

УДК 630\*182:633.877.3

## ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ МЕЖДУ ДЕРЕВЬЯМИ СОСНЫ, ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ НИШИ И ЗАКОН ЗОЛОТОГО СЕЧЕНИЯ

Рогозин М.В.

Пермский государственный аграрно-технологический университет  
имени академика Д.Н. Прянишникова, Пермь, e-mail: rog-mikhail@yandex.ru

В 184-летнем насаждении сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) на площади 2,2 га изучена структура яруса сосны с измерением диаметров 735 деревьев, которые нанесли на план с точностью  $\pm 10\text{--}35$  см и оцифровывали в программе ArcMap. У дерева измеряли окружность ствола и рассчитывали диаметр с округлением  $\pm 0,1$  см. Высота определена по 149, а возраст по кернам от 21 дерева. Таксационные показатели: высота 32,8 м, полнота 0,93, запас древесины 635 м<sup>3</sup>/га. Пространственный анализ включал градуировку взаимодействия деревьев по расстояниям между ними. Использовали  $\frac{1}{2}$  от «среднего» расстояния 5,47 м (2,7 м) и деревья-соседи с таким и меньшим расстоянием относили к биогруппам; «среднее» расстояние рассчитывали по площади питания одного дерева, равной 29,9 м<sup>2</sup>. Далее в парах деревьев-соседей относили диаметр большего дерева к меньшему ( $D_{\max}/D_{\min}$ ). Оказалось, что если рассматривать деревья в концепции экологической ниши и считать их организмами, то полученные средние отношения  $D_{\max}/D_{\min}$  совпадают с «постоянной Хатчинсона», равной 1,3. Если же взять отношение квадратов диаметров ( $D_{\max}^2/D_{\min}^2$ ), то оно статистически совпадает с золотым сечением, равным 1,618; в случайных парах оно было достоверно больше. Кроме того известно, что правые и левые формы по филлотаксису хвои также стремятся к золотому сечению, выраженному в долях целого (0,618:0,382). Это обеспечивает популяции устойчивость при изменении условий среды в пользу правых или левых форм, имеющих противоположные адаптивные предпочтения. Обнаружение таких биологических констант указывает на гомеостаз и гармонию внутри лесного насаждения. Они могут служить объективным критерием для оценки правильности выращивания искусственных и естественных лесов.

**Ключевые слова:** лесные насаждения, структура, экологические ниши, биологические константы

## SPATIAL INTERACTION OF TREES, ECOLOGICAL NICHES AND THE LAW OF THE GOLDEN SECTION

Rogozin M.V.

Perm State Agrarian and Technological University named after academician D.N. Pryanishnikov, Perm,  
e-mail: rog-mikhail@yandex.ru

In the 184-year-old plantation of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) on the area of 2.2 ha, the structure of the pine tier was studied with the measurement of the diameters of 735 trees, which were plotted with an accuracy of  $\pm 10\text{--}35$  cm and digitized in the ArcMap program. The tree measured the circumference of the barrel and the diameter was calculated with rounding to  $\pm 0.1$  cm determined for 149, and the age for cores from 21 trees. Taxation indicators: height 32.8 m, completeness 0.93, wood stock 635 m<sup>3</sup>/ha. Spatial analysis included grading the interaction of trees by the distances between them.  $\frac{1}{2}$  Of the «average» distance of 5.47 m (2.7 m) was used, and neighboring trees with such and smaller distance were assigned to biogroups; the «average» distance was calculated from the area of 1 tree feeding equal to 29.9 m<sup>2</sup>. Further, in pairs of neighboring trees, the diameter of a large tree was attributed to a smaller one ( $L_{\max}/L_{\min}$ ). It turned out that if we consider the trees in the concept of ecological niche and consider them as organisms, the obtained average ratios of  $D_{\max}/D_{\min}$  coincide with the «Hutchinson constant», equal to 1.3. If you take the ratio of the squares of the diameters ( $D_{\max}^2/D_{\min}^2$ ), it is statistically identical to the Golden ratio, equal to 1.618; in random pairs it was significantly more. In addition, it is known that the right and left forms of needles phyllotaxis also tend to the Golden section, expressed in fractions of the whole (0.618:0.382). It provides population stability under changing environmental conditions in favor of right-wing or left-wing forms, which are the opposite of adaptive preferences. The detection of such biological constants indicates homeostasis and harmony within the forest plantation. They can serve as unbiased criterion for assessing the correctness of the cultivation of artificial and natural forests.

