

УДК 574.1

ОЦЕНКА ВИДОВОГО РАЗНООБРАЗИЯ РАСТЕНИЙ И ЖУЖЕЛИЦ НА ПРОБНЫХ ПЛОЩАДЯХ В КЕДРОВО-ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ НАСАЖДЕНИЯХ ПОСТПИРОГЕННОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

А. В. Иванов, С. В. Гамаева, Е. В. Панфилова

Приморская государственная сельскохозяйственная академия
692510, Приморский край, Уссурийск, просп. Блюхера, 44

E-mail: aleksandr86@mail.ru, gamaeva56@mail.ru, kato_27_1998@mail.ru

Поступила в редакцию 26.09.2017 г.

Для естественных кедровых лесов южной части Приморского края выполнена оценка биологического разнообразия по результатам описаний ценопопуляций видов древостоев, живого напочвенного покрова и жуужелиц *Carabus*. Полевые работы выполнены на пробных площадях, заложенных в лесных насаждениях кедрово-широколиственной формации с преобладанием сосны кедровой корейской *Pinus koraiensis* Siebold & Zucc. Модельные участки составили хронологическую последовательность развития лесных насаждений свежего мелкотравно-разнокустарникового типа в возрастном интервале 50–200 лет. В процессе лесовосстановительной смены отмечено уменьшение общего проективного покрытия живого напочвенного покрова при одновременном увеличении числа характерных для естественных кедровников видов, а также их выравниваемости. К возрасту 200 лет достигают максимума численность, видовое богатство и выравниваемость числа видов жуужелиц. Выявлены статистически значимые различия между общим числом пойманных насекомых в насаждениях 50 и 200, 80 и 200 лет. Наиболее ценными по критерию биологического разнообразия являются старовозрастные кедровники. Сделан вывод о значении этой группы лесов для охраны ценных сообществ и местообитаний видов. Среди видов жуужелиц в качестве индикаторов ценности лесов могут быть *Carabus schrencki* Motschulsky, *Carabus maacki* Morawitz и *Carabus macleayi* Dejean. При минимальном общем проективном покрытии 8.3 % в 200-летнем кедровнике формируются благоприятные условия для произрастания таких характерных видов растений, как пион горный *Paeonia oreogeton* S. Moore, щитовник толстокорневищный *Dryopteris crassirhizoma* Nakai, какалия ушастая *Cacalia auriculata* H. Rob. & Brettell. Индекс Шеннона видов живого напочвенного покрова в старовозрастном кедровнике составил 3.6 бит, видов *Carabus* – 1.4 бит.

Ключевые слова: биологическое разнообразие, кедр корейский, живой напочвенный покров, жуужелицы, индекс Шеннона, ценность лесов, Приморский край.

DOI: 10.15372/SJFS20180307

ВВЕДЕНИЕ

Утрата биологического разнообразия наряду с изменениями климата представляет собой одну из наиболее серьезных угроз для благополучия человека (Mazziotto et al., 2016; Buckland, Johnston, 2017; Turak et al., 2017; Vihervaara et al., 2017). Изучение биоразнообразия лесных экосистем находится в фокусе внимания ученых в связи с признанием роли лесов как наиболее эффективной системы, способной сдерживать негативные процессы в биосфере и обеспечивать устойчивость среды обитания человека

(Исаев и др., 1995; Barlow et al., 2007; Кривец и др., 2014; Лукина и др., 2015; Lähtinen et al., 2016). Ущерб от деградации биологического разнообразия лесного покрова в мировом масштабе оценивается утратой экосистемных услуг на сумму в несколько триллионов долларов в год (Lähtinen et al., 2016). С точки зрения биологического разнообразия наибольшую ценность представляют девственные леса. В работе J. Barlow et al. (2007) показано, что 60 % родов деревьев и лиан бразильской Амазонии приурочены только к девственным лесам. Девственные леса Северной Америки характеризуются самым высоким

разнообразием лишайников, грибов, насекомых, летучих мышей, пауков и других живых организмов, многие из которых характерны только для этих сложных по структуре старовозрастных лесов (Spies, 2003). Поэтому в качестве разумного компромисса между лесопользованием и охраной биоразнообразия предложено выделение в лесных массивах особо ценных участков с отсутствием явных признаков человеческой деятельности.

Южная часть Дальнего Востока России (Южное Приморье) отличается уникальным разнообразием видов живых организмов и их сообществ, которое достигает своего максимума в кедрово-широколиственных лесах – формации с преобладанием сосны кедровой корейской *Pinus koraiensis* Siebold & Zucc. и пихты цельнолистной *Abies holophylla* Maxim. В многообразии форм и уровней структурной организации кедровников и чернопихтарников сформировались экологические ниши редких видов животных, в том числе дальневосточного леопарда *Panthera pardus orientalis* L., амурского тигра *Panthera tigris altaica* L., пятнистого оленя *Cervus nippon* Temminck, гималайского медведя *Ursus thibetanus* G. Cuvier.

Растительный покров хвойно-широколиственных лесов в Приморском крае выполняет почвозащитную и водорегулирующую функции, сохраняя лесные почвы на террасах и склонах возвышенностей и обеспечивая влагой бассейны многочисленных малых рек горной системы Сихотэ-Алинь. Важной функцией хвойно-широколиственных лесов является воздействие на климат: благодаря высокой продуктивности и интенсивности накопления биомассы эти насаждения выступают значительными резервуарами углерода, сдерживая процесс роста в атмосфере концентрации парниковых газов (Замолотчиков и др., 2006; Замолотчиков, Иванов, 2016). В результате деструктивных нарушений площадь лесов с участием кедра корейского в южной части Приморского края в XX в. уменьшилась почти в 2 раза (Иванов, Кисиленко, 2014), что отразилось на соответствующем сокращении ареалов многих видов животных (Пикунов, 2014).

