

## ЗОНАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БИОТЫ РОССИЙСКОГО ЗАПОЛЯРЬЯ

**А. А. Коновалов**

Институт проблем освоения Севера Тюменского научного центра Сибирского отделения РАН,  
Тюменский индустриальный университет, (Тюмень, Российская Федерация)

**С. Н. Иванов**

Институт проблем освоения Севера Тюменского научного центра Сибирского отделения РАН,  
Тюмень, Российская Федерация)

Статья поступила в редакцию 16 октября 2017 г.

*Исследуются количественные закономерности распределения и иерархии биотических показателей в российском Заполярье и способы их отображения – картографический и аналитический. Установлен характер их зонального распределения. Приведены схематические карты изолиний показателей климата и биоты. Найдены формулы климатической зависимости биоты.*

**Ключевые слова:** Заполярье, климат, индексы сухости и тепла, биота, таксоны, взаимосвязи.

### Цель и методы

Площадь российского сегмента Заполярья (регионов, расположенных за Полярным кругом) — около 9 млн м<sup>2</sup>. Преимущественно это моря Северного Ледовитого океана. Суша занимает всего порядка 2,2 млн м<sup>2</sup>, располагаясь с севера на юг в пределах трех природных зон: полярные пустыни (1), арктические и субарктические тундры (2) с подзонами арктических, типичных и южных тундр (2а, 2т, 2ю), и лесотундры (3), в центральном Заполярье (в Якутии) захватывая также часть подзоны северной тайги (4). Общим для всей этой территории являются суровые природные условия, определяющие здесь, особенно в северной части, низкое биоразнообразие, скудость биологических ресурсов и трудности хозяйственного освоения.

Климатические зоны (подзоны), характерные для них растительные сообщества, а также изолинии обобщенных биотических параметров  $j_y$  (подробнее

о  $j_y$  см. ниже) российского Заполярья показаны на рис. 1.

Зональные особенности распределения климатических и биотических показателей в Арктике подробно рассмотрены в [2—11]. Цель данной работы — установить количественные закономерности взаимодействия биоты с климатом в части ее распределения по природным зонам и подзонам российского Заполярья, уровням ранжирования, а также их картографическое и аналитическое отображение.

При ландшафтной, геоботанической, мерзлотной и т. п. съемках местности широко используется метод ключевых участков. При этом детальные исследования проводятся на отдельных, типичных для данной местности участках, а результаты, при необходимости подкорректированные, затем по аналогии распространяются на всю территорию. В нашем случае в качестве такого ключевого участка (из-за его протяженности уместнее говорить о районе, регионе) принят север Западной Сибири, для которого

