

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
образования «Тверской государственный университет»

Институт экологии Академии наук Абхазии

Каракалпакский научно-исследовательский институт естественных наук  
Каракалпакского отделения Академии наук Республики Узбекистан

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова Российской академии наук

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Геофизический центр Российской академии наук

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»

Управление по охране окружающей среды и природным ресурсам  
Республики Адыгея

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
образования «Майкопский государственный технологический университет»

## **ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ ГЕОЛОГИИ, ГЕОФИЗИКИ И ГЕОЭКОЛОГИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

### **МАТЕРИАЛЫ**

#### **IV Международной научно-практической конференции**

Часть 1

**Майкоп  
15 – 18 мая 2017 г.**

УДК [551+550.83+574]: 004: 061.3 (470.621)

ББК 20.1

П-75

**Редакционная коллегия:**

Куижева С.К. – канд. физ.-мат. наук, доцент

Овсянникова Т.А. – д-р филос. наук, профессор

Беданокон М.К. – д-р экон. наук, профессор

Дёмина Т.И. - канд. физ.-мат. наук, доцент

Шевякова О.П. - канд. физ.-мат. наук, доцент

**П-75 ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ ГЕОЛОГИИ, ГЕОФИЗИКИ И ГЕОЭКОЛОГИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.** Материалы IV Международной научно-практической конференции. Часть 1. – Майкоп: Изд-во «ИП Кучеренко В.О.», 2017. – 258 с.  
**ISBN 978-5-906696-84-7**  
**ISBN 978-5-906696-85-4 – Ч.1**

В сборнике представлены материалы участников научно-практической конференции «Прикладные аспекты геологии, геофизики и геоэкологии с использованием современных информационных технологий», организованной на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Майкопский государственный технологический университет» совместно с федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Тверской государственный университет», Институтом экологии Академии наук Абхазии и Каракалпакским научно-исследовательским институтом естественных наук Каракалпакского отделения Академии наук Республики Узбекистан при поддержке ФГБУН Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова Российской академии наук, ФГБУН Геофизический центр Российской академии наук и ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» при участии Управления по охране окружающей среды и природным ресурсам Республики Адыгея, проведённой в г. Майкопе 15 – 18 мая 2017 г.

УДК [551+550.83+574]: 004: 061.3 (470.621)