**Keywords:** forest plantings, structure, ecological niche, biological constants

Золотое сечение обнаруживается через сопоставление частей целого. Например, популяции сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) и ели европейской (*Picea excelsa* L.) оказались двойственными и представлены популяциями-изомерами – *правыми* и *левыми* формами по филлотаксису хвои. Их частоты не выходят за пределы соотношения 62:38, что оказалось близко к золотому сечению 0,618:0,382. Такая их

частота обеспечивает гомеостаз популяций при изменении условий в пользу правых или в пользу левых форм, имеющих разные адаптивные предпочтения к влажности, свету и конкуренции. В оптимальных условиях их частота стремится к соотношению 0,50:0,50. Эти формы генетически различны – ДНК-анализ показал их достоверные отличия по наблюдаемой гетерозиготности [1, 2].

Лесные фитоценозы позиционируются обычно как сообщества растений, объединенных борьбой за существование [3], и конкурентная парадигма для них доминировала весь XX век. Однако отмечаются факты срастания корневых систем [4, 5], которые говорят о том, что насаждение является системой с кооперацией питания деревьев, причем в жестких условиях процесс идет активнее. Эти явления показывают, что «...сообщество древесных растений построено на единстве процессов конкуренции и кооперации» [6], и они были известны уже давно [4], однако это никак не поколебало доминанту конкуренции между деревьями и воспринималось скорее как исключение.

В древостоях отмечены и другие феномены в виде устойчивых структур (био групп), состоящих из территориально сближенных деревьев. Эти структуры устойчивы во времени [7], а размеры деревьев в них не отличаются от размеров более свободно растущих деревьев, причем даже в перестойных насаждениях в них продолжают расти 40% деревьев [8]. Повидимому, в них проявляется «эффект группы» или принцип агрегации особей Олли, согласно которому «...у особей в группе повышается устойчивость к неблагоприятным факторам, поскольку в группе их контакт со средой меньше, и она изменяет микросреду в благоприятном для себя направлении» [9, с. 19].

Однако в био группах обнаруживаются и другие эффекты. В 1999 г. была опубликована во многом знаковая работа В.М. Горячева [10], где было показано, что при регистрации еженедельного увеличения окружности ствола, т.е. динамики прироста в течение вегетации, пики прироста деревьев в био группах оказались разнесены во времени на 1–2 недели, тогда как у деревьев, располагавшихся в отдалении, они часто совпадали. Это позволяет рассматривать близко соседствующие деревья как организмы, минеральное питание которых разнесено во времени и в пространстве, а это значит, что к ним применимы правила и законы экологии, включая экологические ниши Мак-Артура [11].

Мы изучали рост сосны в 184-летнем насаждении, которое показало, что расстояние до ближнего соседа очень слабо повлияло на диаметр деревьев-соседей при корреляции  $r = 0,148 \pm 0,063$ , и сила влияния расстояния на средний диаметр этой пары деревьев оказалась всего лишь

4% [12]. Это позволяет считать, что в старых насаждениях конкурентное давление деревьев-соседей снижается до исчезающе малых величин. Поэтому можно попытаться найти показатели, отражающие их кооперацию между собой. О таком поиске начали говорить в связи с тем, что модели структуры древостоев, построенные на эмпирическом подходе, методологически исчерпали себя и нужны исследования на принципиально иной основе – биотектонике, где используют естественные системы пропорций [13]. В ней главное место занимает Золотое сечение, с округлением равное 1,618 (или соотношение части и целого 0,618:0,382), представляющее собой константу, но константу не явную, а глубоко скрытую от поверхностных наблюдений. Она лежит в основе множества структур биоты, является геометрическим выражением жизни и не довлеет над другими пропорциями, а присутствует вместе с ними [14].

Наши работы по взаимодействию деревьев сосны в старых высокополнотных насаждениях сосны [12] показали, что в соседствующих парах деревьев на расстояниях 84–450 см корреляция диаметра более крупного дерева с его малым соседом была равна  $r = 0,52 \pm 0,037$ , тогда как с увеличением расстояний до 451–800 см она снижалась до  $r = 0,27 \pm 0,10$ . Это свидетельствует о том, что чем ближе расстояние между деревьями, тем выше их кооперация и партнерство и тем слабее конкуренция.

Это явление, наблюдаемое в микроценозах (био группах), оказывается противоположным известному отрицательному влиянию повышенной густоты *макроценоза* (древостоя в целом) на размеры деревьев в спелом возрасте, на смену которому в микроценозах приходит взаимная толерантность и партнерство деревьев.