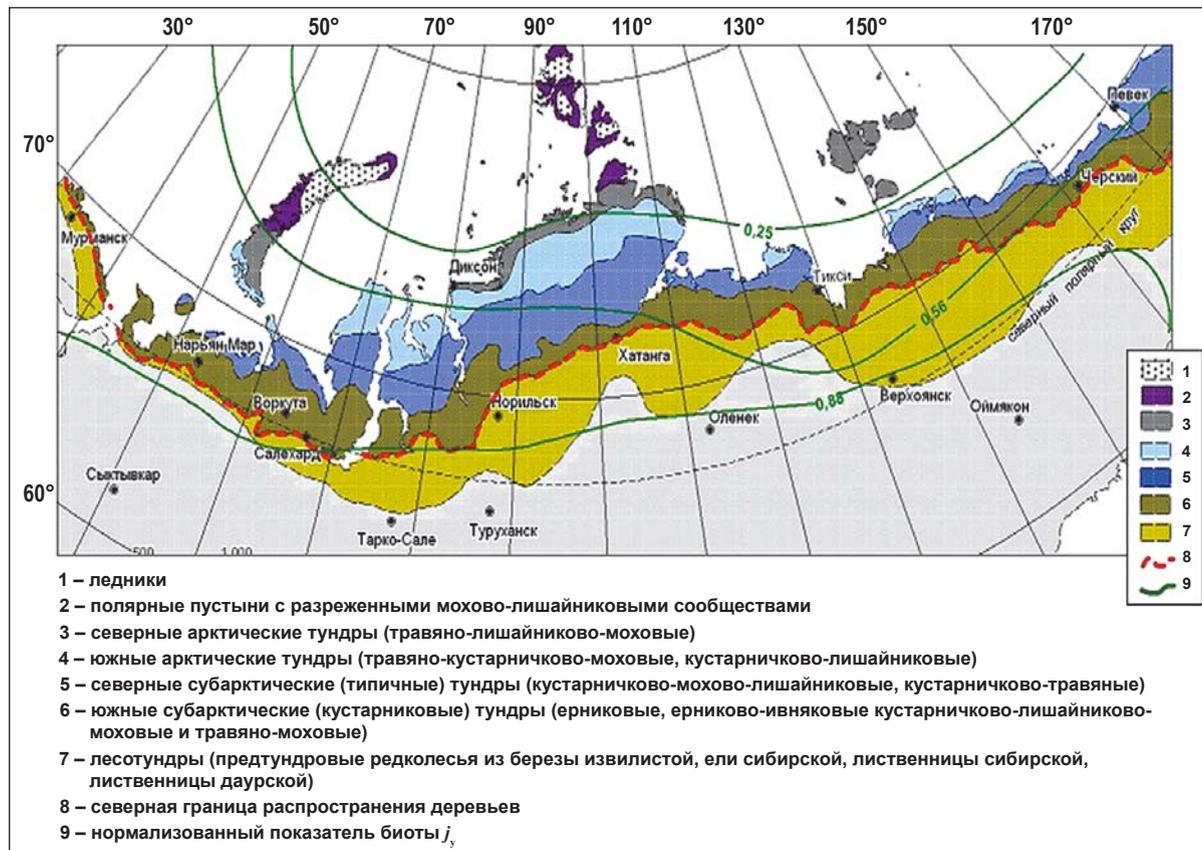


Рис. 1. Геоботаническая карта российского Заполярья (по [1]) с изолиниями обобщенных биотических параметров  $j_y$   
 Fig. 1. Geobotanical map of the Russian polar region (in [1]) with contours of generalized biotic parameters  $j_y$

поставленная выше цель и связанные с ней задачи ранее были сформулированы и частично решены [4—10; 12; 13]. Эти результаты использованы для решения указанной проблемы и для Заполярья в целом.

Метод ключевых участков — это фактически пространственный аналог другого распространенного в геонимике метода (принципа) актуализма, в соответствии с которым закономерности, по которым взаимодействуют компоненты природы, проявляются всегда и повсеместно. То есть отдельные климатические и биотические показатели могут отличаться (и отличаются) от места к месту, а вот результаты их взаимодействия практически одинаковы. Как правило, этот принцип выполняется при использовании в анализе обобщенных (комплексных) показателей типа индексов тепла, сухости и др.

Практическая значимость работы вытекает из того факта, что биотическое богатство и разнообразие — число видов, родов, семейств биоты и т. д. — реально определяются только непосредственным подсчетом (переписью) в полевых условиях, что требует больших затрат времени и средств. Между тем климат, определяющий тепло- и влагообеспеченность, является главным фактором распределения биоты, ее разнообразия. Знание количественных закономерностей климатической зависимости биоты позволяет определять ее богатство и структуру,

хотя бы на стадии экспертных оценок, по данным сетевых метеостанций.

Климатические показатели взяты по справочному материалу [14; 15]. Аппроксимации искомым зависимостей и их достоверность (коэффициент детерминации)  $R^2$  определялись при помощи программы Excel.

### Основные показатели климата Заполярья, их взаимосвязи

Важнейшие комплексные показатели климата: индекс сухости  $J = B/U r_r$  ( $B$  — годовой радиационный баланс, ккал/см<sup>2</sup>;  $U = 0,6$  ккал/см<sup>3</sup> — теплота испарения;  $r_r$  — годовая сумма осадков, см), соотносящий поступления в почву тепла и влаги [2], а также индекс тепла — сумма положительных температур воздуха  $\Sigma_0$  (градуссутки — гс), ответственный за поступление тепла. Входящее в  $J$  отношение  $B/U = r_m$  — метрический эквивалент радиационного баланса, характеризующий максимально возможное испарение, — испаряемость. А индекс сухости  $J = B/U r_r = r_m / r_r$  — количественный критерий, указывающий на избыток (или недостаток) тепла или влаги: если  $J < 1$ , то в избытке влага, если  $J > 1$  — тепло. Соответственно в первом случае жизнь биоты и ее эволюция зависят в первую очередь от поступления тепла, во втором — влаги.

