

УДК 502.5/8

## ТЕСТИРОВАНИЕ ДОЛГОВРЕМЕННОГО ЭФФЕКТА ФРАГМЕНТАЦИИ НА ИЗОЛИРОВАННЫХ УЧАСТКАХ ЛЕСНЫХ ПРЕДГОРНЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО КАВКАЗА

Ю.С. Загурная

С целью тестирования долговременного эффекта фрагментации было проанализировано соотношение «площадь — число видов растений» и распределение лесных и редко встречаемых видов на 27 различных по размеру изолированных фрагментах (участках) предгорных дубовых лесов Северо-Западного Кавказа. Результаты тестирования не показали существенного влияния данного фактора на видовое богатство изолированных лесных участков. Сделано предположение о том, что это связано с непродолжительной историей фрагментации предкавказских лесов (100—150 лет).

**Ключевые слова:** фрагментация, лесные фитоценозы, лесные виды, видовое богатство, Северо-Западный Кавказ.

Эксплуатация лесов в течение последних веков привела к уменьшению их площади и фрагментации во многих регионах мира (Wilcove et al., 1986; Dzwonko, Loster, 1988; Zacharias, Brandes, 1990; Grashof-Bokdam, 1997; Ochoa-Gaona, 2001; Ross et al., 2002; Лосев, 2006). Данная проблема затрагивает и широколиственные леса России, в том числе лесные фитоценозы Западного Предкавказья. К концу XX в. на месте сплошного пояса лесов предгорной зоны этого региона сохранились лишь относительно небольшие фрагменты лесной растительности, приуроченные к неудобным для сельскохозяйственного использования участкам земли.

Согласно теории динамического равновесия островной экологии, снижение интенсивности обмена диаспорами растений между участками сообществ, ставшими изолятами, ведет к вымиранию в них некоторого числа преимущественно редких видов и соответственно сокращению видового богатства этих сообществ (MacArthur, Wilson, 1963; Уилкоккс, 1983; Zacharias, Brandes, 1990). Это явление было названо долговременным эффектом фрагментации (инсуляризации) или островным эффектом (Уилкоккс, 1983). К настоящему времени имеется значительное число наблюдений, подтверждающих влияние данного фактора на видовое богатство островных биот в долгосрочной перспективе (Nilsson, Nilsson, 1982; Wilcove et al., 1986; Eriksson et al., 2002; Акатов, 1999; Ескина, 2003). Попытки же обнаружить воздействие фрагментации на видовое богатство сообществ (в том числе и лесных), ставших изолятами относительно недавно (несколько десятилетий или столетий назад), дали неопределенный результат, т.е. в одних случаях влияние этого фактора было обнаружено, а в других — нет (Simberloff, Gotelli, 1984; Dzwonko, Loster, 1988; Klein, 1989; Zacharias, Brandes, 1990; Usher et al.,

1992; Kwiatkowska, 1994; Zschokke et al., 2000; Helm et al., 2006).

Данное обстоятельство побудило нас исследовать видовое богатство фрагментированных лесных фитоценозов предгорий Северо-Западного Кавказа (Загурная, 2008). Результаты показали, что из-за нарушения миграционных процессов в течение нескольких десятилетий произошло лишь небольшое снижение их видового богатства и уровня полноты на стандартных пробных площадях в 1 га. Однако известно, что сила воздействия региональных процессов, в том числе и островного эффекта, зависит от масштаба: чем значительнее территория, тем сильнее влияние этих факторов (Terborgh, Faaborg, 1980; Shurin et al., 2000; Akatov et al., 2005). Поэтому представляет интерес оценка влияния изоляции на видовое богатство и состав лесных фрагментов в целом, т.е. на более крупной пространственной шкале. В настоящей работе приведены результаты тестирования эффекта фрагментации на примере изолированных дубрав Западного Предкавказья с применением трех подходов: 1) анализа соотношения «площадь — число видов» для фрагментированных участков леса; 2) анализа распределения видов растений с разной встречаемостью по фрагментам леса разного размера; 3) сопоставления числа видов растений на одиночных и на парах изолированных лесных участков.

