GIPR0206-1619-2017-3(36-45))

Петренко П. С., Коломыц Э. Г. Влияние геоморфологических факторов на организацию лесных топогеосистем заповедника «Комсомольский» // Вестник Воронежского государственного университета. Сер.: География, Геоэкология. 2018. № 2. С. 16 – 27.

Погребняк П. С. Общее лесоводство. М.: Колос, 1968. 440 с.

Пузаченко Ю. Г., Скулкин В. С. Структура растительности лесной зоны СССР. Системный анализ. М.: Наука, 1981. 275 с.

Работнов Т. А. Фитоценология. М.: Изд-во МГУ, 1978. 384 с.

Самдан А. М. Растительный покров кластера «Арысканныг» заповедника «Убсунурская котловина» (южный макросклон хребта Восточного Танну-Ола, Республика Тыва) // Самарский научный вестник. 2021. Т. 10, № 2. С. 78 – 85. <https://doi.org/10.17816/snvt2021102111>

Соколова Г. Г. Влияние высоты местности, экспозиции и крутизны склона на особенности пространственного распределения растений // Acta Biologica Sibirica. 2016. Т. 3, № 2. С. 34 – 45. <https://doi.org/10.14258/abs.v2i3.1453>

Сочава В. Б. Исходные положения типизации таежных земель на ландшафтно-географической основе // Доклады Института географии Сибири и Дальнего Востока. 1962. Вып. 2. С. 14 – 23.

Шарая Л. С., Ван П. С. Закономерные изменения температур почвы на территории заказника «Удиль» (Нижнее Приамурье) // География и природные ресурсы. 2021. Т. 42, № 2 (166). С. 51 – 58. <https://doi.org/10.15372/GIPR20210206>

Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетике. М.: Изд-во иностранной литературы, 1963 г. 832 с.

Швиденко А. З., Щепаченко Д. Г., Нильссон С., Булуй Ю. И. Таблицы и модели хода роста и продуктивности насаждений основных лесообразующих пород Северной Евразии (нормативно-справочные материалы). Изд. 2-е, доп. М.: Федеральное агентство лесного хозяйства, 2008. 886 с.

Sharaya L. S., Van P. S. Regular changes in soil moisture content in coniferous forests of the Udyly State Nature Reserve, Lower Amur River region // Contemporary Problems of Ecology. 2022. Vol. 15, iss. 7. P. 863 – 871. <https://doi.org/10.1134/S1995425522070198>

Wang H., Zhang M., Nan H. Abiotic and biotic drivers of species diversity in understory layers of cold temperature coniferous forests in North China // Journal of Forestry Research. 2019. Vol. 30, iss. 6. P. 2213 – 2225.

Organization of forest geosystems in the Lower Amur region by a case study of the Komsomol'sky Nature Reserve

P. S. Van

Federal State Budgetary Institution "Zapovednoe Priamurie"
60 Serysheva St., Khabarovsk 680000, Russia
Institute for Complex Analysis of Regional Problems
of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences
4 Sholom Aleichem St., Birobidzhan 679016, Russia

Received: February 20, 2023 / revised: August 4, 2023 / accepted: August 12, 2023 / published: March 20, 2024

Abstract. This article is devoted to the structural-functional organization of the forest geosystems of Komsomol'sky Nature Reserve located in the south of the Lower Amur Region. It considers a landscape organization model built using the information theory methods. The model is represented as a block diagram consisting of digraphs, in whose center there are landscape features. This model is a modified version of the previously published one for the studied territory. It is built on the basis of richer field data and with the addition of previously unused landscape features. Weak links of medium density predominate in the model, which may indicate the stability of the forest geosystems formed there. Our analysis shows that the main factors determining the structure of Komsomol'sky Nature Reserve's forest geosystems are altitudinal-exposure zonality, altitude, lithology of parent rocks, and soil hydrothermal conditions. It is established that the stand of timber is directly related to the humus soil horizon lithomass: it decreases with an increase in lithomass. Plants biomass is highly dependent on the steepness of slopes: it decreases with its increase. Separate relationships have been revealed for plant layers. The herbaceous layer height decreases with an increase in the altitude and lithomass in the soil. The herbage floristic diversity differs greatly in land facie groups and has a maximum in the ridge-top areas of the slopes and at the foot hill. The shrub layer height depends on soil moisture content, lithology of parent rocks and lithomass: it decreases with increasing soil moisture content most of all and increases with increasing lithomass in the soil. A relationship has been found only with the lithomass in the soil for all tree layer features. A lithomass increase has a depressing effect on trees.