ББК 20.1



© ФГБОУ ВО «МГТУ», 2017

## СОДЕРЖАНИЕ

Akhmatov Z.A., Khokonov A.Kh., Kumukova F.I., Kirzhinova R.A. SIMULATION OF HYDROGEN STORAGE IN GRAPHITE-POTASSIUM INTERCALATION COMPOUNDS .....	6
Oscar L. Cruz-González, J. A. Otero, R. Rodríguez-Ramos, R. Guinovart-Díaz, J. Bravo-Castillero COMPUTATION OF THE EFFECTIVE PROPERTIES OF VISCOELASTIC COMPOSITE MATERIALS.....	10
Karimova S. MULTISENSOR AND MULTITEMPORAL SATELLITE OBSERVATIONS OF SURFACE CIRCULATION IN THE WESTERN MEDITERRANEAN .....	20
Агаркова-Лях И.В. РАЗВИТИЕ ЭКЗОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ НА БЕРЕГАХ СЕВАСТОПОЛЯ .....	28
Агаян С.М., Богоутдинов Ш.Р., Добровольский М.Н. КРАТКОЕ ВВЕДЕНИЕ В ДМА.....	35
Адлейба Р.Р., Сабекия Т.В. ОБЗОРНАЯ ПЕШЕХОДНАЯ ЭКСКУРСИЯ ПО КУЛЬТУРНО-ИСТОРИЧЕСКИМ ОБЪЕКТАМ Г. СУХУМ .....	43
Акатов В.В. ВЫРАВНЕННОСТЬ КАК ИНДИКАТОР СОСТОЯНИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ .....	51
Апухтина Е.М. ЭНЕРГО- И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ В РЕСПУБЛИКЕ АДЫГЕЯ – ОСНОВА ЭКОЛОГИЧЕСКИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИКИ РЕГИОНА .....	58
Артамонова А.В. ПРИМЕРЫ РЕЗУЛЬТАТОВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ РАЙОНА ЗЕМЛИ ФРАНЦА-ИОСИФА В РАЗЛИЧНЫЕ СЕЗОНЫ .....	66
Архипкин В.С., Мысленков С.А., Киселева С.В., Столярова Е.В. РАСЧЕТЫ ПОТОКА ВОЛНОВОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ОТДЕЛЬНЫХ ПРИБРЕЖНЫХ РАЙОНОВ ЧЕРНОГО МОРЯ С ОЦЕНКОЙ ВРЕМЕННОЙ И ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ.....	72
Ахматов З.А., Гапгапшев А.М., Романенко В.С., Керефов К.А., Хоконов А.Х., Кузьминов В.В., Эфендиев К.Т. НИЗКОФОНОВЫЙ МЕТОД ИЗОТОПНЫХ МАРКЕРОВ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНТЕРКАЛЯЦИИ ГРАФИТА АТОМАМИ КАЛИЯ.....	79
Ахсалба А.К., Экба Я.А. ИНДИКАТОРЫ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ В ПРИМОРСКОЙ ЗОНЕ АБХАЗИИ.....	82
Ахсалба А.К., Экба Я.А., Беданок М.К., Шевякова О.П., Соловьев Д.М. РЕЖИМ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ И СТЕПЕНЬ ИХ ХИМИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ В ПРИМОРСКОЙ ЗОНЕ АБХАЗИИ.....	89
Бабейко А.Ю. СИСТЕМЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ОБ УГРОЗЕ ЦУНАМИ: СОСТОЯНИЕ ДЕЛ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ РАЗРАБОТКИ .....	97
Батуева Э.М. МИКРОФЛОРА ОЗЕРА ГУСИНОЕ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АКВАТОРИИ.....	106

## ВЫРАВНЕННОСТЬ КАК ИНДИКАТОР СОСТОЯНИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ

В.В. Акатов

[akatovmgti@mail.ru](mailto:akatovmgti@mail.ru)

*Майкопский государственный технологический университет  
Россия, г. Майкоп*

Продуктивность, видовое богатство и выравненность являются характеристиками, которые часто используют в качестве показателей состояния биологических сообществ. Так, их низкая продуктивность может означать недостаток ресурсов или воздействие стрессовых факторов [1, 17]. По ряду причин такие сообщества характеризуются одновременно и низким видовым богатством. Это может быть связано с ограниченным ассортиментом и/или количеством доступных ресурсов, необходимостью формирования в процессе эволюции механизмов устойчивости к экстремальным явлениям, а также с их преимущественно небольшим размером и изолированностью [1]. При этом, как свидетельствуют результаты полевых исследований, связь между продуктивностью и видовым богатством может иметь разные формы, но наибольшее внимание исследователей привлекла унимодальная модель [обзоры: 1, 3, 12]. Она предполагает, что высокое видовое богатство имеют сообщества со средней продуктивностью, а низкое – не только низко-, но и высокопродуктивные ценозы. В последнем случае это может быть результатом небольшого числа особей на площадках из-за их значительного размера, интенсивной конкуренции между организмами, а также небольшой площади таких ценозов, их изолированности или эволюционной молодости [1, 3, 12, 26].

