

О РАСПРЕДЕЛЕНИИ И ИЕРАРХИИ БИОТИЧЕСКИХ ТАКСОНОВ НА ТЕРРИТОРИИ ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ РАВНИНЫ

А. А. Коновалов, С. Н. Гашев, М. Н. Казанцева

Наиболее подробное описание растительного покрова и животного мира Западно-Сибирской равнины (ЗСР) дается в работах [1, 2, 3, 4], которые включают в себя в основном описание качественных характеристик растительных и животных комплексов различных природных зон и подзон. Эта статья посвящена количественным закономерностям распределения и иерархии биотических таксонов на территории ЗСР.

Пространственное распределение биоты в основном определяется климатом. Задачей данного исследования является установление количественных связей биотических таксонов с климатическими показателями и закономерностей их распределения по географическим зонам и уровням ранжирования на территории ЗСР в пределах Тюменской и Омской областей

Климатические показатели определялись по данным метеослужбы [5, 6, 7]. Объекты исследования – количества таксонов вводились в расчет в логарифмической форме, сглаживающей скачкообразный вид функций и облегчающий установление взаимоотношений между системами или их отдельными элементами. Аппроксимирующие формулы географической и иерархической зависимости количества таксонов и достоверность аппроксимации (коэффициент детерминации) R^2 определялись по стандартной компьютерной программе Excel.

Показатели тепло- и влагообеспеченности. Все элементы климата (ЭК) связаны между собой. Ранее найдены количественные выражения этих связей для условий Тюменско-Омского региона [8, 9, 10, 11, 12], позволяющие по любому известному ЭК, например, индексу сухости, определить и все остальные.

Индекс сухости $J = B/LU$ (B – радиационный баланс, U – годовая сумма осадков, L – скрытая теплота испарения) – важнейший, комплексный ЭК, ответственный за распределение тепла и влаги у поверхности Земли. Его величина изменяется от 0 в зоне арктических пустынь до 3–5 и более в пустынях субтропического и тропического поясов [13, 14].

В зависимости от величины J фитосферу можно разделить на северную J_c (прохладную и влажную) и южную $J_{ю}$ (жаркую и засушливую). Граница между ними примерно совпадает с изолинией $J=1$. Условия тепло- и влагообмена в северной и южной фитосфере, характеризующиеся $\ln J$, симметричны. Например, область устойчивого существования растительности ограничена на севере изолиниями $J_c \approx 0,2 \dots 0,33$ (северная тундра), на юге $J_{ю} \approx 5 \dots 3$ (южная полупустыня) [13], откуда $J_c \approx 1/J_{ю}$ или $\ln J_c \approx \ln(1/J_{ю}) \approx -\ln(J_{ю})$.

Распределение многих природных показателей рассматриваемого региона, выраженных в виде зависимости от J , в частности, годовые суммы осадков, групповые палиноспектры, фитопродуктивность [9], также близко к симметричному. Графики этих зависимостей имеют куполообразную форму, вершина которой приходится на $J \approx 0,95 \div 1,2$ (близко к $J \approx 1$). Для примера на **рис. 1** показана связь годовой суммы осадков U (мм) и фитопродуктивности (Pr , т/га · год) с индексом сухости J .