Цель исследования: в спелом насаждении выяснить, как соотносятся диаметры деревьев-соседей и проявляется ли в этом отношении закон золотого сечения.

#### Материалы и методы исследования

Объектом работ был выбран массив сосны обыкновенной в лесах г. Перми, в кв. 61 Нижне-Курьинского участкового лесничества, где сохранились крупные деревья с диаметрами до 68 см. Древостой оставляет очень хорошее впечатление; его структура не нарушена, так как в нем проводили только санитарные руб-

ки, и вывозку древесины от них осуществляли по просветам между деревьями. История поселения сосны здесь оказалась связана со сплошной рубкой леса и выжиганием древесного угля на этой территории в 1820-е гг., о чем свидетельствовали специфические места с наличием небольших ям группами по 3–4 шт., а также ям от бывших землянок, где жили углежогы. В 2003 г. (16 лет назад) здесь прошел ветровал с повреждением 7% деревьев.

В массиве заложили две пробные площади: участок «Южный» и участок «Северный» общей площадью 2,2 га, примыкающие друг к другу, где 735 шт. деревьев, нанесли на план в масштабе 1:100 с точностью  $\pm 10$ –35 см. У дерева измеряли окружность ствола и расчетным путем определяли диаметр с округлением до  $\pm 0,1$  см. Высота яруса определена по 149 деревьям, а возраст по кернам древесины у 21 дерева. План расположения деревьев был оцифрован в программе ArcMap. Таксация насаждений в 2017 г. показала следующее.

Участок «Южный» – площадь 1,108 га, состав 10С ед.Е, возраст 184 года, средняя высота 32,1 м, средний диаметр 39,8 см, тип леса сосняк кисличниковый с преобладанием 70% черники и 30% брусники, класс бонитета 1, абсолютная полнота 42,8 м<sup>2</sup>/га, относительная полнота 0,91, запас 614 м<sup>3</sup>/га. Если учесть 29 ветровальных деревьев, то по отношению к ныне живым (376 шт.) их число, полнота и запас древостоя могли бы увеличиться на 7,7% и составить 660 м<sup>3</sup>/га при полноте 0,98. Текущая густота 344 шт/га.

Участок «Северный» – площадь 1,109 га, имеет тот же состав, возраст и близкий тип леса, но с явным преобладанием черники (95%), что свидетельствует о несколько более влажных условиях. Средняя высота 33,5 м, средний диаметр 42,1 см. Густота древостоя меньше на 6%, но полнота 0,95 и запас 655 м<sup>3</sup>/га. Если же учесть 23 ветровальных дерева, то по отношению к ныне живым (359 шт.) их число, полнота и запас могли бы увеличиться на 6,5% и составить 700 м<sup>3</sup>/га при полноте 1,01. Текущая густота здесь 324 шт/га.

Анализ данных включал оценку взаимодействия деревьев по расстояниям между ними. Для выделения биогрупп сделали расчет средней площади питания дерева, исходя из площади 2,2 га и общего числа деревьев на ней 735 шт., которая оказалась равной 29,9 м<sup>2</sup>. Квадратный корень из нее дает расстояние 5,47 м, и рас-

стояние в  $\frac{1}{2}$  от него и с округлением равное 2,7 м было принято в качестве критерия выделения биогрупп. Измерения расстояний между центрами оснований стволов проводились на плане с округлением до 0,01 м и далее обрабатывали принятыми методами биометрии.

#### Результаты исследования и их обсуждение

В насаждении было обнаружено 137 биогрупп, где расстояние между деревьями составляло 84–270 см, и они включали в себя от 2 до 5 деревьев. В них из 735 находится 297 ныне живых деревьев или 40,4% (рисунок).

На участке «Северный» средний диаметр деревьев в биогруппах был равен  $40,85 \pm 0,72$  см, что несколько меньше, чем в древостое ( $41,25 \pm 0,43$  см), однако различие в 1,0% оказалось недостоверно. На участке «Южный» аналогичные средние диаметры оказались практически равны ( $39,02 \pm 0,62$  и  $39,10 \pm 0,39$  см).