Показатели выравненности отражают степень равномерности распределения видов по их значимости в сообществе [8]. Наиболее часто выравненность оценивается на основе индекса Шенона-Винера ( $E = H / H_{max}$ , где  $H$  – индекс Шенона-Винера;  $H_{max} = \lg S$  – значения  $H$  в ситуации, когда относительная значимость всех видов равна) [8]. На основе серии работ, выполненных в 70-80-е годы прошлого века Э. Мэггаран обосновывает вывод, что сообщества, испытывающие стресс в результате воздействия как природных, так и антропогенных факторов, в том числе обогащенные биогенами, характеризуются не только низким видовым богатством, но и низкой выравненностью, что предполагает положительную корреляцию между ними [8]. Последующие исследования преимущественно подтвердили этот вывод применительно к сообществам животных [5, 11, 15, 20, 22, 28]. Однако в сообществах растений связь между видовым богатством и выравненностью нередко оказывалась слабой или отсутствовала [21, 25, 28, 31 и др.]. В связи с этим было сделано предположение, что эти характеристики могут определяться разными процессами. Видовое богатство может быть более чувствительно к скорости иммиграции видов (размеру видового пула, изолированности сообществ); выравненность – к интенсивности межвидовых взаимодействий [28, 31].

Теоретически связь выравненности с продуктивностью должна иметь примерно тот же характер, что и с видовым богатством, то есть максимальной выравненностью должны характеризоваться ценозы со средней продуктивностью. Так, если исходить из представления о жизненных стратегиях видов [17], то на низкопродуктивных местообитаниях доминируют те из них, которые являются слабыми конкурентами, но более других устойчивы к воздействию абиотических (стрессовых) факторов (*S*-стратеги); на стабильных высокопродуктивных – конкурентно мощные виды, способные захватывать и удерживать пространство (*C*-стратеги). Местообитания на крайних участках градиента продуктивности могут быть почти полностью монополизированы наиболее успешными *S*- или *C*-стратегами [2, 11, 14, 19]. Напротив, сообщества, сформированные на участках со средней продуктивностью, могут включать виды с разной жизненной стратегией, и ни один из них не будет иметь явных преимуществ перед другими [26]. Поэтому как видовое богатство, так и выравненность в них должны быть относительно высокими. Однако правомерность этой гипотезы остается неясной из-за ограниченного количества фактических данных [16, 24, 30, 32].

Таким образом, представление о характере соотношения между продуктивностью, видовым богатством и выравненностью в растительных сообществах остаются неопределенным. Соответственно, остается неясным индикатором какого их состояния является низкая или высокая выравненность. В настоящем сообщении предпринята попытка ответить на этот вопрос на примере значительного числа травяных сообществ Западного Кавказа и Предкавказья.

### **Материал и методика**

Объектами исследований явились сомкнутые травяные фитоценозы благоприятных и экстремальных местообитаний различных районов и высотных поясов Западного Кавказа и Предкавказья: альпийских лугов, ковров и пустошей, субальпийских лугов и болот, крупнотравные сообщества лесных полян, опушек и верхней границы леса, мезофитные и слабо остепненные луга низкогорного и среднегорного поясов, разнотравно-ковыльные и типчаково-ковыльные степи, сухие степи на солонцеватых почвах, сообщества солончаков. В соответствии с полимодельной концепцией Б.М. Миркина [7], сообщества лугов и крупнотравья можно отнести к *C-S-R*-модели организации (характеризуются высокой интенсивностью взаимодействия между видами); ценозы альпийских пустошей (сформированы на малоснежных местообитаниях), ковров (на долгоснежных участках), субальпийских болот и сухих степей – к абиотической *S*-модели (сообщества экстремальных условий, где почти нет конкуренции, и каждый из входящих в их состав видов подчиняется лишь собственным популяционным закономерностям) [7, 10, 17, 23]. Сообщества солончаков сформированы на экстремальных местообитаниях, но состоят преимущественно из однолетних видов и характеризуются относительно

высокой продуктивностью. По-видимому, они должны быть отнесены к переходной *S-R*-модели.