### Район и объекты исследования

Фактический материал собирали в течение мая—сентября 2005—2008 гг. на изолированных фрагментах широколиственных лесов, расположенных в предгорной части Северо-Западного Кавказа (Западное Предкавказье). С востока район ис-

следования ограничен междуречьем Лаба—Чамлык, с севера — правым берегом р. Кубань, с запада — водоразделом Иль—Убин, с юга — передовой ступенчатой куэстой Лесистого хребта Большого Кавказа (коорд. 44°25'—45°10' с.ш., 38°40'—40°43' в.д.).

Точное число лесных фрагментированных сообществ рассматриваемой территории неизвестно. Размер их колеблется от 1 до 1000 га и более. Большая часть изолированных участков леса располагается на Закубанской равнине, но ряд лесных фрагментов встречается и на правом берегу р. Кубань. С помощью географических карт 1986 г. (1 : 50 000, 1 : 200 000) отобрали 27 фрагментированных лесных фитоценозов и определили их площадь. Размер участков составил от 9,5 до 616 га. Данные сообщества, сформированные в основном широколиственными видами деревьев (*Fraxinus excelsior* L., *Carpinus betulus* L., *Acer campestre* L.) с преобладанием *Quercus robur* L., расположены в бассейнах крупных рек — Кубани, Белой, Лабы — и их притоков. Среди константных видов в составе фрагментированных лесов отмечены *Quercus robur*, *Brachypodium sylvaticum* (Huds.) Beauv., *Viola mirabilis* L., *Poa nemoralis* L. (они являются диагностическими видами класса *Quercus-Fagetalia* Br.-Bl. et Vlieger in Vlieger 1937), *Ulmus glabra* Huds., *Geum urbanum* L., *Carex sylvatica* Huds., *Polygonatum multiflorum* (L.) All., *Scrophularia nodosa* L. (диагностические виды порядка *Fagetalia sylvaticae* Pawlowski in Pawlowski, Sokolowski et Wallisch 1928), а также *Pyrus caucasica* Fed., *Euonymus europaea* L., *Brachypodium sylvaticum*, *Corylus avellana* L. (диагностические виды порядка *Lathyro-Carpinetalia caucasicae* Passarge 1981).

участков, для каждого был составлен список встречаемых растений. На основе собранного фактического материала определили общее число видов сосудистых растений ( $S_g$ ), число лесных (зависимых от леса) видов ( $S_w$ ) и число редких видов ( $S_r$ ) (встреченных только на 20% исследованных фрагментов). Значения этих показателей представлены в таблице. При определении и уточнении видов сосудистых растений и их приуроченности к лесным местообитаниям использовали определители С.С. Станкова, В.И. Талиева (1957), И.С. Косенко (1970), А.С. Зернова (2006) и др., а также гербарий Кавказского государственного природного биосферного заповедника (CSR). Латинские названия видов даны по сводке С.К. Черепанова (1995) и флоре А.С. Зернова (2006).

Одним из наиболее распространенных способов тестирования эффекта инсультации является анализ соотношения “число видов — площадь”. Первоначально считалось, что о его наличии может свидетельствовать положительная зависимость между этими параметрами (MacArthur, Wilson, 1963; Amerson, 1975; Abbott, 1978; Tonn, Magnuson, 1982; и др.). Однако такой способ тестирования, по мнению многих, не является строгим (Симберлофф, 1982, 1988; Williamson, 1989; Акатов, 1999; и др.), поскольку данную зависимость можно объяснить на основе и других гипотез, например гипотез случайного распределения видов (Coleman, 1981) или разнообразия местообитаний: (Williams, 1943; Connor, McCoy, 1979). Более надежным тестом в этом отношении считается анализ значений коэффициента  $Z$  в уравнениях степенной функции, используемой для описания соотношения “виды — площадь”:

$$S = CA^Z,$$

где  $S$  — число видов,  $A$  — площадь,  $C$  и  $Z$  — константы (Preston, 1962; Уилкоккс, 1983; Dzwonko, Losster, 1988; Kwiatkowska, 1994; Honnay et al., 1999b;