Угроза биологическому разнообразию при интенсивном лесопользовании и развитии инфраструктуры заключается в утрате и изоляции местообитаний популяций редких и исчезающих видов. Значительная доля ценных участков лесных биоценозов расположена в эксплуатационных лесах и никак не выделена (Загидулина и др., 2015). Особенно остро проблема

сохранения естественного биологического разнообразия стоит для экосистем, в которых виды растений находятся на границах ареалов. Для Южного Приморья к таким видам относятся пихта цельнолиственная, калопанакс семилопастный *Kalopanax septemlobus* (Thunb.) Koidz., граб сердцелистный *Carpinus cordata* Blume, абрикос маньчжурский *Armeniaca mandshurica* (Maxim.) Skvortsov (Манько и др., 2010).

Задача оценки биоразнообразия сводится к количественному выражению качественных признаков (Вайс, 2012). В настоящее время существует более 40 индексов, характеризующих разнообразие сообществ живых организмов. Эти индексы можно разделить на два семейства – оценивающие выравненность и оценивающие видовое богатство (Лебедева, 1999). По данным Н. В. Лебедевой с соавторами (1999), выравненность – это равномерность распределения видов по их обилию в сообществе, а видовое богатство – число видов, для сравнения отнесенное к определенной площади.

Цель работы – описать динамику видового разнообразия компонентов лесной экосистемы – древостоя, живого напочвенного покрова и энтомофауны, представленной журами рода *Carabus*, в процессе послепожарной восстановительной смены в кедрово-широколиственных насаждениях.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследовали насаждения лесного участка Приморской государственной сельскохозяйственной академии (ПГСХА), расположенные на территории Экспериментального участка лесничества Уссурийского лесничества в 3 км от западной границы Уссурийского заповедника (Комин и др., 2013). Координаты местности: 43°38'48.4" с. ш., 132°15'41.2" в. д. Выбрали с использованием материалов лесоустройства 2010 г. четыре лесотаксационных выдела с преобладанием сосны кедровой корейской, отличающихся по возрасту главной древесной породы. Для территории характерны почвы буроземы типичные (Семаль, 2010; Semal', 2010). Все участки расположены в радиусе 600 м, крутизна склонов не более 10°. Достоверно установлено, что лес на самом молодом исследуемом участке восстановился естественным образом через 50 лет после пожара. В почвенных прикопках на остальных участках обнаружены угли, что дает возможность предположить, что насаждения здесь также являются постпирогенными по

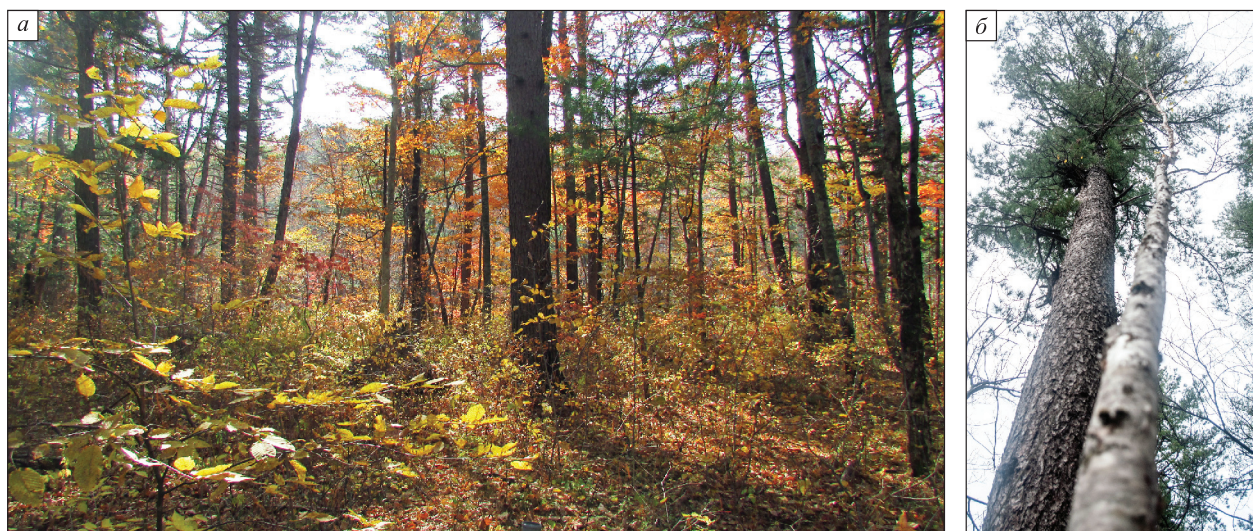


Рис. 1. Кедрово-широколиственное насаждение ПП среднего возраста 130 лет (а); б – на заднем плане дерево сосны кедровой корейской *Pinus koraiensis* Siebold & Zucc. (возраст – около 150 лет, высота – 29 м, диаметр на высоте груди – 68 см) и на переднем – березы плосколистной *Betula platyphylla* Sukaczew (возраст – около 80 лет, высота – 19.5 м, диаметр на высоте груди – 28 см).



Рис. 2. Пихта цельнолиственная *Abies holophylla* Maxim. на ПП: возраст – около 200 лет, высота – 33.5 м, диаметр на высоте груди – 82 см.

происхождению. По классификации А. И. Кудинова (2004), все выбранные пробные площади (ПП) относятся к свежим мелкотравно-разнокустарниковым кленово-грабовым и безграбовым типам, III группы. Последствия поздних катастрофических нарушений структуры древостоя на участках не прослеживаются. Таким образом, в настоящем исследовании участки насаждений, на которых собирали материал, рассматриваются как хронологическая последовательность развития кедрово-широколиственного леса после пожара (рис. 1, 2).