Чтобы понять результат длительного взаимодействия деревьев в биогруппах, было использовано отношение  $D_{\max}/D_{\min}$ , где  $D_{\max}$  – диаметр большего дерева в паре и  $D_{\min}$  – меньшего. Для анализа использовали биогруппы только из двух деревьев, которых было большинство. Полученное отношение сравнивали с «контрольным» отношением, которое рассчитывали для каждого дерева биогруппы, составляя пару с его ближним соседом. Выдвинули гипотезу, что если отношение  $D_{\max}/D_{\min}$  будет выше в биогруппах, то в них будет и более сильная конкуренция. Для ее проверки на участке «Южный» сформировали выборку из 56 биогрупп, а также контроль из такого же числа соседних пар (табл. 1).



*Биогруппы в 184-летнем сосняке из средних и крупных деревьев*

Таблица 1

Показатели деревьев в биогруппах и контроле (по [12])

Показатели	Статистики					
	число наблюдений, шт.	среднее	ошибка среднего	вариация, %	min	max
Биогруппы из двух деревьев						
Диаметр, см	112	39,0	0,76	20,6	24	65
Расстояние, см	56	195	7,0	26,8	84	271
Д <sub>max</sub> /Д <sub>min</sub>	56	1,272	0,030	20,1	1,01	2,14
Контрольные пары деревьев-соседей						
Диаметр, см	112	39,2	0,70	18,9	25	63
Расстояние, см	112	525	19,0	38,4	126	1427
Д <sub>max</sub> /Д <sub>min</sub>	112	1,274	0,022	18,2	1,00	2,29

Сравнение полученных выборок показало, что средние диаметры в них почти одинаковы: соответственно 39,0 и 39,2 см в биогруппах и в контроле, несмотря на громадные различия в среднем расстоянии между деревьями – 195 и 525 см. Сокращение расстояния составило  $525 / 195 = 2,7$  раза. Считая, что взаимодействие между деревьями пропорционально квадрату расстояния, получаем его усиление в  $2,7^2 \approx 7$  раз. Однако отношения  $D_{max} / D_{min}$  оказались практически равны: 1,272 и 1,274. Получается явный парадокс – при усилении взаимодействия в 7 раз деревья почему-то совершенно не реагировали на это, что подтвердило наши предположения о резком снижении конкуренции.

Между тем взаимодействие деревьев можно рассматривать и в совершенно ином аспекте – в концепции экологической ниши [12]. Можно сравнить полученное в табл. 1 отношение  $D_{max}/D_{min}$  с так называемой «постоянной Хатчинсона», предложенной в 1959 г. для оценки конкуренции симпатрических видов фауны, занимающих разные ниши в пределах одного местообитания. Ее значение рассчитывается отношением размеров тела более крупных видов к соседствующим мелким видам; при минимальной конкуренции для массы тела она равна 2.0 и для линейных размеров тела мелких животных и насекомых ее значение равно 1,3. При таком ее значении конкуренция минимальна, и виды прекрасно сосуществуют вместе [11].

По аналогии можно считать, что деревья-соседи – это разные организмы, по-разному питающиеся ресурсами среды и разделяющие их между собой по времени питания и по территории. Это положение доказал В.М. Горячев [10], который

выяснил, что в биогруппах деревьев пики их радиального прироста, а следовательно, и пики их минерального питания были разнесены во времени на 1–2 недели, тогда как у деревьев, растущих в отдалении, они наступали синхронно. При округлении полученного нами  $D_{max}/D_{min}$  получаем значение  $1.274 \approx 1,3$ . Если же взять не диаметры, а площади сечений, как более точную характеристику размера дерева, и рассчитать их отношение (или отношения квадратов диаметров), то у соседствующих деревьев мы получаем средние значения этих отношений в пределах от 1,613 до 1,675, статистически не отличающиеся от золотого сечения (табл. 2).

В сравнении с золотым сечением, принятым за 100%, отношения у деревьев-соседей колебались от 99,7 до 104,0%, и отличия эти были недостоверны ( $t_{факт} = 0,06 - 0,90 < t_{0,95} = 2,0$ ), т. е. они совпадали статистически. Однако в случайных парах отношение оказалось 1,771, что выше «Золотого сечения» на 9,5%, при  $t_{факт} = 3,52 > t_{0,99} = 2,63$ .

Таким образом, наблюдаемая разнородность диаметров у соседствующих деревьев оказалась ограничена статистической константой, имеющей основу в Золотом сечении, которое действует как глобальный механизм устройства Вселенной и проявляет себя буквально во всех формах живой природы [13, 14]. Так как константа Золотого сечения объективно существует, то надо ее обнаруживать и использовать для оценки экосистем как абсолютный ориентир. Высоко вероятно, что в насаждениях с оптимальной структурой отношение  $D^2_{max}/D^2_{min}$  у деревьев-соседей будет близко к ней. Если же оно будет достоверно отличаться, то имеет смысл говорить о нарушениях в их развитии.