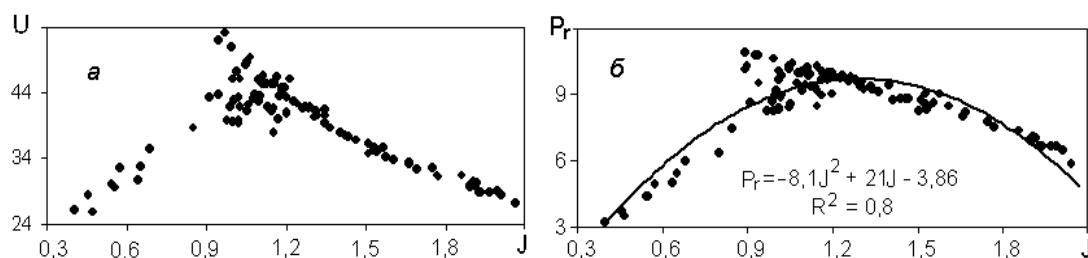


Рис.1 Связь U (а) и Pr (б) с J

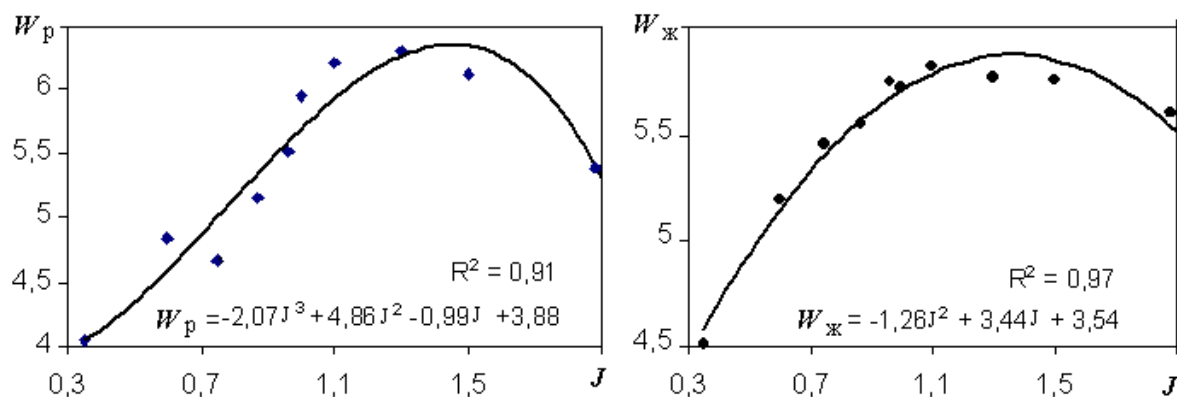
Географическая (климатическая) зависимость распределения биотических таксонов. В табл. 1 показано распределение численности биотических таксонов и средних значений J по природным зонам и подзонам ЗСР [1, 2, 3].

Таблица 1

Количество таксонов животных (птиц + млекопитающих) $N_{ж}$ и сосудистых растений $N_{р}$, а также средние значения J в разных (i) подзонах ЗСР

i	Подзона	J	Животные ($N_{ж}$)				Растения ($N_{р}$)		
			виды	роды	семейства	отряды	Виды	роды	семейства
1	Северная тундра	0,35	73+18	46+15	20+9	7+5	57	35	17
2	Южная тундра	0,6	148+32	79+22	30+11	11+5	126	67	31
3	Лесотундра	0,75	194+42	107+27	39+12	15+5	99	58	28
4	Северная тайга	0,87	207+51	115+33	41+15	16+6	174	86	43
5	Средняя тайга	0,96	257+59	136+38	48+17	18+6	247	147	50
6	Южная тайга	1,0	246+60	130+38	47+17	16+6	380	203	73
7	Подтайга	1,1	<u>271+67</u>	<u>141+41</u>	<u>54+18</u>	18+6	493	260	<u>74</u>
8	Северная лесостепь	1,3	259+63	139+ <u>43</u>	50+ <u>19</u>	<u>19+6</u>	<u>540</u>	<u>267</u>	64
9	Южная лесостепь	1,5	252+67	135+42	48+18	18+6	449	226	54
10	Степь	1,9	208+58	115+40	45+16	19+6	215	131	36

Графики на рис. 2 отражают зависимость видового разнообразия растений $W_p = \ln N_p$ и животных $W_{ж} = \ln N_{ж}$ от индекса сухости J .

Рис.2. Зависимости $W_p = \ln(N_p)$ и $W_{ж} = \ln(N_{ж})$ от J и их аппроксимации

Из табл. 1 и рис. 2 следует, что количества рассматриваемых таксонов, и флористических, и фаунистических, изменяются одинаково: с севера на юг они сначала увеличиваются, а затем, уменьшаются. Смена вектора происходит в подтайге – северной лесостепи (см. выделенные значения N в табл.1). Следовательно, условия обитания биоты наиболее благоприятны в области перехода тайги в лесостепь, где индекс сухости J изменяется в пределах 0,95-1,2.

Такая же закономерность наблюдается и у отдельных элементов флоры и, в частности у травянистых и древесных растений. Большинство травянистых растений на территории ЗСР принадлежит семействам *Superaceae* и *Poaceae*; большинство древесных растений – семействам *Salicaceae*, *Pinaceae*, *Betulaceae* [3].