При моделировании сценариев развития экосистем базисом является изменение состояния

во времени, поэтому, согласно предлагаемой гипотезе, именно средний возраст насаждения выбран как основной фактор, определяющий биологическое разнообразие. Заложенные ПП представляют собой хронологическую последовательность развития кедрово-широколиственного леса в возрастном интервале 50–200 лет, что, на наш взгляд, составляет научную новизну работы. Предварительно на каждой ПП определяли возраст у пяти деревьев сосны кедровой корейской при помощи возрастного бурава. Средний возраст исследуемых насаждений – 50, 80, 130 и 200 лет соответственно. Следует отметить, что статистически достоверные выводы

Таблица 1. Таксационная характеристика насаждений на ПП

№ ПП	Возраст, лет	Состав	<i>N</i> , дер./га	<i>D</i> _{1,3} , см	<i>G</i> , м ² /га	<i>M</i> , м ³ /га
1	50	4К5Ос1Б + Кл, Д, П, И	1096	19.4	37.5	353.1
2	80	5К1П1Д1Л1Кл1Ос + И, Я, Г	752	22.3	37.9	342.6
3	130	5К2Д1Л1Кл1Ос + П, И, Г	944	20	43.4	360.1
4	200	5К3П1Л1Кл + Б, Д, Я	856	23.1	61.5	642.5

Примечание. Обозначения видов: К – сосна кедровая корейская *Pinus koraiensis* Siebold & Zucc.; Ос – осина обыкновенная *Populus tremula* L.; Б – береза плосколистная *Betula platyphylla* Sukaczew; Кл – клен мелколистный *Acer mono* Maxim.; Д – дуб монгольский *Quercus mongolica* Fisch. ex Ledeb.; П – пихта цельнолистная *Abies holophylla* Maxim.; Л – липа амурская *Tilia amurensis* Rupr.; И – ильм горный *Ulmus glabra* Huds.; Я – ясень маньчжурский *Fraxinus mandshurica* Rupr.; Г – граб сердцелистный *Carpinus cordata* Blume. Обозначения таксационных показателей: *N* – густота древостоя; *D*_{1,3} – средний диаметр; *G* – сумма площадей поперечных сечений; *M* – запас древесины.

возможны лишь при условии наличия повторностей в каждой факторной группе, что устраняет так называемую проблему псевдорепликации (pseudoreplication). Однако в настоящем исследовании выявляются тренды динамики видового разнообразия растений и жужелиц по ряду ПП.

Таксационное описание древостоев выполняли на временных ПП размером 50 × 50 м. Учитывали все деревья с диаметром стволов 6 см и более. Основные таксационные показатели ПП представлены в табл. 1.

Проективное покрытие живого напочвенного покрова – показатель обилия, определяющий относительную площадь горизонтальной проекции отдельных видов на поверхность почвы (Бузук, Созинов, 2014). Измерения выполняли методом учетных площадок. На каждом участке с помощью рамки размером 1 × 1 м отграничивали площадку, на которой определяли виды травянистых растений (Сосудистые растения..., 1985–1996), и с использованием шаблонов указывали их проективное покрытие. Заложили по 10 учетных площадок на каждом участке. Описание живого напочвенного покрова проводили 20 мая 2015 г., когда можно было одновременно учитывать весенние и летние виды.

Жужелицы Carabidae признаны хорошим индикатором состояния естественных экосистем (Гиляров, 1976; Криволуцкий, 1978; Суходольская, Савельев, 2014; Sukhodolskaya, Saveliev, 2014). В частности, виды рода *Carabus*, часто составляющие основу фаунистического комплекса насекомых в лесах, являются облигатными хищниками, высшими консументами среди почвенных беспозвоночных, которым свойственны высокое видовое разнообразие и разнообразие форм, четко выраженная суточная и сезонная динамика активности. Использование жужелиц в качестве биоиндикаторов в лесной экологии обосновано тем, что они имеют тесную связь с

почвой, высокую чувствительность и быструю реакцию на изменение параметров среды (Bässler et al., 2009; Иванов и др., 2015; Thom et al., 2016).

Сбор насекомых осуществляли классическим методом ловушек Барбера. В качестве приманки использовали 9%-й яблочный уксус. На каждом участке установили по 8 ловушек (стаканчики с верхним диаметром 6.5 см) на прямолинейной трансекте через 3 м. Жужелиц извлекали из ловушек еженедельно. Для определения видов использовали определитель насекомых Дальнего Востока (Лафер, 1989). За сезон 2015 г. выполнено 9 сборов жужелиц.

В ботанике количественная оценка разнообразия чаще всего выражается числом видов (Коваленко, 2014). Для наиболее полной характеристики биологического разнообразия по градиенту возраста кедрового насаждения в настоящей работе используются три меры: 1 – число видов, 2 – число особей, 3 – индекс Шеннона, называемый также информационным индексом разнообразия. Индекс Шеннона нашел широкое применение в экологических исследованиях, в частности, ботаников и энтомологов (Bässler et al., 2009; Розенберг, 2010; Белоусов и др., 2012; Дикарева, Леонова, 2014; Dikareva, Leonova, 2014; Thom et al., 2016). Вместе с тем этот индекс имеет недостаток, так как построен на основе долей численностей видов и не отражает абсолютные значения численности особей, у растений – фитомассу, у насекомых – плотность популяции. Важное достоинство индекса Шеннона состоит в том, что на его основе хорошо оцениваются структура биоценозов и их энергетическое разнообразие (Розенберг, 2010). Индекс Шеннона обычно принимает значения из интервала 1.5–3.5, редко превышая 4.5 бит.

Обработку полученных экспериментальных данных осуществляли с использованием компьютерной программы Microsoft Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Древостой. На рис. 3 представлены возрастная динамика числа видов деревьев, составляющих древостой, и динамика индекса Шеннона, рассчитанного по абсолютной полноте древостоя.

Насаждение деревьев в среднем 50-летнего возраста возникло после лесного пожара, т. е. является постпирогенным. Об этом свидетельствует и большая доля древесных пород «пионеров» в составе древостоя – березы плосколистной и осины обыкновенной. Взаимное расположение графиков на рис. 3 указывает на положительную связь между числом видов и индексом Шеннона. Это частично объясняется направленным отбором модельных участков с доминированием кедра. Увеличение индекса Шеннона в период с 50 до 130 лет – следствие замены производных составляющих древостоя (березы и осины) на естественные спутники кедра – широколиственные виды (см. табл. 1). По мере перехода кедровника в фазу старовозрастного насаждения увеличиваются доля кедра и пихты и полнота насаждения, хвойные начинают доминировать. В 200-летнем насаждении на долю кедра и пихты приходится 80 % запаса насаждения, что отражается на уменьшении индекса Шеннона. Таким образом, выбранный индекс хорошо описывает изменение разнообразия видов древостоя во времени в кедрово-широколиственных лесах. Однако относительно низкое разнообразие древостоя ($H = 1.94$ бит) не всегда коррелирует с разнообразием других компонентов экосистемы.