Keywords: landscape organization, structural-functional organization, forest geosystems, Lower Amur region, Komsomol'sky Nature Reserve, landscape relations

Ethics approval and consent to participate: This work does not contain any studies involving human and animal subjects.

Competing interests: The author declares that he has no conflicts of interest.

For citation: Van P. S. Organization of forest geosystems in the Lower Amur region by a case study of the Komsomol'sky Nature Reserve. *Povolzhskiy Journal of Ecology*, 2024, no. 1, pp. 3–19 (in Russian). <https://doi.org/10.35885/1684-7318-2024-1-3-19>

REFERENCES

Aleksandrova V. D. *Classification of Vegetation. Principles of Classification and Classification Systems of Various Phytocoenological Scools*. Leningrad, Nauka, 1969. 275 p. (in Russian).

✉ Corresponding author. Federal State Budgetary Institution "Zapovednoe Priamurie", Russia.

ORCID and e-mail address: Polina S. Van: <https://orcid.org/0000-0001-7588-7003>, vanpolina8710@mail.ru.

Beruchashvili N. L., Zhuchkova I. K. *Metody kompleksnykh fiziko-geograficheskikh issledovaniy* [Complex Physical and Geographical Research Methods]. Moscow, Moscow University Press, 1997. 319 p. (in Russian).

Van P. S., Yurikova E. A. Informational statistic modeling of forest geosystems' organization for the Low Priamurye territory (by the example of "Udyl" Nature Reserve). In: *Geographical Foundations and Environmental Principles of Regional Policy of Nature Management: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the memory of A. N. Antipov*. Irkutsk, V. B. Sochava Institute of Geography, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 2019, pp. 769–772 (in Russian).

Gartsman I. N. Geographic zonality problems and hydrometeorological fields discreteness in the monsoon climate altitude conditions. *Proceedings of the Far East Scientific Institute of Hydrometeorological Research*, 1971, iss. 35, pp. 3–31 (in Russian).

Glazovskaya M. A. *Geokhimicheskiye osnovy tipologii i metodiki issledovaniy prirodnikh landshtaftov* [Geochemical Foundations of Typology and Natural Landscapes Research Methods]. Moscow, Moscow University Press, 1964. 230 p. (in Russian).

Dobrovolsky V. V. *Praktikum po geografii pochv s osnovami pochvovedeniya* [Soil Geography Workshop With Soil Science Elements]. Moscow, Prosveshchenie, 1982. 127 p. (in Russian).

Zalikhonov M. Ch., Kolomyts E. G., Sharaya L. S., Tcepkova N. L., Surova N. A. *High Mountain Geoecology in Models*. Moscow, Nauka, 2010. 488 p. (in Russian).

Klimina E. M. *Landscape-Cartographical Maintenance of Territorial Planning (on the Example of Khabarovskij Kraj)*. Vladivostok, Dalnauka, 2007. 132 p. (in Russian).

Klimina E. M. Landscape and ecological zoning of Middle Amur lowland for landscape planning. In: *Landscape Geography in the 21st Century: Proceedings of the Third International Conference Readings Dedicated to the 100th Anniversary of the Birth of G. E. Grishankov*. Simferopol, Arial, 2018, pp. 408–410 (in Russian).

Klyuchnikov M. V., Terekhov M. A., Paramonov Y. G. Features of siberian pine and larch growing in the North-East Altai. *Bulletin of Altai State Agricultural University*, 2008, no. 8 (46), pp. 36–39 (in Russian).

Kolomyts E. G. *Boreal Ecotone and Geographic Zonality: Atlas-monograph*. Moscow, Nauka, 2005. 390 p. (in Russian).

Kolomyts E. G. *Local Mechanisms of Global Changes in Natural Ecosystems*. Moscow, Nauka, 2008. 427 p. (in Russian).

Krivolutsky A. E. Amur-Primorskaya territory. In: *Fiziko-geograficheskoe raionirovanie SSSR: kharakteristika regional'nykh edinits. Pod red. N. A. Gvozdet'skogo* [Gvozdet'sky N. A., ed. Physico-Geographical Zoning of the USSR: Characterization of Regional Units]. Moscow, Moscow University Press, 1968, pp. 503–542 (in Russian).

Maksimova V. F., Mayorova L. A., Petropavlovskiy B. S. Main environmental factors influencing the drying of the Far East fir-spruce forests. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 5, Geografiya*. 2019, no. 1, pp. 61–66 (in Russian).