Таблица 2

Отношения площадей сечения крупных деревьев к малым в биогруппах  
и в парах у ближних деревьев-соседей

Статистики для отношения диаметров $D^2_{\max}/D^2_{\min}$	Биогруппы на участках			Ближние соседи	Случайные пары
	Северный	Южный	оба участка		
Число пар	71	56	127	112	358
Минимум	1,01	1,02	1,01	1,00	1,00
Максимум	5,21	4,57	5,21	5,25	6,70
Среднее	1,613	1,682	1,643	1,675	1,771
Стандартное отклонение	0,675	0,76	0,712	0,673	0,823
Статистическая ошибка	0,080	0,102	0,063	0,064	0,043
Золотое сечение	1,618	1,618	1,618	1,618	1,618
Среднее, к Золотому сечению в %	99,7	104,0	101,6	103,5	109,5
Отличие от Золотого сечения, критерий t Стьюдента	0,06	0,63	0,40	0,90	3,52**

Примечание. \*\* – различие достоверно в 99 % случаев.

В практическом плане при наличии такой биологической константы разного рода рубки ухода и другие лесохозяйственные мероприятия получают прекрасный способ проверки их правильности по показателю отношения квадратов диаметров соседствующих деревьев  $D^2_{\max}/D^2_{\min}$ , которое рассчитывают на выборках из 50–60 пар деревьев-соседей. Если полученное отношение статистически не отличается от Золотого сечения 1,618, то насаждение выращивали правильно и оно устойчиво в генетическом и экологическом плане.

### Выводы

1. Рассматривая отношение диаметра большего дерева к меньшему ( $D_{\max}/D_{\min}$ ) в соседствующих парах деревьев, выдвинули гипотезу, что если оно будет больше в биогруппах, то конкуренция в них будет сильнее. Однако выборки из 112 деревьев в биогруппах и такого же числа деревьев в ближних контрольных парах деревьев-соседей показали, что это отношение одинаково и равно 1,27. Средние диаметры также были равны (39,0 и 39,2 см), несмотря на громадные различия в средних расстояниях между деревьями – 195 см в биогруппах и 525 см в контроле. Получается, что при усилении взаимодействия во много раз деревья в биогруппах совершенно не реагировали на это усиление, что говорит о замене конкуренции деревьев на партнерство между ними.

2. Если далее рассматривать деревья в концепции экологической ниши и считать их организмами, по-разному потребляющими ресурсы, то полученные отношения

$D_{\max}/D_{\min}$  совпадают с «постоянной Хатчинсона», равной 1,3. Она была введена для понимания того, что при таком ее значении конкуренция между симпатрическими видами минимальна, так как они по характеру их питания занимали разные экологические ниши. То есть данные «из фауны» Дж. Хатчинсона адекватно совпадают с нашими данными «из флоры» по сосне.

3. В выборке из пар деревьев-соседей отношение квадратов диаметров большего дерева в паре к меньшему ( $D^2_{\max}/D^2_{\min}$ ) статистически не отличается от золотого сечения, равного 1,618, тогда как в случайных парах оно было достоверно больше. Можно полагать, что если наличие золотой пропорции 1,618 будет доказано в каком-либо древостое в соседствующих парах деревьев по отношению  $D^2_{\max}/D^2_{\min}$ , то древостой будет охарактеризован как устойчивое сообщество.

4. Биологические константы в отношениях диаметров деревьев-соседей, а также в частотах правых и левых форм, совпадающих с золотой пропорцией, указывают на гармонию и гомеостаз лесных насаждений. Они могут служить объективным критерием правильности выращивания искусственных и естественных лесов.

### Список литературы / References

1. Голиков А.М. Эколого-диссимметричный и изоферментный анализ структуры модельных популяций сосны обыкновенной // Лесоведение. 2011. № 5. С. 46–53.

Golikov A.M. Ecological-dissymmetry and isoenzyme analysis of the structure of model populations of Scots pine // Silvics. 2011. № 5. P. 46–53 (in Russian).

2. Рогозин М.В., Голиков А.М., Жекин А.В., Комаров С.С., Жекина Н.В. Селекция ели финской (*Picea x fennica* (Regel) Kom.): диссимметрия и хемомакеры. Монография /

Под ред. М. В. Рогозина. Пермь: Перм. гос. нац. исслед. ун-т, 2017. 120 с.