Живой напочвенный покров. В табл. 2 представлены перечни видов и их проективные покрытия для четырех выбранных участков.

Максимальное число видов (29) отмечено в 200-летнем кедровнике, минимальное (20) – в

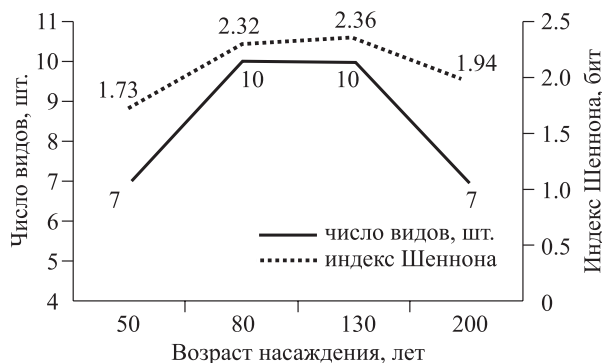


Рис. 3. Динамика биологического разнообразия древостоя кедровников с возрастом.

насаждении 130-летнего возраста. Общее проективное покрытие (ОПП), наоборот, минимально в старовозрастном кедровнике (8.3 %) и почти в 4 раза выше в 80-летнем насаждении. Вероятно, скачкообразное увеличение ОПП на интервале 50–80 лет связано с изменением породного состава древостоя, когда выпадают деревья «пионерных» видов. На участке с древостоем 80-летнего возраста в живом напочвенном покрове сильно доминируют *Anemonoides extremiorientalis* и *Hylomecon vernalis* (в сумме 72.8 % ОПП). Уменьшение ОПП к 200-летнему возрасту – результат увеличения полноты насаждения и, как следствие, уменьшения потока ФАР к поверхности почвы. Но даже при минимальном за весь период лесовосстановительной смены общем проективном покрытии в 8.3 % 200-летний кедровник восстанавливает свою естественную структуру во всех элементах фитоценоза, и здесь создаются благоприятные условия для произрастания таких характерных видов, как пион горный *Paeonia oreogeton*, щитовник толстокорневищный *Dryopteris crassirhizoma*, какалия ушастая *Cacalia auriculata*. На рис. 4 приведена динамика индекса Шеннона для видов живого напочвенного покрова.

Как известно, индекс биоразнообразия живого напочвенного покрова имеет положительную связь с числом видов и отрицательную – с проективным покрытием. «Провал» графика на участке 80 лет (см. рис. 4) – результат уменьшения выравненности в проективных покрытиях вследствие резкого доминирования двух указанных выше эфемероидов – *Anemonoides extremiorientalis* и *Hylomecon vernalis*.

При оценке биологического разнообразия живого напочвенного покрова в кедровых лесах для старовозрастного насаждения получены максимальные по всему возрастному ряду значения числа видов и индекса Шеннона и минимальное проективное покрытие. Старовозрастные кедровники Южного Сихотэ-Алиня, вероятно, являются аккумуляторами естественного биоразнообразия флоры травянистых растений среди насаждений всей кедровой формации.

Энтомофауна (под *Carabus*). За сезон 2015 г. в результате девяти сборов поймано 430 экз. жуужелиц, относящихся к 9 видам рода *Carabus*: *C. billbergi* Mann., *C. careniger* Chd., *C. granulatus* L., *C. maacki* Mor., *C. macleayi* Dej., *C. schrencki* Motsch., *C. smaragdinus* Fisch., *C. venustus* Mor., *C. vietinohoffi* Adams (рис. 5).

Таблица 2. Виды живого напочвенного покрова в кедровниках и их проективное покрытие (Пп)