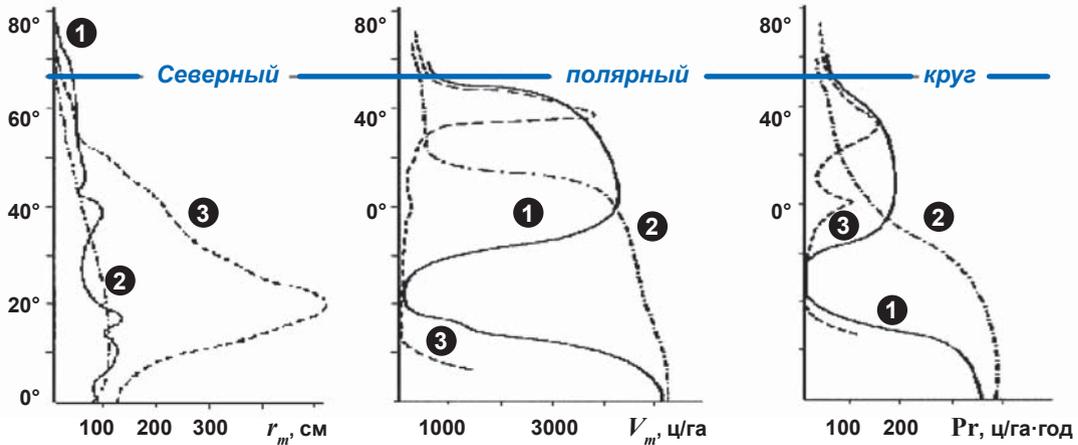


Рис. 2. Зональное распределение испаряемости  $r_m$ , фитомассы  $V_m$  и продуктивности  $Pr$  растительного покрова – годичной первичной продукции в атлантическом (1), континентальном (2) и тихоокеанском (3) секторах Северного полушария [5]  
 Fig. 2. Zonal distribution of evaporation  $r_m$ , phytomass  $V_m$  and productivity  $Pr$  of vegetation cover-annual primary production in Atlantic (1), continental (2) and Pacific (3) sectors of the Northern hemisphere [5]

В зависимости от величины  $J$  биосфера делится на северную (холодную, влажную) и южную (теплую, сухую). Граница между ними лежит в области, где  $J \approx 1$ . Арктика находится в холодной части биосферы, характеризующейся возрастанием обилия и разнообразия биоты с севера на юг.

На рис. 2 [6] показано распределение значимых показателей климата и биоты: радиационного баланса, точнее его метрического эквивалента — испаряемости  $r_m$ , массы  $V_m$  и продуктивности  $Pr$  растительного покрова в атлантическом, континентальном и тихоокеанском секторах Северного полушария. В целом для полушария оно имеет сложный характер, но в Заполярье (всё, что выше

Северного полярного круга) значительно упрощается: зональная зависимость здесь невелика и близка к линейной, а секторальная практически не проявляется. Это хорошо прослеживается и на картах распределения тепла, индекса сухости, массы и продуктивности растительного покрова, приведенных в книге М. И. Будыко [2]. В пределах равнинной Арктики изолинии этих показателей идут вдоль береговой линии, почти параллельно широтам (рис. 3).

Это позволяет принять природные закономерности, ранее установленные для севера Западной Сибири [8; 9; 12], актуальными для всей Арктики (в пределах равнинной части).