Фактический материал по сообществам крупнотравья, лугов, субальпийских болот, альпийских лугов, ковров и пустошей был собран на хребтах и горных массивах, расположенных в бассейнах рек Белая, Малая и Большая Лаба, Мзымта (300-2800 м); по сообществам степей – на Ставропольской возвышенности, хребте Маркотх и в районе озера Маныч (50-700 м), солончаков – по берегам и на высохших днищах соленых водоемов (лиманов) Таманского полуострова. В основу работы было положено 370 проб надземной фитомассы, отобранных на площадках 0.25 м<sup>2</sup>. Площадки для отбора проб закладывали на наиболее типичных участках сообществ определенного типа преимущественно сериями по 3-10 штук. Укосы разбирали по видам и взвешивали. Затем одну-три наиболее типичные пробы из серии высушивали и взвешивали. Сухой вес для остальных проб серии определяли на основе значений коэффициента усушки.

На основе собранного фактического материала были определены значения следующих показателей:  $W$  и  $W_d$  – общий сырой и сухой вес фитомассы на 0.25 м<sup>2</sup>;  $W_i$  – сырой вес каждого из видов;  $S$  – число видов растений на 0.25 м<sup>2</sup>;  $E$  – показатель выравненности, рассчитанный на основе индекса Шенона-Винера [8]. Определение характера и силы связи между характеристиками выполняли с использованием метода регрессионного анализа, а также коэффициентов корреляции Пирсона, коллигации и информационной связи [6,9].

### Результаты и обсуждение

Результаты исследований представлены в таблицах 1-3.

В таблице 1 представлена общая характеристика изученных растительных сообществ. Из нее видно, что их продуктивность ( $W_d$ ) и видовое богатство ( $S$ ) варьируют в широких пределах: от 8.2 до 1574 г сухого веса и от 2 до 35 видов на 0.25 м<sup>2</sup>. Наименее продуктивными являются сообщества альпийских пустошей, ковров и сухих степей (8.2-80.4 г), наиболее – крупнотравные сообщества (до 1574 г на 0.25 м<sup>2</sup>). Наиболее высоким видовым богатством характеризуются фитоценозы разнотравно-ковыльных и типчаково-ковыльных степей и субальпийских лугов (до 32 и 35 видов на 0.25 м<sup>2</sup>, соответственно). Низкое видовое богатство (2-6 видов на 0.25 м<sup>2</sup>) встречается в сообществах большинства рассмотренных типов, но в ряде из них оно редко достигает высоких значений – субальпийских болот, солончаков, крупнотравья. Как видно из таблицы 1, сообщества с низкой и высокой продуктивностью характеризуются относительно низким видовым богатством; со средней продуктивностью – как низким, так и высоким. Соответственно, корреляция между значениями этих параметров отсутствует (табл. 2).

Связь между видовым богатством ( $S$ ) и выравненностью ( $E$ ) в сообществах в целом является слабой положительной (табл. 2). Если рассматривать сообщества определенных типов, то наиболее сильно она

выражена в среднепродуктивных, преимущественно луговых, ценозах (C-R-S-модель).