50 лет			
Вид	Пп, %	Вид	Пп, %
<i>Achudemia japonica</i> Maxim.	0.10	<i>Convallaria keiskei</i> Miq.	0.90
<i>Thalictrum aquilegifolium</i> L.	2.44	<i>Hylomecon vernalis</i> Maxim.	0.12
<i>Anemonoides amurensis</i> Korsh.	1.57	<i>Lloydia triflora</i> Ledeb.	0.05
<i>Anemonoides udensis</i> Trautv. & C. A. Mey.	0.39	<i>Maianthemum bifolium</i> F. W. Schmidt	0.36
<i>Bupleurum longiradiatum</i> Turcz.	0.13	<i>Carex bostrichostigma</i> Maxim.	2.25
<i>Gagea nakaiana</i> Kitag.	0.13	<i>Carex campylorhuna</i> V. Krecz.	0.42
<i>Angelica dahurica</i> Fisch. ex Hoffm.	0.07	<i>Carex ussuriensis</i> Kom.	0.03
<i>Fragaria orientalis</i> Losinsk.	0.04	<i>Rabdosia excise</i> Hara.	0.03
<i>Oxalis acetosella</i> L.	0.04	<i>Galium davuricum</i> Turcz. ex Ledeb.	0.13
<i>Plagiorhegma dubia</i> Maxim.	0.35	<i>Smilacina hirta</i> Maxim.	0.30
<i>Athyrium filix-femina</i> L.	0.10	<i>Trigonotis radicans</i> Stev.	0.00
<i>Pseudostellaria sylvatica</i> Maxim.	0.01	<i>Viola collina</i> Bess.	0.02
<i>Filipendula palmata</i> Maxim.	0.82	<i>Corydalis ambigua</i> Cham. & Schlecht.	0.10
ОПП, %	10.90	Число видов	26
80 лет			
<i>Thalictrum filamentosum</i> Maxim.	0.60	<i>Lilium distichum</i> Nakai	0.13
<i>Lycopodioides helvetica</i> L.	0.03	<i>Lloydia triflora</i> Ledeb.	0.02
<i>Anemonoides amurensis</i> Korsh.	0.01	<i>Maianthemum bifolium</i> F. W. Schmidt	0.59
<i>Anemonoides extremiorientalis</i> Starod.	11.77	<i>Mitella nuda</i> L.	0.44
<i>Aruncus dioicus</i> Fern.	2.00	<i>Carex bostrichostigma</i> Maxim.	0.05
<i>Oxalis acetosella</i> L.	0.69	<i>Carex campylorhuna</i> V. Krecz.	0.27
<i>Asarum sieboldii</i> Miq.	0.07	<i>Carex ussuriensis</i> Kom.	0.00
<i>Plagiorhegma dubia</i> Maxim.	0.10	<i>Galium davuricum</i> Turcz. ex Ledeb.	0.01
<i>Pseudostellaria sylvatica</i> Maxim.	0.12	<i>Corydalis repens</i> Mandl & Muehld.	1.00
<i>Polygonatum involucreatum</i> Maxim.	0.27	<i>Corydalis ambigua</i> Cham. & Schlecht.	0.01
<i>Filipendula palmata</i> Maxim.	0.10	<i>Lathyrus humilis</i> Fisch.	0.13
<i>Convallaria keiskei</i> Miq.	0.03	<i>Pseudocystopteris spinulosa</i> Ching	0.07
<i>Hylomecon vernalis</i> Maxim.	10.87	<i>Dryopteris crassirhizoma</i> Nakai	1.70
ОПП, %	31.08	Число видов	26
130 лет			
<i>Thalictrum filamentosum</i> Maxim.	0.53	<i>Lloydia triflora</i> Ledeb.	0.01
<i>Selaginella helvetica</i> Spring	0.00	<i>Maianthemum bifolium</i> F. W. Schmidt	1.60
<i>Anemonoides amurensis</i> Korsh.	1.11	<i>Osmundastrum asiaticum</i> Tagawa	0.40
<i>Anemonoides extremiorientalis</i> Starod.	0.90	<i>Carex bostrichostigma</i> Maxim.	0.34
<i>Anemonoides udensis</i> Trautv. & C. A. Mey.	0.33	<i>Carex campylorhuna</i> V. Krecz.	2.00
<i>Oxalis acetosella</i> L.	0.33	<i>Carex ussuriensis</i> Kom.	0.52
<i>Asarum sieboldii</i> Miq.	0.10	<i>Galium davuricum</i> Turcz. ex Ledeb.	0.11
<i>Plagiorhegma dubia</i> Maxim.	0.94	<i>Trigonotis radicans</i> Stev.	0.06
<i>Pseudostellaria sylvatica</i> Maxim.	0.07	<i>Corydalis repens</i> Mandl & Muehld.	0.05
<i>Convallaria keiskei</i> Miq.	1.35	<i>Lathyrus humilis</i> Fisch.	0.03
ОПП, %	10.78	Число видов	20
200 лет			
<i>Thalictrum filamentosum</i> Maxim.	0.86	<i>Mitella nuda</i> L.	0.13
<i>Adoxa moschatelliana</i> L.	0.02	<i>Carex campylorhuna</i> V. Krecz.	0.54
<i>Anemonoides amurensis</i> Korsh.	0.59	<i>Carex bostrichostigma</i> Maxim.	0.26
<i>Vicia subrotunda</i> Czefr.	0.02	<i>Carex siderosticha</i> Hance	0.04
<i>Bupleurum longiradiatum</i> Turcz.	0.05	<i>Carex ussuriensis</i> Kom.	2.57
<i>Cacalia auriculata</i> DC.	0.07	<i>Lycopodioides helvetica</i> L.	0.00
<i>Oxalis acetosella</i> L.	0.47	<i>Galium davuricum</i> Turcz. ex Ledeb.	0.00
<i>Asarum sieboldii</i> Miq.	0.15	<i>Aegopodium alpestre</i> Ledeb.	0.06
<i>Plagiorhegma dubia</i> Maxim.	0.31	<i>Trigonotis radicans</i> Stev.	0.04
<i>Pseudostellaria sylvatica</i> Maxim.	0.02	<i>Viola collina</i> Bess.	0.07
<i>Polygonatum involucreatum</i> Maxim.	0.13	<i>Equisetum hyemale</i> L.	0.25
<i>Convallaria keiskei</i> Miq.	0.04	<i>Gymnocarpium dryopteris</i> Newm.	0.21
<i>Hylomecon vernalis</i> Maxim.	0.27	<i>Dryopteris crassirhizoma</i> Nakai	0.04
<i>Lloydia triflora</i> Ledeb.	0.00	<i>Paeonia oreogeton</i> S. Moore	0.20
<i>Maianthemum bifolium</i> F. W. Schmidt	0.94		
ОПП, %	8.35	Число видов	29

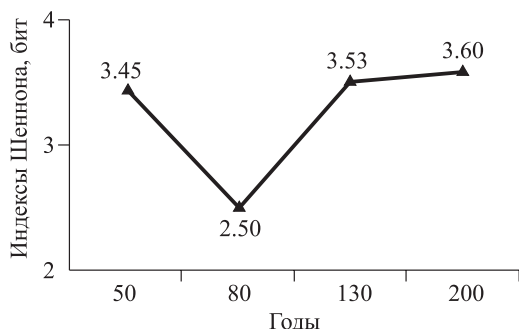


Рис. 4. Индексы Шеннона, рассчитанные для видов живого напочвенного покрова в кедровниках разного возраста.

Особенности сезонной динамики жуужелиц на лесном участке Приморской ГСХА рассмотрены в работе А. В. Иванова с соавторами (2015).

Динамика количества отловленных видов и общего числа особей по возрастному ряду насаждений приведена на рис. 6.

При анализе значимости различий с помощью *t*-критерия Стьюдента ($p = 0.05$) выявлено, что различия в общем числе видов значимы для кедровников 50 и 200 лет, а в среднем числе особей – для кедровников 50 и 200 лет, 80 и 200 лет.