В табл. 2 даны суммарные количества видов древесных и травянистых растений, относящихся к этим семействам. Как видно из табл. 2, их зональное распределение подчиняется тому же закону, что и растительности в целом (ср. с табл. 1). То же можно сказать и про от-

дельные элементы фауны – млекопитающих и птиц. Из табл. 1 видно, что они, как и фауна в целом имеют тот же характер распределения с севера на юг: сначала количества их таксонов увеличивается, а затем, при $J > 1$, уменьшается.

Таким образом, вся биота имеет одинаковый характер распределения с севера на юг – ее обилие сначала увеличивается, а затем, при $J > 1$, уменьшается. Это утверждение, не является тривиальным. Например, в монографии, изданной Экоцентром МГУ [15], в разделе 2.3.2. читаем: “В общем, наблюдается повышение первичной продукции от полюсов к тропикам по мере увеличения освещенности, средних температур и продолжительности вегетационного периода”. В книге известного зарубежного автора [16] в разделе 1.9 также утверждается, что “Видовое разнообразие почти всех групп организмов увеличивается по направлению к тропикам”.

Таблица 2

Распределение древесных (Д) и травянистых (Тр) растений самых распространенных семейств на территории ЗСР (нумерация подзон по табл. 1; в числителе количества видов, в знаменателе их логарифмы)

i	J	Д	Тр	i	J	Д	Тр
1	0,35	5 / 1,61	22 / 3,09	6	1,0	27 / 3,27	68 / 4,22
2	0,6	12 / 2,48	40 / 3,5	7	1,1	<u>28 / 3,37</u>	95 / 4,55
3	0,75	15 / 2,71	30 / 3,4	8	1,3	16 / 2,78	<u>101 / 4,62</u>
4	0,87	17 / 2,83	47 / 3,85	9	1,5	4 / 1,38	85 / 4,44
5	0,96	23 / 3,14	59 / 4,08	10	1,9	- / -	33 / 3,6

Приведенные здесь материалы показывают, что в Западной Сибири, как и повсеместно, освещенность, средние температуры и продолжительность вегетационного периода с севера на юг увеличиваются, а вот продуктивность и видовое разнообразие увеличиваются только в северной фитосфере. В южной фитосфере – в подтайге и южнее, где $J > 1$, перечисленные определяющие факторы климата продолжают увеличиваться, но продуктивность и видовое разнообразие при этом уменьшаются (только пространственное распределение осадков по характеру аналогично распределению биоты – рис.1). Отметим, что в Средней Сибири кривая хода биоразнообразия также имеет параболическую (кулообразную) форму с максимумом, приуроченным к области подтайга-лесостепь, где индекс сухости близок к 1 [17].

Специфика географических зон в табл. 1 отражена их порядковыми номерами ($i = 1 \dots 10$). Найдено общее выражение зависимости количества таксонов от i с достоверностью $R^2 > 0,91$:

$$W_i = A \cdot i^2 + B \cdot i + C, \quad (2)$$

где $W_i = \ln(N_i)$; N_i – количество биотических таксонов данного ранга (вид...отряд) в i -ой подзоне ($i = 1 \dots 10$); A , B и C – эмпирические константы, определяемые по табл. 3.

На рис. 3 показаны графики и формула соответствия между i и J , найденные по данным в 1-м и 3-м столбцах табл.1.

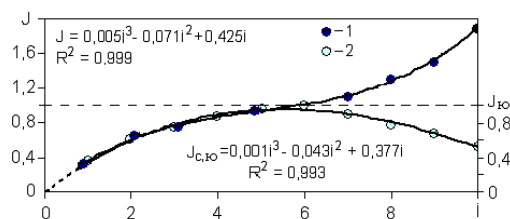


Рис. 3. Графики соответствия между i и J по всему региону, а также в северной $J_c = J$ и южной $J_{ю} = 1/J_c$ фитосфере

Циклическая кривая $J_{c,ю}$ на этом графике состоит из двух кривых. Левая ($i \leq 5$), восходящая $J_c = J$ отражает связь i и J в северной фитосфере, правая, нисходящая $J_{ю} = 1/J_c$ – в южной. Из ее анализа становится понятным характер зонального распределения биотического богатства, почему с севера на юг оно сначала растет, а потом (при $J > 1$) убывает.