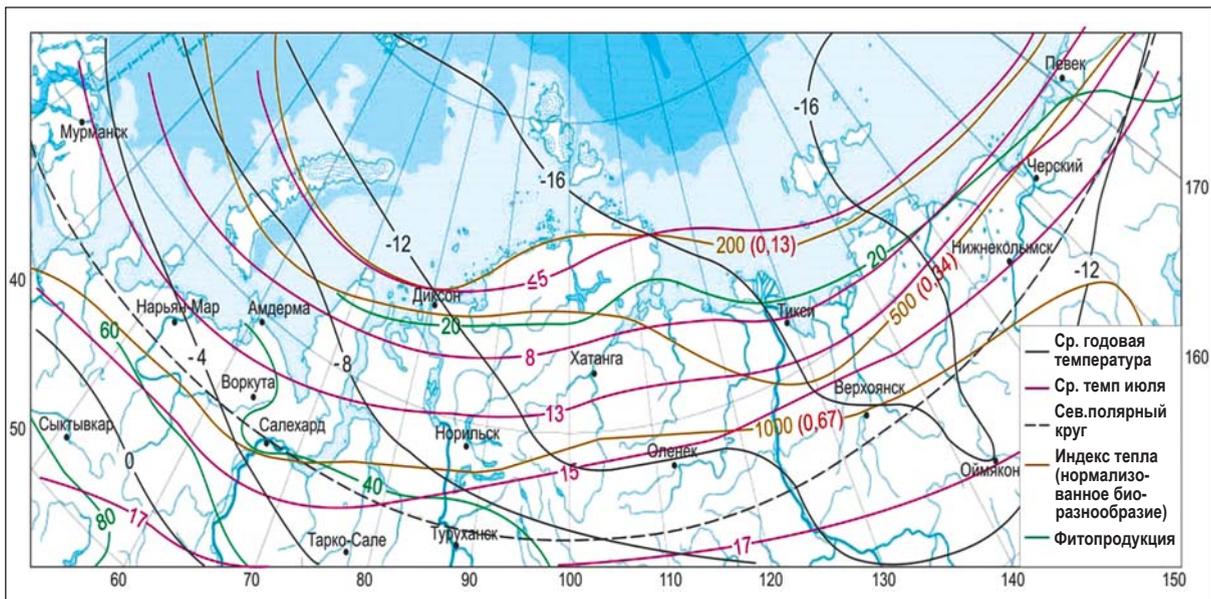


Рис. 3. Распределение средних за лето и год температур воздуха за год и июль (°C), индексов тепла (rc), годовой фитопродукции (т/га-год), а также нормализованного биоразнообразия  $j_y$  (дробные числа в скобках)  
 Fig. 3. Isolines of average air temperatures (°C) for the year and July, heat indices (rc), annual phytoproduction (т/га-год), and normalized biodiversity  $j_y$  (fractional numbers in parentheses)

Таблица 1. Номера зон и подзон, средние температуры в июле  $t_7$  (°C), индексы сухости  $J$  и тепла  $\Sigma_0$  (гс), а также численность классификационных групп сосудистых растений на севере Западной Сибири

№	$J$	$t_7$	$\Sigma_0$ , гс	Древесные Д			Травянистые Тр			Все растения ( $N_p = Д + Тр$ )		
				В	Р	С	В	Р	С	В	Р	С
2а	0,44	5	330	14	7	6	148	67	25	162	74	31
2т	0,54	7,3	610	38	19	12	301	115	34	339	134	46
2ю	0,69	11,7	1010	47	24	14	311	121	38	358	145	52
3	0,71	13,5	1250	57	27	15	343	150	42	400	177	57
4	0,87	15,2	1490	58	28	15	377	186	51	435	214	66

Все элементы климата (ЭК) как единой системы взаимосвязаны. Благодаря колебательному режиму функционирования климатическую систему можно представить совокупностью подсистем, состоящих из двух противоборствующих элементов  $j_1$  и  $j_2$ , один из которых обычно доминирует, а их сумма равна 1. Например, при анализе температуры воздуха за  $j_1$  можно принять относительную температуру самого холодного месяца (обычно января):  $j_1 = j_{н1} = (0 - t_1)/2A$ , а за  $j_2$  — относительную температуру самого теплого (как правило, июля):  $j_2 = j_{н2} = (t_7 - 0)/2A$ , где  $t_1$  и  $t_7$  — среднемесячные температуры января и июля, °C;  $2A = t_7 - t_1$  — амплитуда (размах) колебаний;  $0$  — температура на разделе теплого и холодного периодов года, °C. Величина  $j_{н1}$  изменяется от 1 в арктической пустыне до 0,5 в области перехода среднегодовой температуры воздуха через 0°C — примерно в подтайге, т. е. за пределами рассматриваемой территории. У величины  $j_{н2}$  обратный ход изменения — от 0 в арктической пустыне до 0,5 в подтаежной зоне. Действительно равенство  $j_{н1} + j_{н2} = 1$ , кроме того, в северной биосфере  $j_{н1} \approx 0,5J$  [13]. Аналогично в виде холодно-теплых дихотомий, суммы элементов которых равны 1, можно представить продолжительности теплого и холодного периодов года, осадки за теплый и холодный периоды, абсолютную влажность воздуха за самый теплый и самый холодный месяцы и др. В качественном плане все эти относительные климатические оппозиции ведут себя примерно одинаково, монотонно изменяясь в пространстве между 0 и 1, и хорошо коррелируют друг с другом и размерными ЭК [13].