Линии графиков на рис. 6 имеют выраженный тренд подъема: в процессе восстановительной смены кедрово-широколиственного леса после нарушения пирогенного характера биоразнообразия, оцениваемое как по числу видов, так и по числу особей, увеличивается. Наилучшие условия для устойчивого существования популяций жуужелиц формируются в старовозрастных кедровниках. Немаловажным фактором, лимитирующим активность и численность жуужелиц, является интенсивность освещения. Высокополнотное насаждение ($G = 61.5 \text{ м}^2/\text{га}$) с доминированием хвойных видов и минималь-

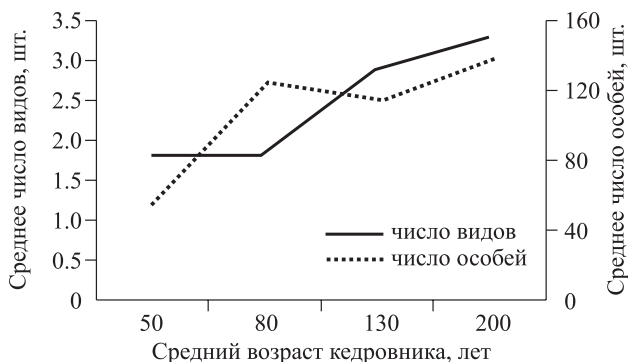


Рис. 6. Динамика показателей биологического разнообразия *Carabus* (левая ось – среднее по датам сбора число видов, правая – общее число особей за весь период).



Рис. 5. Сборы жуужелиц рода *Carabus*. *C. smaragdinus* Fisch. (8 экз.) и *C. schrencki* Motsch. (2 экз. – крайние слева и справа в нижнем ряду)

ной освещенностью под пологом является наиболее подходящим местообитанием для жуужелиц. Это, вероятно, связано с параметрами лесных подстилок в старовозрастных кедровниках, которым свойственны максимальные мощность, запас и влагоемкость (Иванов, 2015).

Средний индекс Шеннона за весь период сбора насекомых непрерывно возрастает с увеличением возраста насаждения (рис. 7).

Динамика индекса Шеннона имеет тренд, аналогичный трендам числа видов и числа особей жуужелиц. Различия между средними значениями индекса Шеннона являются статистически значимыми между кедровниками 50 и 200 лет при $p = 0.05$. Следует отметить, что такие виды, как *C. schrencki*, *C. taacki* и *C. Macleayi*, преимущественно встречались в 200-летнем

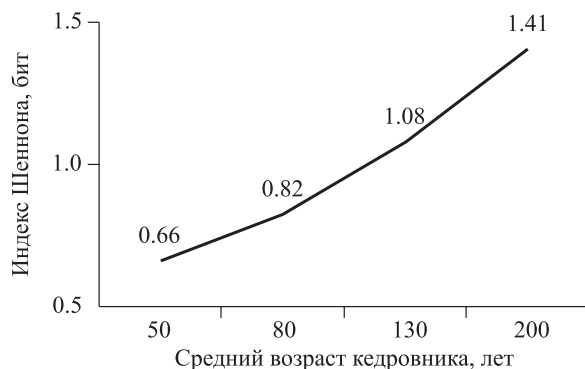


Рис. 7. Возрастная динамика индекса Шеннона для видов рода *Carabus*.

насаждении, поэтому, на наш взгляд, их индикаторная роль при выявлении ценности кедрово-широколиственных лесов наиболее велика. В целом биологическое разнообразие жужелиц в кедрово-широколиственных лесах разного возраста в условиях Южного Сихотэ-Алиня находится в тесной связи с общим биоразнообразием экосистем и может выступать одним из его количественных индикаторов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Биологическое разнообразие кедровых лесов на юге Приморского края может быть оценено с помощью таких индикаторов, как разнообразие живого напочвенного покрова и разнообразие видов жужелиц рода *Carabus*. Оценки по числу видов, числу особей и индексу Шеннона хотя и являются независимыми друг от друга, но для рассматриваемых экосистем, вероятно, имеют положительную корреляцию с возрастом кедровника, за исключением общего проективного покрытия живого напочвенного покрова, которое достигает минимального значения в старовозрастном насаждении. Для получения статистически значимой связи показателей биоразнообразия с возрастом лесного насаждения при дальнейших исследованиях будут введены повторности по группам возраста. Выполненная работа позволяет сформулировать гипотезу о том, что наибольшую ценность с позиции охраны видового биоразнообразия имеет кедрово-широколиственное насаждение в возрасте 200 лет. Такие виды жужелиц, как *Carabus schrencki* Motschulsky, *Carabus taacki* Morawitz и *Carabus macleayi* Dejean, могут быть индикаторами ценности кедровых лесов в регионе.