### Методы сбора и обработки фактического материала

В течение четырех полевых сезонов неоднократно посещали каждый из 27 выбранных лесных

Характеристика лесных фрагментов предгорной части Северо-Западного Кавказа

№	A	$S_g$	$S_w$	$S_r$	№	A	$S_g$	$S_w$	$S_r$	№	A	$S_g$	$S_w$	$S_r$
1	41,75	71	35	3	10	9,5	48	24	0	19	141,75	92	44	4
2	51,5	64	30	2	11	490,5	89	44	8	20	28,75	67	32	1
3	48	48	22	0	12	148	69	35	5	21	303,75	75	49	13
4	20	32	18	0	13	216	56	35	6	22	168	64	24	1
5	84	90	45	7	14	123,5	71	42	7	23	274	64	20	2
6	10	41	25	0	15	187,5	54	39	6	24	157,25	96	46	8
7	26,5	34	16	1	16	39,5	84	41	7	25	155	63	24	2
8	56,5	34	16	0	17	35,75	80	39	5	26	616	83	33	8
9	10	40	19	0	18	543	112	44	5	27	64,5	106	27	3

Примечание. A — площадь лесного фрагмента;  $S_g$ ,  $S_w$ ,  $S_r$  — см. в тексте.

Местонахождение фрагментов: бассейн р. Белая — долины рек Курджипис (14—16), Псенаро (18), Белая (19, 20); бассейн р. Лаба — долины рек Гиага (1, 2, 17), Фарс (3—5), Кужора (6—13), Лаба (21); бассейн р. Кубань — долины рек Афипис (23), Уне-Убат (24), Супс (25), Убин (26), Кубань (22, 27).

Berglund, Jonsson, 2001). Данный способ проверки островного эффекта был предложен Престоном, который на основе теоретического анализа показал, что для неизолированных биот значения  $Z$  варьируют примерно от 0,12 до 0,17, а для изолятов — от 0,18 до 0,35 (Preston, 1962).

Известно, что небольшие изолированные экосистемы заселены преимущественно многочисленными широко распространенными видами, поскольку в результате островного эффекта вымирают в первую очередь малочисленные виды (Patersson, 1987; Dzwonko, Loster, 1989; Cutler, 1991). Поэтому, в качестве аргумента, свидетельствующего о влиянии фрагментации и изоляции на флору лесных фрагментов, можно рассматривать приуроченность редких видов растений преимущественно к участкам относительно большого размера. При проверке данного предположения мы использовали метод медианы (Zacharias, Brandes, 1990), модифицированный нами. В соответствии с ним лесные фрагменты ранжировали по возрастанию площади с присвоением ранга от 1 до 27 (чем больше площадь, тем выше ранг). Для каждого лесного вида определили число занятых этим видом фрагментов, т.е. встречаемость. Затем определили медиану вида — ранг фрагмента, относительно которого ряд заселенных видом участков леса делился на две равные части. При четном числе заселенных видом фрагментов медиана определялась по полусумме рангов соседних фрагментов, расположенных в центре ряда. Если вид встретился на всех 27 участках леса, его медиане соответствует фрагмент с рангом 14. Если же вид отмечали, например, на четырех лесных фрагментах с рангами 5, 9, 14 и 24, то его медиана равна 11,5 (полусумма рангов 9 и 14). О предпочтении малых или больших лесных участков можно судить по характеру соотношения между встречаемостью видов на участках и рангом фрагментированных сообществ, выступающего в качестве медианы.

В соответствии с третьим подходом к тестированию островного эффекта мы сопоставили число лесных и редко встречаемых видов растений на отдельных относительно крупных фрагментах леса и на паре небольших той же суммарной площади. Предполагается, что при случайном распределении видов их число на крупных фрагментах должно быть примерно равно числу видов на парах меньших фрагментов. Если же число лесных видов на отдельных фрагментах окажется больше, чем на парах, то это может свидетельствовать об избирательном распределении видов, связанном с проявлением островного эффекта.