Таблица 1. Характеристика изученных растительных сообществ

Сообщества; высота над ур. м. (доминантные виды)	<i>n</i>	<i>W<sub>d</sub></i>	<i>S</i>	<i>E</i>
<b>Альпийских ковров;</b> 2000-2650 м ( <i>Carum caucasicum</i> , <i>Leontodon hispidus</i> , <i>Pedicularis nordmanniana</i> , <i>Plantago atrata</i> , <i>Ranunculus crassifolius</i> , <i>Sibbaldia parviflora</i> , <i>Silene dianthoides</i> , <i>Trifolium ambiguum</i> , <i>T. badium</i> , <i>Veronica gentianoides</i> )	15	32.9 8.2- 69.6	13.2 6- 28	0.64 0.43- 0.81
<b>Альпийских пустошей;</b> 2250-2800 м ( <i>Campanula tridentata</i> , <i>Carex tristis</i> , <i>Festuca ovina</i> , <i>Kobresia persica</i> )	14	45.4 20.8- 80.4	14.9 9- 23	0.67 0.48- 0.82
<b>Альпийских лугов;</b> 2300-2600 м ( <i>Onobrichys bieberchteinii</i> , <i>Kobresia capilifolia</i> , <i>Alchemilla vulgaris</i> , <i>Geranium gymnocaulon</i> , <i>Hedysarum caucasicum</i> )	32	78.3 32.2- 171.4	9.8 2- 24	0.35 0.04- 0.74
<b>Субальпийских лугов;</b> 1700-2450 м ( <i>Calamagrostis arundinacea</i> , <i>Festuca woronowii</i> , <i>Brachypodium rupestre</i> , <i>Inula grandiflora</i> , <i>Senecio platyphylloides</i> .)	28	116.2 72.5- 208	18.6 7- 35	0.58 0.17- 0.88
<b>Субальпийских болот;</b> 1800-2150 м ( <i>Allium schoenoprasum</i> , <i>Carex rostrata</i> , <i>C. transcaucasica</i> , <i>Cirsium simplex</i> , <i>Eriophorum vaginatum</i> , <i>Menyanthes trifoliata</i> , <i>Primula auriculata</i> )	21	56.6 18.2- 154.8	7.8 2- 16	0.61 0.3- 0.99
<b>Крупнотравья;</b> 500-1700 м ( <i>Athyrium filix-femina</i> , <i>Campanula lactiflora</i> , <i>Cephalaria gigantea</i> , <i>Equisetum telmateia</i> , <i>Galega orientalis</i> , <i>Heracleum mantegazzianum</i> , <i>H. asperum</i> , <i>Inula magnifica</i> , <i>Petasites albus</i> , <i>Sambucus ebulus</i> , <i>Senecio rhombifolius</i> , <i>Symphytum asperum</i> , <i>Telekia speciosa</i> , <i>Angelica purpurascens</i> )	67	337.5 84.8- 1574	9.6 3- 18	0.47 0.04- 0.78
<b>Лугов нижнегорного и среднегорного поясов;</b> 300-1100 м ( <i>Botriochloa ischaetum</i> , <i>Brachypodium pinnatum</i> , <i>Calamagrostis epigeios</i> , <i>Chrysopogon gryllus</i> , <i>Geranium sanguineum</i> , <i>Inula salicina</i> subsp. <i>aspera</i> , <i>Salvia verticillata</i> )	100	97.5 22.2- 163.6	13.7 3- 29	0.53 0.16- 0.88
<b>Ковыльных степей;</b> 30-700 м ( <i>Stipa lessingiana</i> , <i>S. pulcherrima</i> , <i>Salvia verticillata</i> , <i>Theucrium chamaedrys</i> )	43	93.5 42.4- 168.8	19.1 7- 32	0.66 0.34- 0.87
<b>Сухих степей на солонцеватых почвах;</b> 30-50 м ( <i>Allium albidum</i> , <i>Artemisia austriaca</i> , <i>Poa bulbosa</i> )	15	19.2 11.3- 25.7	8.2 6- 10	0.58 0.06- 0.89
<b>Солончаков;</b> 7-15 м ( <i>Salicornia perennans</i> , <i>Suaeda acuminata</i> , <i>Aster tripolium</i> subsp. <i>pannonicum</i> , <i>Bassia hirsuta</i> , <i>Salsola soda</i> )	35	183.8 42.3- 501.2	3.3 2-5	0.50 0.10- 0.85

Примечание: *n* – число площадок; *W<sub>d</sub>* – сухой вес живой фитомассы сообществ на 0.25 м<sup>2</sup>; *S* – число видов растений на 0.25 м<sup>2</sup>; *E* – выравненность (цифры в поле таблицы – средние и предельные значения параметров). Названия видов приводятся по: Зернов, 2006

В сообществах с высокой или, напротив, низкой продуктивностью связь между этими характеристиками слабая или отсутствует. Связь между продуктивностью (*W<sub>d</sub>*) и выравненностью (*E*) в сообществах в целом является отрицательной и очень слабой, в отдельных их типах – преимущественно отсутствует (табл. 2).

В таблице 3 представлены результаты анализа данных, выполненного с использованием коэффициентов коллигации и информационной связи.