В пределах Арктики изменение климатических показателей, в частности температуры воздуха и индекса тепла, подобно их пространственному изменению в направлении с севера на юг. За короткое лето любое место здесь как бы «пробегаёт» через весь спектр климатических условий — от арктических пустынь в начале лета, когда температуры воздуха находятся в диапазоне 0—5°C, до максимальных значений в середине лета для тем-

ператур воздуха и в его конце для индекса тепла. В [13] на примерах показана также примерная взаимозаменяемость пространственных и временных связей ЭК.

#### Климатическая зависимость биотического разнообразия (аналитическое представление)

В табл. 1 отображена климатическая зависимость количества видов В, родов Р, семейств С, порядков П, классов К и отделов Од травянистых и древесных (деревья, кустарники, полукустарники, кустарнички и полукустарнички) растений в арктической, типичной и южной тундре (2а, 2т и 2ю), в лесотундре (3) и в северной тайге (4) — по В. А. Глазунову [9].

Зональное распределение таксонов позвоночных животных разного иерархического уровня — видов В, родов Р, семейств С, отрядов О и классов К в Тюменской области исследовал С. Н. Гашев [4; 8]. На рис. 4 показаны графики зависимости численности разных таксонов растений  $N_p$  и животных  $N_x$  от индекса тепла  $\Sigma_0$ , построенные по данным [4; 8].

Другие показатели биоты, в частности продуктивность и биомасса растительности, также зависят от климата  $\Sigma_0$  [12; 13]

Анализ материалов таблиц и графиков зависимости биотических показателей от индекса тепла показал, что: а) начиная с уровня классов количество таксонов перестает зависеть от климата, становится примерно постоянным, одинаковым во всех зонах и подзонах; б) общая формула зависимости параметров биоты от  $\Sigma_0$  практически линейна:

$$Y = A\Sigma_0 + B, \quad (1)$$

где  $Y$  — общее обозначение биотических параметров;  $A$  и  $B$  — численные коэффициенты, найденные при помощи программы Excel и сведенные в табл. 2.

Данные табл. 1 и 2 вкпе с формулой (1) позволяют определить количество биотических таксонов

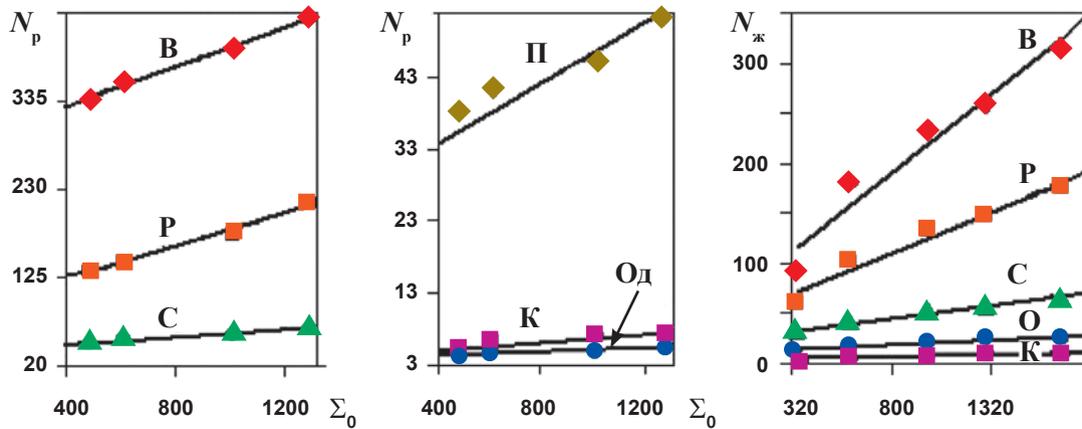


Рис. 4. Графики связи параметров  $N_p$  и  $N_ж$  от  $\Sigma_0$  для разных групп биоты  
 Fig. 4. Connection graphs parameters of  $N_p$  and  $N_ж$  from  $\Sigma_0$  for different biota groups