### Результаты анализа

#### Соотношение "площадь—число видов"

Соотношение показателей видового богатства ( $S_g$ ,  $S_w$ ,  $S_r$ ) и площади ( $A$ ) фрагментированных лес-

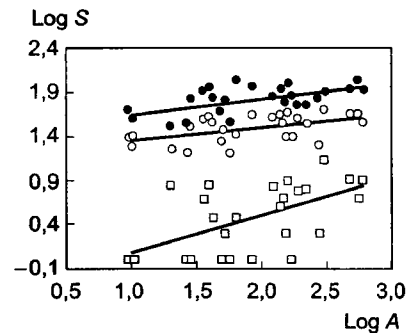


Рис. 1. Соотношение между общим числом видов на фрагментах ( $S_g$ ), числом лесных ( $S_w$ ) и редких ( $S_r$ ) видов и площадью ( $A$ ) лесных фрагментов:

● — линия регрессии для  $S_g$  и  $A$ ; ○ — линия регрессии для  $S_w$  и  $A$ ; □ — линия регрессии для  $S_r$  и  $A$

ных фитоценозов в логарифмической шкале представлены на рис. 1. Как видно из рисунка, между значениями данных параметров имеется статистически значимая положительная связь. При этом значения коэффициента  $Z$  линий регрессии в случае общего числа видов и числа лесных видов отвечают величинам, указанным Престоном для неизолированных сообществ — 0,17 и 0,15 ( $\log S_g = 0,17 \log A + 1,47$ ,  $r = 0,46$ ,  $n = 27$ ,  $P < 0,01$ ;  $\log S_w = 0,15 \log A + 1,2$ ,  $r = 0,51$ ,  $n = 27$ ,  $P > 0,01$ ), в то время как в случае редко встречаемых видов значение данного коэффициента оказалось высоким — 0,42 ( $\log S_r = 0,42 \log A - 0,35$ ,  $r = 0,58$ ,  $n = 21$ ,  $P < 0,001$ ), что характерно для сообществ-изолятов.

#### Распределение редких видов растений по фрагментам разной площади

Результаты анализа распределения лесных видов растений по фрагментам леса разной площади методом медианы представлены на рис. 2. Как видно из данного рисунка, между значениями анализируемых показателей имеется статистически значимая отрицательная зависимость ( $r = -0,46$ ,  $n = 97$ ,  $P < 0,01$ ), т.е. лесные виды растений с низкой встречаемостью произрастают преимущественно на крупных участках леса. Это может свиде-

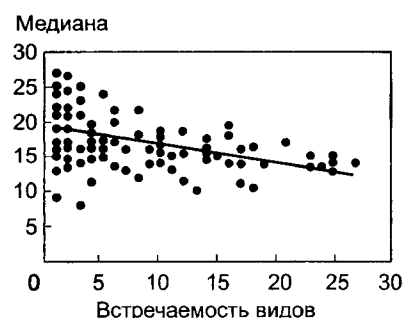


Рис. 2. Соотношение встречаемости лесных видов и соответствующих значений медианы (ранга лесного фрагмента, занимающего центральное положение ряда заселенных видом лесных участков)

тельствовать о влиянии изоляции на распределение видов по фрагментам, но не является доказательством такого влияния, поскольку данная структура распределения видов может иметь место и в результате случайных процессов.

*Число видов на одном и на паре изолированных лесных фрагментов*

Соотношение “логарифм площади — логарифм числа лесных видов” показано на рис. 3, А, а соотношение “логарифм площади — логарифм числа редких видов” для одиночных и пар лесных участков — на рис. 3, Б. Как следует из рис. 3, А, отдельные лесные участки характеризуются меньшим числом лесных видов, чем пары фрагментов с сопоставимой суммарной площадью (статистическая значимость этого различия подтверждается методом дисперсионного анализа:  $F = 11,17$ ,  $P < 0,01$ ). Линия регрессии для числа лесных видов ( $S_w$ ) на отдельных фрагментах характеризуется уравнением  $\log S = 0,11 \log A + \log 1,27$  ( $r = 0,36$ ,  $n = 23$ ,  $P < 0,05$ ); на паре фрагментов —  $\log S = 0,17 \log A + \log 1,32$  ( $r = 0,63$ ,  $n = 23$ ,  $P > 0,01$ ). При этом одиночные и пары фрагментов характеризуются близким числом редких видов растений (рис. 3, Б). Линиям регрессии для числа редких видов на отдельных фрагментах леса и парах той же суммарной площади соответствуют урав-