Martynenko A. B., Bocharnikov V. N. Ecological regionalization of the Far East. *Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Seriya geograficheskaya*, 2008, no. 2, pp. 76–84 (in Russian).

Mirkin B. M., Martynenko V. B., Shirokikh P. S., Naumova L. G. The analysis of the factors determining species richness of Southern Ural forest communities. *Zhurnal Obschei Biologii*, 2010, vol. 71, no. 2, pp. 131–143 (in Russian).

Mitropolsky A. K. *Tekhnika statisticheskikh vychisleniy* [Statistical Computations' Technique]. Moscow, Nauka, 1971. 576 p. (in Russian).

Nikonov V. I. Natural landscapes of the Lower Amur region. In: *Sibirskiy geograficheskii sbornik*. Novosibirsk, Nauka, 1975, no. 10, pp. 128–175 (in Russian).

Petrenko P. S. Spatial organization of spatial topogeosystems in the Lower Amur region (a case study of the Komsomol'skii zapovednik). *Geografiya i prirodnyye resursy*, 2017, no. 3, pp. 36–45 (in Russian). [https://doi.org/10.21782/GIPR0206-1619-2017-3\(36-45\)](https://doi.org/10.21782/GIPR0206-1619-2017-3(36-45))

Petrenko P. S., Kolomyts E. G. The influence of geomorphological factors on the organization of the forest topological geosystems of the Komsomolsky Nature Reserve. *Proceedings of Voronezh State University. Series: Geography. Geoecology*, 2018, no. 2, pp. 16–27 (in Russian).

Pogrebnyak P. S. *Obshcheye lesovodstvo* [General Forestry]. Moscow, Kolos, 1968. 440 p. (in Russian).

Puzachenko Yu. G., Skulkin V. S. *Struktura rastitel'nosti lesnoy zony SSSR. Sistemnyy analiz* [Vegetation Structure of the USSR Forest Zone. System Analysis]. Moscow, Nauka, 1981. 275 p. (in Russian).

Rabotnov T. A. *Fitotsenologiya* [Phytocenology]. Moscow, Moscow University Press, 1978. 384 p. (in Russian).

Samdan A. M. The vegetation cover of the “Aryskannyg” cluster of the “Ubsunurskaya Kotlovina” Reserve (Ubsunur hollow) (the southern slopes of the East Tannu-Ola Mountain Range, Republic of Tyva). *Samara Journal of Science*, 2021, vol. 10, no. 2, pp. 78–85 (in Russian). <https://doi.org/10.17816/snv2021102111>

Sokolova G. G. The influence of terrain altitude, slope exposure and slope degree on plant spatial distribution. *Acta Biologica Sibirica*, 2016, vol. 3, no. 2, pp. 34–45 (in Russian). <https://doi.org/10.14258/abs.v2i3.1453>

Sochava V. B. The starting points of the taiga lands typification on landscape-geographical basis. *Reports of Siberia and the Far East Geography Institute*, 1962, iss. 2, pp. 14–23 (in Russian).

Sharaya L. S., Van P. S. Regular changes in soil temperatures on the territory of the Udylyl' Wildlife Reserve (Lower Amur region). *Geografiya i prirodnyye resursy*, 2021, vol. 42, no. 2 (166), pp. 51 – 58 (in Russian). <https://doi.org/10.15372/GIPR20210206>

Shannon C. *Works on Information Theory and Cybernetics*. Moscow, Izdatel'stvo inostrannoi literatury, 1963. 832 p. (in Russian).

Shvidenko A. Z., Schepaschenko D. G., Nilsson S., Buluy Yu. I. *Tables and Models of Growth and Productivity of Forests of Major Forest Forming Species of Northern Eurasia (Standard and Reference Materials)*. Second edition, supplemented. Moscow, Federal Agency of Forestry Management of Russia, 2008. 886 p. (in Russian).

Sharaya L. S., Van P. S. Regular changes in soil moisture content in coniferous forests of the Udyly State Nature Reserve, Lower Amur River region. *Contemporary Problems of Ecology*, 2022, vol. 15, iss. 7, pp. 863–871. <https://doi.org/10.1134/S1995425522070198>

Wang H., Zhang M., Nan H. Abiotic and biotic drivers of species diversity in understory layers of cold temperature coniferous forests in North China. *Journal of Forestry Research*, 2019, vol. 30, iss. 6, pp. 2213–2225.