Работа выполнена при поддержке Амурского филиала Всемирного фонда дикой природы (WWF). Авторы выражают благодарность Мартину Брауну (Университет ВОКУ, Вена, Австрия) за ценные советы и помощь в подготовке статьи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Белоусов И. А., Кабак И. И., Нахибашева Г. М., Мухтарова Г. М. Оценка биоразнообразия жуков семейства жужелиц (Coleoptera, Carabidae) Восточного Кавказа на основе индексов видового богатства с использованием баз данных // Науч. журн. КубГАУ. 2012. № 83(09). С. 377–401.
- Бузук Г. Н., Созинов О. В. Методы учета проективного покрытия растений: сравнительная оценка с использованием фотоплощадок // Изв. Самарск. науч. центра РАН. 2014. Т. 16. № 5(5). С. 1644–1649.
- Вайс А. А. Оценка биоразнообразия лесных участков пригородной зеленой зоны г. Красноярск // Вестн. КрасГАУ. 2012. № 5. С. 216–221.
- Гиляров М. С. Индикационное значение почвенных животных при работах по почвоведению, геоботанике и охране среды // Проблемы и методы биологической диагностики и индикации почв: тр. Всесоюз. совещ., МГУ, 22–24 декабря 1976 г. М.: Изд-во Московск. ун-та, 1976. С. 9–18.
- Дикарева Т. В., Леонова Н. Б. Фиторазнообразие сопки Каркаралинского национального парка (Республика Казахстан) // Аридные экосистемы. 2014. Т. 20. № 4(61). С. 105–114.
- Загидуллина А. Т., Коткова В. М., Кушневская А. В., Глушкова Н. Б. Некоторые результаты выявления участков биологически ценных лесов в западной и центральной частях Ленинградской области и предложения по их охране // Тр. СПбНИИ лесн. хоз-ва. 2015. № 4. С. 4–18.
- Замолодчиков Д. Г., Иванов А. В. Запасы и потоки углерода в лесах Уссурийского лесничества согласно оценке по системе РОБУЛ // Агр. вестн. Приморья. 2016. № 1. С. 12–15.
- Замолодчиков Д. Г., Честных О. В., Уткин А. И. Пулы и потоки углерода лесов Дальневосточного федерального округа // Хвойные бореальной зоны. 2006. Т. XXIII. № 3. С. 21–30.
- Иванов А. В. Запасы лесных подстилок в кедрово-широколиственных лесах Южного Сихотэ-Алиня // Сиб. лесн. журн. 2015. № 5. С. 87–95.
- Иванов А. В., Варенцов В. Е., Приходько О. Ю., Посохова Е. А. Представители рода *Carabus* как индикаторы биологического разнообразия хвойно-широколиственных лесов // Вестн. ИрГСХА. 2015. Вып. 69. С. 58–65.
- Иванов А. В., Кисиленко Д. С. Рост лесных культур сосны кедровой корейской в Уссурийском лесничестве Приморского края // Проблемы устойчивого управления лесами Сибири и Дальнего Востока: мат-лы Всерос. конф. с междунар. участием / Отв. ред. А. П. Ковалев. Хабаровск: ФБУ «ДальНИИЛХ», 2014. С. 235–238.
- Исаев А. С., Носова Л. М., Пузаченко Ю. Г. Биологическое разнообразие лесов России // Биологическое разнообразие лесных экосистем: сб. ст. по мат-лам Всерос. совещ., Москва, ноябрь 1995 г. М.: Междунар. ин-т леса, 1995. С. 3–10.
- Коваленко И. Н. Биоразнообразие растений нижних ярусов лесных экосистем как предпосылка их устойчивости // Вестн. Костромск. гос. ун-та. 2014. Т. 20. № 4. С. 41–44.
- Комин А. Э., Усов В. Н., Иванов А. В. Перспективы развития Приморской государственной сельскохозяйственной академии в направлении подготовки специалистов лесного профиля // Вестн. ИрГСХА. 2013. Вып. 58. С. 158–163.
- Кривец С. А., Бисирова Л. М., Чернова Н. А., Пац Е. Н., Керчев И. А. Комплексная характеристика биологического разнообразия кедровых лесов на южном

- пределе их распространения в Западной Сибири // Вестн. Томск. гос. ун-та. Биол. 2014. № 2(26). С. 130–150.
- Криволицкий Д. А.* Почвенные животные как биоиндикатор при экологическом нормировании нарушений природной среды // Проблемы почвенной зоологии. Минск: Наука и техника, 1978. С. 123–124.
- Кудинов А. И.* Широколиственно-кедровые леса Южного Приморья и их динамика. Владивосток: Дальнаука, 2004. 369 с.
- Лафер Г. Ш.* Семейство Carabidae – Жуужелицы // Определитель насекомых Дальнего Востока СССР. Т. 3. Жесткокрылые, или жуки. Ч. 1. Л.: Наука. Ленингр. отделение, 1989. С. 71–222.
- Лебедева Н. В.* Измерение и оценка биологического разнообразия. Ч. 2. Ростов н/Д: УПЛ РГУ, 1999. 41 с.
- Лебедева Н. В., Дроздов Н. Н., Криволицкий Д. А.* Биологическое разнообразие и методы его оценки. М.: Изд-во Московск. ун-та, 1999. 94 с.
- Лукина Н. В., Исаев А. С., Крышень А. М., Онучин А. А., Сирин А. А., Гагарин Ю. Н., Барталев С. А.* Приоритетные направления развития лесной науки как основы устойчивого управления лесами // Лесоведение. 2015. № 4. С. 243–254.
- Манько Ю. И., Кудинов А. И., Гладкова Г. А., Жабыко Е. В., Бутовец Г. Н., Орехова Т. П.* Леса заповедника «Уссурийский»: мониторинг динамики / Отв. ред. Ю. И. Манько. Владивосток: Дальнаука, 2010. 224 с.
- Пикунов Д. Г.* Ареал и численность амурского тигра на Дальнем Востоке России // Успехи наук о жизни. 2014. № 9. С. 141–149.
- Розенберг Г. С.* Информационный индекс и разнообразие: Больцман, Котельников, Шеннон, Уивер // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2010. Т. 19. № 2. С. 4–25.
- Семаль В. А.* Свойства почв южной части Сихотэ-Алиня (на примере Уссурийского заповедника) // Почвоведение. 2010. № 3. С. 303–312.
- Сосудистые растения советского Дальнего Востока: Плауновидные, Хвощевидные, Папоротниковидные, Голосеменные, Покрытосеменные (Цветковые). В 8 томах. Т. 1–8 / Отв. ред. С. С. Харкевич. СПб.: Наука, 1985–1996.
- Суходольская Р. А., Савельев А. А.* Влияние экологических факторов на размерные признаки жуужелицы *Carabus granulatus* L. (Coleoptera, Carabidae) // Экология. 2014. № 5. С. 369–375.
- Barlow J., Gardner T. A., Araujo I. S., Avila-Pires T. C., Bonaldo A. B., Costa J. E., Esposito M. C., Ferreira L. V., Hawes J., Hernandez M. I. M., Hoogmoed M. S., Leite R. N., Lo-Man-Hung N. F., Malcolm J. R., Martins M. B., Mestre L. A. M., Miranda-Santos R., Nunes-Gutjahr A. L., Overal W. L., Parry L., Peters S. L., Ribeiro-Junior M. A., da Silva M. N. F., da Silva Motta C., Peres C. A.* Quantifying the biodiversity value of tropical primary, secondary, and plantation forests // PNAS. 2007. V. 104. N. 47. P. 18 555–18 560.
- Bässler C., Förster B., Moning C., Müller J.* The BIOKLIM project: biodiversity research between climate change and wilding in a temperate montane forest – the conceptual framework // Waldökologie, Landschaftsforschung und Naturschutz (For. Ecol., Landscape Res. & Nat. Conserv.). 2009. Heft (Iss.) 7. P. 21–33.
- Buckland S. T., Johnston A.* Monitoring the biodiversity of regions: key principles and possible pitfalls // Biol. Conserv. 2017. V. 214. P. 23–34.
- Dikareva T. V., Leonova N. B.* Phytocoenotic diversity in the piedmont regions of the Karkaraly National Park (Republic of Kazakhstan) // Arid Ecosystems. 2014. V. 4. Iss. 4. P. 309–316 (Original Russian Text © T. V. Dikareva, N B. Leonova, 2014, publ. in Aridnye Ekosistemy. 2014. V. 4. N. 4. P. 125–135).
- Lähtinen K., Guan Y., Li N., Toppinen A.* Biodiversity and ecosystem services in supply chain management in the global forest industry // Ecosystem Services. 2016. V. 1. Pt. A. P. 130–140.
- Mazziotta A., Heilmann-Clausen J., Henrik Bruun H. H., Fritz Ö., Aude E., Tøttrup A. P.* Restoring hydrology and old-growth structures in a former production forest: modelling the long-term effects on biodiversity // For. Ecol. Manag. 2016. V. 381. N. 1. P. 125–133.
- Semal' V. A.* Properties of soils in Southern Sikhote-Alin using the example of the Ussuri Reserve // Euras. Soil Sci. 2010. V. 43. Iss. 3. P. 278–286 (Original Russian Text © V. A. Semal', 2010, publ. in Pochvovedenie. 2010. N. 3. P. 303–312).
- Spies T.* New findings about old-growth forests. Pacific Northwest Research Station Science Update. U.S. Dpt. Agr., For. Serv., PNW Res. St., June 2003. Iss. 4. 12 p.
- Sukhodolskaya R. A., Saveliev A. A.* Effects of ecological factors on size-related traits in the ground beetle *Carabus granulatus* L. (Coleoptera, Carabidae) // Rus. J. Ecol. 2014. V. 45. Iss. 5. P. 414–420 (Original Russian Text © R. A. Sukhodolskaya, A. A. Saveliev, 2014, publ. in Ekologiya. 2014. N. 5. P. 369–375).
- Thom D., Rammer W., Dirnböck T., Müller J., Kobler J., Katzensteiner K., Helm N., Seidl R.* The impacts of climate change and disturbance on spatio-temporal trajectories of biodiversity in a temperate forest landscape // J. Appl. Ecol. 2016. V. 54. Iss. 1. P. 28–38.
- Turak E., Brazill-Boas J., Cooney T., Drielsma M., Delacruz J., Dunkerley G., Fernandez M., Ferrier S., Gill M., Jones H., Koen T., Leys J., McGeoch M., Mihoub J.-B., Scanes P., Schmeller D., Williams K.* Using the essential biodiversity variables framework to measure biodiversity change at national scale // Biol. Conserv. 2017. V. 213. Pt B. P. 264–271.
- Vihervaara P., Auvinen A.-P., Mononen L., Törmä M., Ahlroth P., Anttila S., Böttcher K., Forsius M., Heino J., Heliölä J., Koskelainen M., Kuussaari M., Meissner K., Ojala O., Tuominen S., Viitasalo M., Virkkala R.* How Essential Biodiversity Variables and remote sensing can help national biodiversity monitoring // Global Ecol. Conserv. 2017. V. 10. P. 43–59.