Значения коэффициентов коллигации более единицы свидетельствуют о наличии связи между отдельными классами выравненности и участками сообществ, характеризующимися разным сочетанием продуктивности и видового богатства (градациями фактора).

Таблица 2. Соотношение между продуктивностью ( $\lg W_d$ ), видовым богатством ( $S$ ) и выравненностью ( $E$ ) в растительных сообществах

Сообщества	$n$	$\lg W_d / S$		$S/E$		$\lg W_d / E$	
		$r$	$r^2$	$r$	$r^2$	$r$	$r^2$
в целом	370	-0.014	0.000	<b>0.413</b>	0.171	<b>-0.118</b>	0.014
альпийских ковров и пустошей	29	0.224	0.050	0.287	0.082	0.164	0.027
субальпийских болот	21	<b>0.572</b>	0.327	-0.287	0.083	-0.167	0.028
степей	58	<b>0.558</b>	0.311	<b>0.373</b>	0.139	0.087	0.008
высокогорных лугов	60	<b>0.401</b>	0.161	<b>0.827</b>	0.683	<b>0.315</b>	0.099
нижегорных лугов	100	<b>0.396</b>	0.157	<b>0.454</b>	0.206	0.045	0.002
солончаков	35	-0.174	0.030	-0.064	0.004	<b>0.423</b>	0.179
крупнотравья	67	<b>-0.273</b>	0.075	0.037	0.001	0.114	0.013

Примечание.  $n$  – число площадок;  $r^2$  – коэффициент детерминации,  $r$  – коэффициент корреляции Пирсона; жирным выделены значения коэффициента корреляции с  $P < 0.05$ .

Таблица 3. Результаты анализа соотношения между выравненностью ( $E$ ), продуктивностью ( $W_d$ ) и видовым богатством ( $S$ ) методом коллигаций

$S$	$W_d$	Выравненность ( $E$ )				$K_I$
		$\leq 0.25$	0.26-0.50	0.51-0.75	$\geq 0.75$	
Сообщества в целом						
< 15	< 30	0.645	0.678	1.337	0.816	0.100
< 15	30-300	<b>1.587</b>	1.344	0.837	0.372	
< 15	> 300	0.746	1.078	0.941	1.180	
> 15	30-300		0.384	1.229	<b>2.312</b>	
Высокогорные луга						
< 15	< 90	<b>2.200</b>	1.333	0.130		0.295
< 15	90-150	0.857	<b>1.667</b>	0.745		
< 15	> 150	1.000	<b>1.667</b>	0.652		
> 15	< 90			<b>2.609</b>		
> 15	90-150		0.222	<b>1.913</b>	<b>3.000</b>	
> 15	> 150			1.304	<b>7.500</b>	
Крупнотравье						
< 10	< 200	<b>4.400</b>	0.582	0.600	<b>1.650</b>	0.113
< 10	200-400	0.733	1.165	0.800	1.100	
< 10	> 400	0.917	0.809	1.000	<b>2.750</b>	
> 10	< 200		0.832	<b>1.714</b>		
> 10	200-400		1.028	1.412		
> 10	> 400		<b>1.941</b>			

Примечание.  $W_d$  – сухой вес живой фитомассы сообществ на  $0.25 \text{ м}^2$ ;  $S$  – число видов растений на  $0.25 \text{ м}^2$ ;  $K_I$  – коэффициент информационной связи; цифры в поле таблицы – коэффициенты коллигации (значения более 1.5 выделены жирным).

Значения коэффициента информационной связи отражает силу зависимости между ними в целом. Как видно из этой таблицы, если рассматриваются все сообщества вместе, то как низкая, так и высокая



выравненность наиболее вероятны в ценозах со средней продуктивностью, но низкая – с низким, а высокая – с высоким видовым богатством. Из таблицы 3 также следует, что как наименее, так и наиболее продуктивные сообщества могут иметь разную выравниваемость, причем, низкую – относительно реже, чем среднюю и высокую. В целом же связь между выравниваемостью и различными сочетаниями продуктивности и видового богатства можно считать относительно невысокой – коэффициент информационной связи равен 0.10.