Используя соответствие между i и J , величину i в формуле (2) можно заменить на J и рассматривать зависимость численности таксонов растений и животных непосредственно от климата.

Таблица 3

Постоянные в формуле (2) для разных групп биоты: I – сосудистые растения, II – птицы, III – млекопитающие, IV – птицы + млекопитающие, V и VI – виды древесных (Д) и травянистых (Тр) растений, а также значения R^2

Группа	Таксоны	A	B	C	R^2
I	виды	-0,042	0,57	2,27	0,87
	роды	-0,042	0,45	2,82	0,89
	семейства	-0,047	0,72	3,28	0,9
II	виды	-0,024	0,393	4,01	0,97
	роды	-0,021	0,346	3,54	0,98
	семейства	-0,016	0,274	2,76	0,98
	отряды	-0,014	0,25	1,81	0,93
III	виды	-0,021	0,377	2,52	0,99
	роды	-0,015	0,29	2,38	0,99
	семейства	-0,012	0,222	1,88	0,96
	отряды	-0,003	0,058	1,51	0,8
IV	виды	-0,024	0,389	4,21	0,98
	роды	-0,02	0,332	3,82	0,99
	семейства	-0,015	0,259	3,11	0,99
	отряды	-0,01	0,187	2,35	0,95
V	Виды – Д	-0,047	0,469	0,053	0,84
VI	Виды – Тр	-0,011	0,147	0,959	0,81

Иерархическая зависимость распределения биотических таксонов. Анализ показал, что логарифмы количества таксонов разных рангов в каждой подзоне можно увязать с логарифмом количества видов W_1 линейной формулой:

$$W_j = k_j W_1, \quad (3)$$

где $j = 1 \dots 4$ – порядковый номер таксона ($W_1 \dots W_4$) в ряду *вид-род-семейство-отряд*, k_j – эмпирический коэффициент.

Отношения W_2/W_1 , W_3/W_1 , W_4/W_1 для всех групп во всех подзонах изменяются беспорядочно, в небольшом диапазоне и явно не в связи с климатом. Иначе говоря, распределение этих отношений по подзонам пренебрежимо мало зависит от климата. Для примера в табл. 4 приведено распределение этих отношений для растений и животных по подзонам ЗСР.

Таблица 4

Распределение отношений $W_2/W_1 \dots W_4/W_1$ растений и животных в ЗСР

i	Подзона	Животные			Растения	
		W_2/W_1	W_3/W_1	W_4/W_1	W_2/W_1	W_3/W_1
1	Северная тундра	0,91	0,75	0,55	0,82	0,7
2	Южная тундра	0,89	0,72	0,53	0,87	0,71
3	Лесотундра	0,89	0,72	0,55	0,88	0,73
4	Северная тайга	0,9	0,72	0,56	0,86	0,73
5	Средняя тайга	0,9	0,73	0,55	0,9	0,71
6	Южная тайга	0,89	0,73	0,54	0,89	0,72
7	Подтайга	0,89	0,73	0,55	0,89	0,69

О распределении и иерархии биотических таксонов на территории Западно-Сибирской равнины

i	Подзона	Животные			Растения	
		W_2/W_1	W_3/W_1	W_4/W_1	W_2/W_1	W_3/W_1
8	Северная лесостепь	0,90	0,73	0,56	0,9	0,66
9	Южная лесостепь	0,9	0,73	0,55	0,89	0,65
10	Степь	0,9	0,74	0,58	0,9	0,67
Среднее		0,89	0,73	0,55	0,87	0,7

Из табл. 4 видно, что отклонения крайних значений $W_j / W_1 = k_j$ от средних не превышают 5, редко 10 %. Таким образом, можно принять, что величина k_j не зависит от климата и является постоянной (одинаковой) для всех подзон. Значения k_j , как постоянной величины, для рассматриваемых групп биоты сведены в табл. 5.