нения  $\log S_r = 0,3 \log A + \log 0,11$  ( $r = 0,39$ ,  $n = 21$ ,  $P < 0,05$ );  $\log S_r = 0,53 \log A + \log 0,45$  ( $r = 0,57$ ,  $n = 21$ ,  $P > 0,01$ ).

Таким образом, результаты данного тестирования не подтверждают предположение о влиянии долговременного эффекта фрагментации на распределение видов растений по обособленным участкам лесов района исследований.

**Обсуждение**

Полученные нами результаты в совокупности не показывают существенного влияния островного эффекта на видовое богатство лесных участков предгорной зоны Северо-Западного Кавказа, хотя позволяют предположить наличие некоторых признаков такого воздействия. По-видимому, на анализируемые показатели фрагментированных сообществ Западного Предкавказья влияют в большей степени другие факторы, например разнообразие экологических условий района исследования или антропогенный пресс. Однако рассматриваемые участки леса принадлежат одной климатической зоне, следовательно, схожи по абиотическим характеристикам. Следует также отметить, что проведенные ранее исследования не подтвердили предположение о том, что более нарушенные сообщества являются менее полночленными (Акатов и др., 2007).

Представляет интерес сопоставление результатов настоящей работы с аналогичными результатами, полученными на других объектах. Так, исследования 66 предгорных фрагментированных лесов Карпат (Польша) показали, что значения коэффициента степенной функции  $Z$  изменялись в зависимости от особенностей участков леса (происхождения, времени изоляции и т.д.) от 0,13 до 0,19 для общего числа видов и от 0,13 до 0,25 для лесных видов (Dzwonko, Loster, 1988). Величина  $Z$  для различных компонентов видового богатства 55 лесных фрагментов в Северной Бельгии варьировала от 0,17 до 0,45 (Honnay et al., 1999b). При изучении разных групп растений 46 лесных изолированных фитоценозов природного резервата Гранландет (Швеция) значения углового коэффициента линий регрессии для сосудистых растений составили 0,20, а для редких видов — 0,56 (Berglund, Jonsson, 2001).

Таким образом, результаты, представленные в этих публикациях, свидетельствуют о более существенном влиянии инсультации на видовое богатство фрагментированных лесов Западной и Центральной Европы по сравнению с Западным Предкавказьем. Мы предполагаем, что это может быть связано со значительно более продолжительной историей фрагментации европейских лесов (свыше 150 лет). Существует мнение, что виды растений с длительным периодом жизни не сразу реагиру-

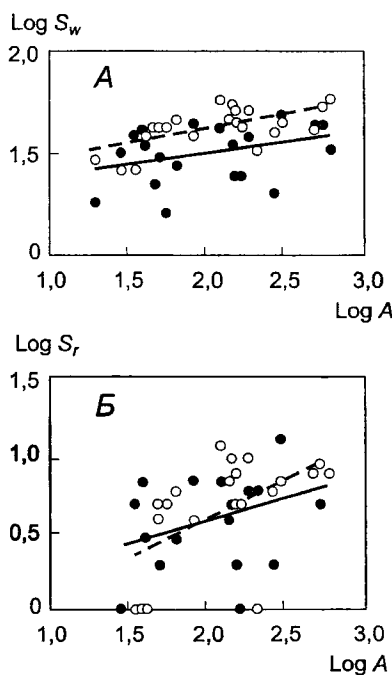


Рис. 3. Сопоставление числа лесных  $S_w$  (А) и редких  $S_r$  (Б) видов на одиночном и на парах изолированных лесных фрагментов: А: ● — отдельные фрагменты, сплошная линия — линия регрессии для этих точек; ○ — пара фрагментов, пунктирная линия — линия регрессии; Б: ● — отдельные фрагменты, сплошная линия — линия регрессии для этих точек; ○ — пара фрагментов, пунктирная линия — линия регрессии

ют на изоляцию (Simberloff, Gotelli, 1984; Grashof-Bokdam, 1997; Lumaret et al., 1997; Metzger, 2000; Helm et al., 2006). Между тем мы видим, что в долгосрочной перспективе она является предпосылкой для вымирания части видов, в том числе и во фрагментированных лесах Западного Предкавказья.