ASSESSMENT OF SPECIES DIVERSITY OF PLANTS AND CARABID BEETLES AT SAMPLE PLOTS IN KOREAN PINE-BROAD-LEAVED STANDS OF POSTFIRE ORIGIN

A. V. Ivanov, S. V. Gamaeva, E. V. Panfilova

Primorsky State Academy of Agriculture

Prospekt Blukhera, 44, Ussuriisk, Primorsky Krai, 692510 Russian Federation

E-mail: aleksandr86@mail.ru, gamaeva56@mail.ru, kato_27_1998@mail.ru

For natural pine forests in the southern part of the Primorsky Krai, an assessment of biological diversity has been performed based on the results of descriptions of valuable tree species, living ground cover and carabid beetles *Carabus*. Field work was carried out on the trial plots laid in the forest plantations of the pine and broad-leaved forest with the domination of Korean pine *Pinus koraiensis* Siebold & Zucc. Model sites contained a chronological sequence of development of forest plantations of fresh small-grass and different-bush type on the interval of age 50–200 years. In the process of reforestation, a decrease in the total projective coverage of living ground cover was observed, while the number of species characteristic for natural pine forests, as well as their leveling, increased at the same time. By the age of 200 years species richness and leveling of the number of ground beetle species have reached a maximum. Statistically significant difference was found between the total number of caught insects in the plantations of 50 and 200, 80 and 200 years. The most valuable in terms of biological diversity are the old-growth pine forests. A conclusion was made about the value of this group of forests for the protection of valuable communities and habitats of species. Among ground beetle species *Carabus schrencki* Motschulsky, *Carabus maacki* Morawitz and *Carabus macleayi* Dejean can serve as an indicator of forest value. With a minimum total projective coverage (8.3 %), 200-year-old pine forests are favorable for the growth of such characteristic species as the mountain peony *Paeonia oreogeton* S. Moore, pale-mountain *Dryopteris crassirhizoma* Nakai, and the Pale Indian Plantain *Cacalia auriculata* H. Rob. & Brettell. On this site the Shannon index of species of living ground cover was 3.6, the *Carabus* species is 1.4.

Keywords: *biological diversity, Korean pine, living ground cover, carabid beetles, Shannon index, forest value, Primorsky Krai.*

How to cite: *Ivanov A. V., Gamaeva S. V., Panfilova E. V. Assessment of species diversity of plants and carabid beetles at sample plots in Korean pine-broad-leaved stands of postfire origin // Sibirskij Lesnoj Zurnal (Sib. J. For. Sci.). 2018. N. 3: 73–82 (in Russian with English abstract).*