Таблица 5

Значения $k_j = W_j / W_1$ в формуле (3) для растений (I), птиц (II), млекопитающих (III), и птиц+млекопитающих (IV)

Группа	j	k_j	Группа	j	k_j
I	1	1	III	1	1
	2	0,89		2	0,9
	3	0,7		3	0,69
	4	-		4	0,45
II	1	1	IV	1	1
	2	0,89		2	0,89
	3	0,7		3	0,73
	4	0,51		4	0,55

Подставив в формулу (3) $W_j = \ln N_j$ и $W_1 = \ln N_1$, после ее преобразования находим формулу, связывающую количество родов (N_2), семейств (N_3) и отрядов (N_4) биоты с количеством ее видов (N_1) в обычном (не логарифмическом) масштабе:

$$N_j = (N_1)k_j. \quad (4)$$

Табл. 5, как и другие приведенные материалы свидетельствует о практически полном единстве системы биотических таксонов. Относительная разница между таксонами флористических и фаунистических групп во всех зонах и подзонах, опосредованная величиной k_j , лежит в пределах 5%. Независимость k_j от климата (т.е., от i) позволяет по количеству таксонов одной группы ориентировочно определить количество таксонов любых других групп на всех иерархических уровнях, от вида до отряда.

Например, для южной тундры (i = 2) известно количество видов группы IV (млекопитающие + птицы) – $N_b = 180$ (табл. 1). Требуется определить количество родов N_p ($k_j = 0,89$, см. табл. 5), семейств N_c ($k_j = 0,73$) и отрядов N_o ($k_j = 0,55$). Расчет по формуле (4) дает: $N_p = 102$, $N_c = 44$, $N_o = 17$, что почти совпадает с фактическими данными в табл.1: $N_p = 101$, $N_c = 41$, $N_o = 16$.

Аналогично для этой же группы в подтайге (i = 7) по факту имеем (табл. 1): $N_b = 338$, $N_p = 182$, $N_c = 72$, $N_o = 24$, а расчетом получаем: $N_b = 338$, $N_p = 178$, $N_c = 70$, $N_o = 24$. Разница также в пределах допустимого – меньше 3 %.

Фрактальность распределения таксонов по иерархическим рангам. Как известно, многие системы при определенном их математическом представлении, фрактальны или самоподобны на всех участках своего ареала и времени существования. Б. Мандельброт, введший понятие фрактальности в научный оборот, дал ему довольно общее определение (по [18]): «... фракталом называется структура, состоящая из частей, которые в каком-то смысле подобны целому». Примером таких структур может служить крона дерева, бассейны рек и их притоков, система кровеносных сосудов и т.п. К фрактальным могут относиться и системные иерархии, в т. ч. и биотические: вид – род – семейство – отряд.

Такие иерархии обычно представляют собой геометрическую прогрессию с примерно постоянным знаменателем – коэффициентом подобия. Типичным фракталом является выражение (4). Другой пример фрактального множества – иерархия отношений предшествующего члена W_j к последующему W_{j+1} в ряду: 1) вид, 2) род, 3) семейство, 4) отряд:

$$W_1 / W_2 \rightarrow W_2 / W_3 \rightarrow W_3 / W_4. \quad (5)$$

Если разделить числители и знаменатели этой последовательности на W_1 , ее можно выразить также и через k_j (согласно табл. 5), в частности ее первый и основной член $W_1 / W_2 = 1 / k_2$.

В табл. 6 приведены значения отношений, входящих в (5) для рассмотренных в табл.5 групп биоты.

Анализ показал, что соотношение членов иерархии (5) можно описать формулой:

$$W_j / W_{j+1} = (W_1 / W_2)^j = (k_1 / k_2)^j = (1/k_2)^j, \quad (6)$$

где j равен номеру предшествующего члена ряда: 1) вид...4) отряд

Таблица 6

Фактические и расчетные величины отношений в ряду (5) в зависимости от порядкового номера – n

Группа	n	По факту	Расчет	Группа	n	По факту	Расчет
I	1	1,13	1,13	III	1	1,11	1,11
	2	1,26	1,27		2	1,29	1,24
	3	-	1,4		3	1,53	1,37
II	1	1,13	1,13	IV	1	1,11	1,11
	2	1,27	1,27		2	1,23	1,23
	3	1,37	1,44		3	1,33	1,37