В ряде публикаций показана важность размера изолированных лесных сообществ для сохранения собственно лесных или редких видов растений. Например, исследование 33 фрагментов лесов (0,1–30,6 га) в агрикультурном ландшафте окрестностей Йорка (Великобритания) показало, что большинство типичных лесных травянистых видов отсутствовало в лесах, площадь которых меньше 1,5 га (Usher et al., 1992). Крупные изолированные леса пригородных районов Бельгии содержали большее число видов, в том числе имеющих природоохранную ценность, чем небольшие по размеру (Honnay et al., 1999b; Godefroid, Koedam, 2003). Однако в некоторых работах обращается внимание на то, что ценные с природоохранной точки зрения виды могут быть приурочены и к небольшим изолированным участкам леса (Godefroid, Koedam, 2003; Aune et al., 2005).

Сопоставление видового богатства крупных фрагментов лесов Северо-Западной Германии и общего числа видов в парах меньших по размеру фраг-

ментов этого региона показало, что пары фрагментов характеризуются более высокими значениями этого показателя (Zacharias, Brandes, 1990), что согласуется с нашими результатами. В.Е. Соколов с соавторами (1997), обобщив итоги ряда работ, сделали вывод о том, что в определенных условиях несколько мелких резерватов, равных по суммарной площади крупному резервату, способны сохранять такое же (или большее) число видов. Путем сравнения видового богатства площадей, состоящих из ряда лесных участков небольшого размера, и площадей, объединяющих два или небольшое число крупных лесов в окрестностях Брюсселя (Бельгия), было выявлено, что значительно больше видов растений отмечается в пределах нескольких маленьких фрагментов (Godefroid, Koedam, 2003). Существует мнение, что такая тенденция может быть связана с большим разнообразием местообитаний на нескольких небольших фрагментах по сравнению с отдельными крупными участками (Соколов и др., 1997; Grashof-Bokdam, 1997; Honnay et al., 1999a). Можно предположить, что по этой же причине отдельные крупные фрагменты лесов в нашем районе исследований содержат в среднем меньше число видов растений, чем пары фрагментов той же суммарной площади.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Акатов В.В. Островной эффект как фактор формирования высокогорных фитоценозов Западного Кавказа. Майкоп, 1999. 114 с.
- Акатов В.В., Акатова Т.В., Загурная Ю.С. О влиянии антропогенных факторов на видовую полночленность фитоценозов Северо-Западного Кавказа в связи с проблемой инвазивных видов // Экол. вестник Северного Кавказа. 2007. Т. 3. Вып. 2. С. 44–54.
- Ескина Т.Г. Роль островного эффекта в формировании фитоценозов лесных полей Северо-Западного Кавказа: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Ставрополь, 2003. 19 с.
- Загурная Ю.С. Влияние изоляции на состав и видовое богатство фитоценозов дубовых лесов предгорной части Северо-Западного Кавказа // Бюлл. МОИП. Отд. биол. 2008. Т. 113. Вып. 3. С. 37–42.
- Зернов А.С. Флора Северо-Западного Кавказа. М., 2006. 664 с.
- Косенко И.С. Определитель высших растений Северо-Западного Кавказа и Предкавказья. М., 1970. С. 613.
- Лосев К.С. Преобразование естественных ландшафтов // Современные глобальные изменения природной среды: В 2 т. Т. 2. М., 2006. С. 203–212.
- Симберлофф Д.С. Теория островной биогеографии и организация охраняемых территорий // Экология. 1982. Вып. 4. С. 3–13.
- Симберлофф Д.С. Биогеографические модели распространения видов и организация сообществ // Биосфера: эволюция, пространство, время: Биогеографические очерки. М., 1988. С. 60–81.
- Соколов В.Е., Филонов К.П., Нахумовская Ю.Д., Шадрина Г.Д. Экология заповедных территорий России. М., 1997. 576 с.
- Станков С.С., Талиев В.И. Определитель высших растений европейской части СССР. М., 1957. 740 с.
- Уилкоккс Б.А. Островная экология и охрана природы // Биология охраны природы. М., 1983. 430 с.
- Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). СПб., 1995. 990 с.
- Abbott J. Factors determining the number of land bird species on islands around south-western Australia // Oecologia. 1978. Vol. 22. P. 221–223.
- Akatov V., Chefranov S., Akatova T. The relationship between local species richness and species pool: a case study from the high mountains of the Greater Caucasus // Plant Ecology. 2005. Vol. 181. N 1. P. 9–22.
- Amerson A.B. Species richness on the non-disturbed northwestern Hawaiian islands // Ecology. 1975. Vol. 56. P. 435–444.
- Aune K., Jonsson B.G., Moen J. Isolation and edge effects among woodland key habitats in Sweden: Is forest policy promoting fragmentation? // Biol. Conserv. 2005. Vol. 124. P. 89–95.
- Berglung H., Jonsson B.G. Predictability of plant and fungal species richness of old-growth boreal forest islands // J. Veget. Science. 2001. Vol. 12. P. 857–866.
- Coleman B.D. On random placement and species-area relations // Mathematical biosciences. 1981. Vol. 54. P. 191–215.