Общее число описанных участков фитоценозов с низкой выравниваемостью ( $< 0.25$ ) составило 31 (8% от общего их числа), среди них 23 участка сообществ *C-R-S*-модели организации (крупнотравья, нижнегорных и высокогорных лугов), только 2 – *S*-модели (сухих степей) и 6 – *S-R*-модели (сообщества солончаков). Как видно из таблицы 3, в *C-R-S*-ценозах низкая выравниваемость наиболее вероятна на участках с относительно низкими для сообществ этих типов видовым богатством и продуктивностью.

Таким образом, если рассматривать сообщества определенных типов отдельно, то выясняется, что в низкопродуктивных сообществах *S*-модели (ковры, пустоши, болота, сухие степи) низкая выравниваемость встречается редко, а *C-R-S*-ценозах (сообщества высокогорных лугов и крупнотравья) наиболее вероятна для наименее продуктивных их участков. Отметим, в связи с этим, что высокой выравниваемостью характеризуются также высокопродуктивные древостой тропических лесов [13, 18, 32]. Их пример свидетельствует о том, что интенсивная конкуренция за свет не ведет к снижению выравниваемости, если сообщества сформированы экологически эквивалентными (конкурентно симметричными) видами. Однако выравниваемость в древостоях снижается по мере ухудшения лесорастительных условий [32]. Отсюда следует, что выравниваемость определяется не только интенсивностью межвидовой конкуренции, но и степенью ее асимметрии, которая у *C*-стратегов сильнее проявляется, по-видимому, в менее, чем в более благоприятных условиях среды. Таким образом, в растительных сообществах, в отличие от сообществ организмов других систематических групп [5, 11, 15], ухудшение условий среды не всегда сопровождается ростом степени дифференциации участия видов, а только в случае, если они относятся к *C-R-S*-модели, то есть доминантами в них являются *C*-стратеги.

*В статье приведены результаты исследований, выполненных при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 16-04-00228).*

#### Список литературы

1. Бигон М., Харпер Дж., Таунсенд К. Экология. Особи, популяции и сообщества. 1989. В 2-х т. Т. 2. М.: Мир. 477 с.
2. Василевич В.И. Доминанты в растительном покрове // Ботан. журн. 1991. Т. 76. № 12. С. 1674–1681.
3. Василевич В.И. Видовое разнообразие влажных лугов Европейской России // Ботан. журн. 2015. Т. 100. № 4. С. 372–381.