Т.е., первое отношение $(W_1 / W_2) = (W_1 / W_2)^1 = (1 / k_2)^1$, второе $(W_2 / W_3) = (W_1 / W_2)^2 = (1/k_2)^2$, третье $(W_3 / W_4) = (W_1 / W_2)^3 = (1/k_2)^3$. В столбце 4 и 8 табл.6 приведены величины W_j / W_{j+1} , вычисленные по формуле (6). Они показывают хорошую сходимость с фактическими данными. Из формулы (6) следует, что последовательность (5) представляют собой геометрическую прогрессию (фрактал), знаменатель которой равен номеру ее члена, а первый член для всех рассмотренных групп, согласно табл.6 есть постоянная величина $W_1 / W_2 = 1/k_2 \approx 1/0,89 \approx 1,12$.

Покажем, как с помощью формулы (6) рассчитать (спрогнозировать) возможное количество порядков растительности (N_4) по числу семейств (N_3). Согласно формуле (6) $W_3 / W_4 = (W_1 / W_2)^3 = (1/k_2)^3 \approx 1,4$. По данным табл.1, например, в северной тундре (при $i=1$), находим: $W_3 = \ln 17 = 2,8$; откуда $W_4 = 2,8/1,4 = 2$, а число порядков – $N_4 = \exp(2) \approx 7$. То же в южной тундре ($i=2$): $W_3 = \ln 31 = 3,4$; откуда $W_4 = 3,4/1,4 = 2,4$, а количество порядков – $N_4 = \exp(2,4) \approx 11$.

Проверим формулу (6) на сходимость с фактическими данными. Определим с ее помощью значения W_4 и N_4 для отрядов животных в северной ($i=4$) и южной ($i=6$) тайге. Из табл. 1 для северной тайги находим: $W_3 = \ln 56 = 4$. Тогда, принимая, что $W_3 / W_4 \approx 1,4$ (см. табл.6), $W_4 = 4/1,4 = 2,85$, а число отрядов – $N_4 = \exp(2,85) \approx 17$. То же для южной тайги: $W_3 = \ln 64 = 4,2$; тогда $W_4 = 4,2/1,4 = 3$, а $N_4 = \exp(3) \approx 20$. В обоих случаях расчетные – **17** и **20** и фактические (см. табл. 1) – **16** и **22** величины N_4 отличаются незначительно.

Гипотетически можно оценить и последующие члены системной иерархии биоты – 5) классы, 6) отделы, 7) царства.... Например, для той же южной тайги: четвертый член в ряду (5) $W_4 / W_5 = (1/k_2)^4 = 1,57$, откуда $W_5 = 3 / 1,57 = 1,9$, а $N_5 = \exp(W_5) \approx 7$. Далее: $W_5 / W_6 = 1,76$, тогда $W_6 = 1,9/1,76 = 1,08$, а количество отделов $N_6 \approx \exp(1,08) = 2,9$; $W_6 / W_7 = 1,97$, тогда $W_7 = 1,08/1,97 = 0,55$, а количество царств $N_7 \approx 2$, т.е. – *царство животных* и *царство растений* или фауна и флора.

При увеличении ранга таксона j число таксономических групп уменьшается, в пределе ($j \rightarrow \infty$) до 1, которая (единица) соответствует вершине, матрице, всей биотической иерархии – **биосфере**, теоретически достигаемой при $j = \infty$. Но, как следует из приведенных примеров, уже при $j=7$ достигается верхний (минимальный) уровень ее деления на целые числа –

на 2 царства, растений и животных. Причем j может быть дробью, что соответствует промежуточным категориям систематики – подвидам, подотрядам и т.п.

Основные выводы

1. Установлена формула зональной зависимости биотического богатства, выраженного количеством таксономических групп ($N_{p,j}$), позволяющая ориентировочно определять этот параметр по климатическим данным, в частности по величине индекса сухости J .

2. Максимальные величины $N_{p,j}$, соответствующие оптимальным условиям существования наблюдаются в области перехода тайги в лесостепь, где индекс сухости J изменяется в пределах $0,95 \div 1,2$ ($J \approx 1$).

3. В северной (холодной и влажной) фитосфере, где $J < 1$, величина $N_{p,j}$ к югу возрастает, а в южной (теплой и сухой), где $J > 1$, убывает.