- Connor E.F., McCoy E.D. The statistics and biology of the species-area relationship // Amer. Natur. 1979. Vol. 113. P. 791—833.
- Cutler A. Nested faunas and extinction in fragmented habitats // Biol. Conserv. 1991. Vol. 5. N 4. P. 496—505.
- Dzwonko Z., Loster S. Species richness of small woodlands on the western Carpathian foothills // Vegetatio. 1988. Vol. 76. P. 15—27.
- Dzwonko Z., Loster S. Distribution of vascular plant species in small woodlands on the western Carpathian foothills // Oikos. 1989. Vol. 56. P. 77—86.
- Eriksson O., Cousins S.A.O., Bruun H.H. Land-use history and fragmentation of traditionally managed grasslands in Scandinavia // J. Veget. Science. 2002. Vol. 13. P. 743—748.
- Godefroid S., Koedam N. How important are large vs. small forest remnants for the conservation of the woodland flora in an urban context? // Global Ecology and Biogeography. 2003. N 12. P. 287—298.
- Grashof-Bokdam C. Forest species in an agricultural landscape in the Netherlands: Effects of habitat fragmentation // J. Veget. Science. 1997. Vol. 8. P. 21—28.
- Helm A., Hanski I., Pärtel M. Slow response of plant species richness to habitat loss and fragmentation // Ecology Letters. 2006. Vol. 9. P. 72—77.
- Honnay O., Hermy M., Coppin P. Effects of area, age and diversity of forest patches in Belgium on plant species richness, and implications for conservation and restoration // Biol. Conserv. 1999a. Vol. 87. P. 73—84.
- Honnay O., Endels P., Vereecken H., Hermy M. The role of patch area and habitat diversity in explaining native plant species richness in disturbed suburban forest patches in northern Belgium // Diversity and Distributions. 1999b. Vol. 5. P. 129—141.
- Klein B.C. Effects of forest fragmentation on dung and carrion beetle communities in central Amazonia // Ecology. 1989. Vol. 70. N 6. P. 1715—1725.
- Kwiatkowska A.J. Effect of species diversity, frequency and spatial distribution on the species-area relationship in an oak stand // Annales Botanici Fennici. 1994. Vol. 31. P. 169—178.
- Lumaret R., Guillerm J.-L., Maillet J., Verlaque R. Plant species diversity and polyploidy in islands of natural vegetation isolated in extensive cultivated lands // Biodiversity and Conservation. 1997. Vol. 6. N 4. P. 591—613.
- MacArthur R.H., Wilson E.O. An equilibrium theory of insular zoogeography // Evolution. 1963. Vol. 17. N 4. P. 373—387.
- Metzger J.P. Tree functional Group richness and landscape structure in a Brazilian tropical fragmented landscape // Ecological Applications. 2000. Vol. 10. N 4. P. 1147—1161.
- Nilsson I.N., Nilsson S.G. Turnover of vascular plant species on small islands in Lake Mjöckeln, south Sweden 1976—1980 // Oecologia. 1982. Vol. 53. P. 128—133.
- Ochoa-Gaona S. Traditional land-use systems and Patterns of forest fragmentation in the Highlands of Chiapas, Mexico // Environmental Management. 2001. Vol. 27. N 4. P. 571—586.
- Patersson B.D. The principle of nested subsets and its implications for biological conservation // Conserv. Biol. 1987. Vol. 1. P. 323—333.