Rogozin M.V., Golikov A.M., Zhekin A.V., Komarov S.S., Gecina N.In. Selection of Finnish spruce (*Picea×fennica* (Regel) Kom.): dissymmetry and chemometry. Monograph / under the editorship of M.V. Rogozin. Perm: Perm. state national. research. Univ., 2017. 120 p.

3. Сукачев В.Н. О внутривидовых и межвидовых взаимоотношениях среди растений // Сообщения института леса. Вып. 1. М.: АН СССР, 1953. С. 5–44.

Sukachev V.N. On intraspecific and interspecific relationships among plants // Reports of the forest Institute. Issue. 1. M.: AN SSSR, 1953. P. 5–44 (in Russian).

4. Демаков Ю.П. Структура и закономерности развития лесов республики Марий Эл. Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический ун-т, 2018. 432 с.

Demakov Yu.P. Structure and regularities of development of forests in the Republic of Mari El. Yoshkar-Ola: Volga state technological University, 2018. 432 p. (in Russian).

5. Колтунова А.И. О формировании горизонтальной структуры и срастании корневых систем в древостоях сосны // Эко-потенциал. 2013. № 3–4. С. 136–142.

Koltunova A.I. On horizontal structure forming and root accreting in pine forests // Eco-potential. 2013. № 3–4. P. 136–142 (in Russian).

6. Усольцев В.А., Часовских В.П., Акчурина Г.А., Осмирко А.А., Кох Е.В. Фитомасса деревьев в конкурентных условиях: исследование системных связей средствами информационных технологий. Екатеринбург: УГЛТУ, 2018. 526 с.

Usol'tsev V.A., Chasovskikh V.P., Akchurin G.A., Osmirko A.A., Koch E.V. Phytomass of trees in a competitive environment: a study of system communications by means of information technology. Yekaterinburg: UGLTU, 2018. 526 p. (in Russian).

7. Мартынов А.Н. Динамика горизонтальной структуры древостоев // Труды С-Пб НИИЛХ. Вып. 21. СПб., 2010. С. 109–113.

Martynov A.N. Dynamics of the horizontal structure of forest stands // Proceedings of the St. Petersburg forestry research Institute. Issue. 21. SPb., 2010. P. 109–113 (in Russian).

8. Рогозин М.В. Биогруппы в старых насаждениях сосны // Вестник Пермского университета. Серия Биология. 2018. Вып. 2. С. 150–158.

Rogozin M.V. Biogroups in old pine plantations // Bulletin of Perm University. Series Biology. 2018. Issue. 2. P. 150–158 (in Russian).

9. Усольцев В.А. Продукционные показатели и конкурентные отношения деревьев. Исследование зависимостей. Екатеринбург: УГЛТУ, 2013. 556 с.

Usoltsev V.A. Production indicators and competitive relations of trees. The study of dependencies. Yekaterinburg: UGLTU, 2013. 556 p. (in Russian).

10. Горячев В.М. Влияние пространственного размещения деревьев в сообществе на формирование годичного слоя древесины хвойных в южнотаежных лесах Урала // Экология. 1999. № 1. С. 9–19.

Goryachev V.M. The influence of spatial distribution of trees in the community on the formation of the annual layer of coniferous wood in the South taiga forests of the Urals // Ecology. 1999. № 1. P. 9–19 (in Russian).

11. Розенберг Г.С. Экология в картинках. Тольятти: ИЭВБ РАН, 2007. 218 с.

Rosenberg G.S. Ecology in pictures. Togliatti: IMB RAS, 2007. 218 p. (in Russian).

12. Рогозин М.В. Рост сосны в зависимости от расстояний до соседних деревьев // Вестник Нижневартовского гос. ун-та. 2018. № 3. С. 64–69.

Rogozin M.V. Pine growth depending on the distance to neighboring trees // Bulletin of Nizhnevartovsk state University. 2018. № 3. P. 64–69 (in Russian).

13. Чернов Н.Н. Биотектоника – методологическая основа изучения форм в живой природе. Екатеринбург: УГЛТУ, 2012. 135 с.

Chernov N.N. Biotechnica – methodological basis of the study of forms in nature. Yekaterinburg: USFEU, 2012. 135 p. (in Russian).

14. Назаров И.В. История и философия науки. Екатеринбург: УГЛТУ, 2012. 198 с.

Nazarov I.V. History and philosophy of science. Yekaterinburg: UGLTU, 2012. 198 p. (in Russian).