4. Количество биотических таксонов в ряду: вид-род-семейство-отряд (порядок), выраженное через отношение логарифмов предыдущего и последующего членов, фрактально и не зависит от климата.

5. Величина этого отношения в пределе стремится к единице, соответствующей высшему разряду биотической систематики – биосфере, теоретически достигаемой при $j = \infty$. Но уже при $j=7$ достигается верхний (минимальный) уровень ее деления – на 2 царства, растений и животных. Причем j может быть дробью, что соответствует промежуточным категориям систематики – подвидам, подотрядам и т.п.

В целом полученные результаты демонстрируют единство и взаимообусловленность существования растений и животных и их общую зависимость от климата.

Литература

1. Гашев, С. Н. Млекопитающие Тюменской области [текст]: справочник-определитель / С. Н. Гашев. – Тюмень: ТюмГУ, 2008. – 336 с.
2. Гашев, С. Н. База данных «Рабочее место орнитолога» [текст]: свидетельство № 2012620405 (зарегистрировано в Реестре баз данных 3 мая 2012).
3. Растительный покров Западно-Сибирской равнины [текст]: монография / И. С. Ильина [и др.]. – Новосибирск: Наука, 1985. – 250 с.
4. Растительность Западно-Сибирской равнины. Карта М 1 : 1500000 [текст] / под ред. И. С. Ильиной. – М.: ГУГК, 1976. – 4 л.
5. Справочник по климату СССР [текст]. Л.: Гидрометеиздат, 1965. – Вып. 17. – Ч. II. – 276 с.
6. Справочник по климату СССР [текст]. Л.: Гидрометеиздат, 1966. – Вып. 17. – Ч. I. – 71 с.
7. Научно-прикладной справочник «Климат России, 2011» [Электронный ресурс]. Режим доступа: aisori.meteo.ru/Clspr
8. Коновалов, А. А., Климат, фитопродуктивность и палиноспектры: связи, распределение и методика палеорекоstructions [текст] / А. А. Коновалов, С. Н. Иванов. – Новосибирск: Изд-во «Гео», 2007. – 130 с.
9. Коновалов, А. А. Реконструкция истории климата по групповым палиноспектрам (на примере Западной Сибири) [текст] / А. А. Коновалов, С. Н. Иванов. – Saarbrücken, Germany, Palmarium Academic Publishing, 2012. – 119 с.
10. Коновалов, А. А. Связь показателей биопродукции и климата и пропорции их распределения в пространстве и времени [текст] / А. А. Коновалов // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. – 2005. – №6. – С. 69-81.
11. Коновалов, А. А. Общие закономерности развития экогеосистем (деформационная модель) [текст] / А. А. Коновалов. – Saarbrücken, Germany, Palmarium Academic Publishing, 2012. – 252 с.
12. Коновалов, А. А. Характер зависимости ширины годичных колец от климата [текст] / А. А. Коновалов // Аграрная Россия. – 2013. – № 2. – С. 24-30.

13. Будыко, М. И. Климат и жизнь [текст]: монография / М. И. Будыко. – Л.: Гидрометеиздат, 1971. – 472 с.
14. Хромов, С. П. Метеорологический словарь [текст] / С. П. Хромов, Л. И. Мамонтова. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 568 с.
15. География и мониторинг биоразнообразия [текст]: монография / под ред. Н. С. Касимова, Э. Г. Романовой, А. А. Тишкова. – М.: Научный и учебный методический центр МГУ, 2002, – 432 с.
16. Примак, Р. Основы сохранения биоразнообразия [текст]: перевод с английского / Р. Примак. – М.: Научный и учебный методический центр МГУ, 2002, – 256 с.
17. Парфенова, Е. И., Зависимость биоразнообразия растительного покрова разных уровней организации от климатических факторов (на примере Средней Сибири) [текст] / Е. И. Парфенова, Н. М. Чебакова, В. И. Власенко // Сибирский экологический журнал, – 2004, – № 5. – С. 725-734.
18. Гелашвили, Д. Б. Основы мультифрактального анализа видовой структуры сообщества [текст] / Д. Б. Гелашвили [и др.]. // Успехи современной биологии. – 2008. – Т. 128. – № 1. – С. 21-34.