- Preston F.W. The canonical distribution of commonness and rarity // Ecology. 1962. Vol. 26. P. 452—463.
- Ross K.A., Fox B.J., Fox M.D. Changes to plant species richness in forest fragments: fragment age, disturbance and fire history may be as important as area // J. Biogeography. 2002. Vol. 29. P. 749—765.
- Shurin J.B., Havel J.E., Leibold M.A., Pinel-Alloul B. Local and regional zooplankton species richness: a scale-independent test for saturation // Ecology. 2000. Vol. 81. N 11. P. 3062—3073.
- Simberloff D., Gotelli N. Effects of insularisation on plant species richness in the prairie-forest ecotone // Biol. Conserv. 1984. Vol. 29. P. 27—46.
- Terborgh J.W., Faaborg J. Saturation of bird communities in the West Indies. Amer. Natur. 1980. Vol. 116. P. 178—195.
- Tonn W.M., Magnuson J.J. Patterns in the species composition and richness of fish assemblages in northern Wisconsin lakes // Ecology. 1982. Vol. 63. P. 1149—1166.
- Usher M.B., Brown A.C., Bedford S.E. Plant species richness in farm woodlands // Forestry. 1992. Vol. 65 (1). P. 1—13.
- Wilcove D.S., McLellan C.H., Dobson A.P. Habitat fragmentation in the temperate zone // Conservation biology: the Science of Scarcity and Diversity. Sunderland, Mass. 1986. P. 237—256.
- Williams C.B. Area and number of species // Nature. 1943. Vol. 152. P. 264—267.
- Williamson M. The MacArthur and Wilson theory today: true but trivial // J. Biogeogr. 1989. Vol. 16. P. 3—4.
- Zacharias D., Brandes D. Species area-relationship and frequency — floristical data analysis of 44 isolated woods in northwestern Germany // Vegetatio. 1990. Vol. 88. P. 21—29.
- Zschokke S., Dolt C., Rusterholz H.P., Oggier P., Bräschler B., Thommen G.H., Ludin E., Erhardt A., Baur B. Short-term responses of plants and invertebrates to experimental small-scale grasslands fragmentation // Oecologia. 2000. Vol. 125. P. 559—572.

Кавказский государственный  
природный биосферный заповедник,  
385000, г. Майкоп, ул. Советская, 187

Поступила в редакцию  
18.09.2009

## THE TESTING OF LONG-TERM INSULATION EFFECT IN THE INSTANCE OF THE ISOLATED CAUCASIAN FOOTHILLS WOODLAND PATCHES

J.S. Zagurnaja

### Summary

The relationship “area — plant species” and distribution of woodland and rare species on patches with different area for 27 isolated foothills oak woodland fragments of North-Western Cau-

casus was analyzed with aim to test the long-term insulation effect. The results of the testing show insignificant insulation effect on the species diversity of the isolated woodland patches. The supposition was made that this can be connected with short-term fragmentation of caucasian foothills woodlands.

**Key words:** fragmentation, forest plant communities, woodland species, species richness, North-Western Caucasus.

*Сведения об авторе*

*Загурная Юлия Сергеевна* — к.б.н., м.н.с. Кавказского государственного природного биосферного заповедника, e-mail: juseza@mail.ru