4. *Зернов А. С.* 2006. Флора Северо-Западного Кавказа. М.: Тов-во науч. изд. КМК. 664 с.
5. *Кузнецова Н.А.* Сообщества в экстремальных и антропогенных условиях (на примере таксоценозов коллембол) // Виды и сообщества в экстремальных условиях. Сборник, посвященный 75-летию академика Юрия Ивановича Чернова / Под. ред. А.Б. Бабенко, Н.В. Матвеевой, О.Л. Макарова, С.И. Головач. Москва-София: Т-во науч. изд. КМК – PENSOFT РЫ. 2009. С. 412-429.
6. *Лакин Г.Ф.* Биометрия. М.: Высшая школа. 1980. 293 с.
7. *Миркин Б.М., Наумова Л.Г.* Современное состояние основных концепций науки о растительности. Уфа: АН РБ, Гилем. 2012. 488 с.
8. *Мэггаран Э.* Экологическое разнообразие и его измерение. М.: Мир, 1992. 181 с.
9. *Нешатаев Ю.Н.* Методы анализа геоботанических материалов. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та. 1987. 192 с.
10. *Работнов Т.А.* Фитоценология. М.: Изд-во МГУ, 1983. 296 с.
11. *Чернов Ю.И.* Видовое разнообразие и компенсационные явления в сообществах и биотических системах // Зоол. журн. 2005. Т. 84. № 10. С. 1221–1238.
12. *Adler P.B., Seabloom E.W., Borer E.T. et al.* Productivity is a poor predictor of plant species richness // Science. 2011. V. 333. P. 1750–1753.
13. *Bell G.* The distribution of abundance in neutral communities // Am. Nat. 2000. V. 155. № 5. P. 606-617.
14. *Bengtsson J, Fagerstram T, Rydin H.* Competition and coexistence in plant communities // TREE. 1994. V. 9. № 7. P. 246-250.
15. *Caruso T., Pigino G., Bernini F., Bargagli R., Migliorin M.* The Berger–Parker index as an effective tool for monitoring the biodiversity of disturbed soils: a case study on Mediterranean oribatid (Acari: Oribatida) assemblages // Biodivers. Conserv. 2007. V. 16. P. 3277–3285.
16. *Drobner U., Bibby J., Smith B., Wilson J.B.* The relation between community biomass and evenness: what does community theory predict, and can these predictions be tested? // Oikos. 1998. V. 82. P. 295–302.
17. *Grime J.P.* Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory // Am. Nat. 1977. V. 111. № 982. P. 1169–1194.
18. *Hubbell S.P.* Tree dispersion, abundance, and diversity in a tropical dry forest // Science. 1979. V. 203. P. 1299–1309.
19. *Huston M.A.* General hypothesis of species diversity // Am. Natur. 1979. V. 113. № 1. P. 81–101.
20. *Johnston E.L., Roberts D.A.* Contaminants reduce the richness and evenness of marine communities: a review and meta-analysis // Environmental Pollution. 2009. V. 157. P. 1745–1752.
21. *Ma M.* Species richness vs. evenness: independent relationship and different responses to edaphic factors // Oikos. 2005. V. 111. P. 192–198.
22. *Olawusi-Peters O.O., Ajibare A.O.* Species richness, diversity and abundance of some Decapod Crustaceans in coastal waters of Ondo State, South West, Nigeria // International Journal of Fauna and Biological Studies. 2014. V. 1. № 5. P. 44-51.
23. *Onipchenko V.G., Semenova G.V., van der Maarel E.* Population strategies in severe environments: alpine plants in the northwestern Caucasus // J. Veg. Sci. 1998. V. 9. P. 27–40.
24. *Poggio S.L., Ghera C.M.* Species richness and evenness as a function of biomass in arable plant communities // Weed Research. 2011. V. 51. P. 241–249.
25. *Sasaki T., Lauenroth W.K.* Dominant species, rather than diversity, regulates temporal stability of plant communities // Oecologia. 2011. V. 166. № 3. P. 761–768.

26. Šimová I., Li Y.M., Storch D. Relationship between species richness and productivity in plants: the role of sampling effect, heterogeneity and species pool // *Journal of Ecology*. 2013. V. 101. P. 161–170.
27. Stevens M.H.H., Petchey O.L., Smouse P.E. Stochastic relations between species richness and the variability of species composition // *Oikos*. 2003. Vol. 103. P. 479–488.
28. Stirling G., Wilsey B. Empirical relationships between species richness, evenness, and proportional diversity // *Am. Nat.* 2001. V. 158. P. 286–300.
29. Tilman D., Lehman C.L., Bristow C.E. Diversity stability relationships: statistical inevitability or ecological consequence? // *Am. Nat.* 1998. V. 151. P. 277–282.
30. Weiher E., Keddy P.A. Relative abundance and evenness patterns along diversity and biomass gradients. *Oikos*. 1999. V. 87. P. 355–361.
31. Wilsey B., Stirling G. Species richness and evenness respond in a different manner to propagule density in developing prairie microcosm communities // *Plant. Ecol.* 2007. V. 190. P. 259–273.
32. Zhang J., Qiao X., Liu Y., Lu J., Jiang M., Tang Z., Fang J. Species-abundance distributions of tree species varies along climatic gradients in China's forests // *J Plant Ecol.* 2015. V. 23. № 9. P. 1–7.