Таблица 2. Постоянные в формуле (1) для исследуемых параметров биоты (ПБ)

ПБ	Группа таксонов	A	B	$R^2$	ПБ	Группа таксонов	A	B	$R^2$
Пт	Виды	0,125	53,1	0,92	Д	Виды	0,0024	30,0	0,88
	Роды	0,063	34,9	0,93		Роды	0,001	16,0	0,87
	Семейства	0,020	16,1	0,94		Семейства	0,0003	11,3	0,73
	Отряды	0,008	5,8	0,90		Виды	0,090	255,0	0,99
М	Виды	0,031	10,3	0,98	Тр	Роды	0,090	30,0	0,97
	Роды	0,017	10,1	0,95		Семейства	0,020	25,0	0,94
	Семейства	0,006	6,8	0,96		$N_p$	Виды	0,115	285,0
	Отряды	0,001	4,5	0,80	Роды		0,096	86,3	0,94
$N_ж$	Виды	0,176	49,8	0,98	Семейства		0,022	36,4	0,91
	Роды	0,091	37,2	0,98	Порядки		0,021	25,4	0,90
	Семейства	0,029	21	0,98	Классы	0,003	3,6,0	0,86	

**Примечание.** Количества таксонов птиц Пт, млекопитающих М, всех групп позвоночных животных  $N_ж = Пт + М$ , древесных Д и травянистых Тр растений, всех представителей флоры сосудистых растений  $N_p$ , первичной продукции Рг, запасов фитомассы  $V_m$ , а также значения  $R^2$ .

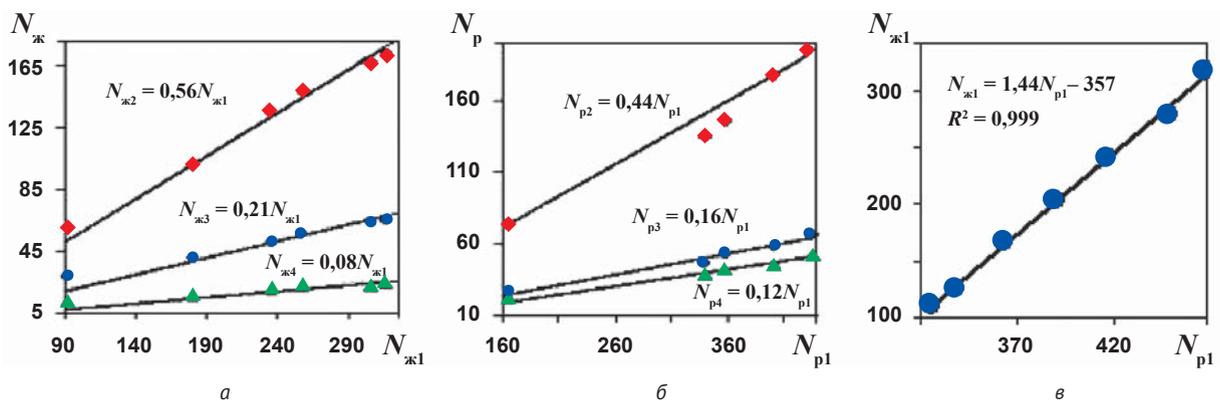


Рис. 5. Зависимость  $N_{ж2}$ — $N_{ж4}$  от  $N_{ж1}$  и  $N_{p2}$ — $N_{p4}$  от  $N_{p1}$  (а, б), а также  $N_{ж1}$  от  $N_{p1}$  (в)  
 Fig. 5. Dependence of  $N_{ж2}$ — $N_{ж4}$  on  $N_{ж1}$  and  $N_{p2}$ — $N_{p4}$  on  $N_{p1}$  (а, б), and  $N_{ж1}$  on  $N_{p1}$  (в)

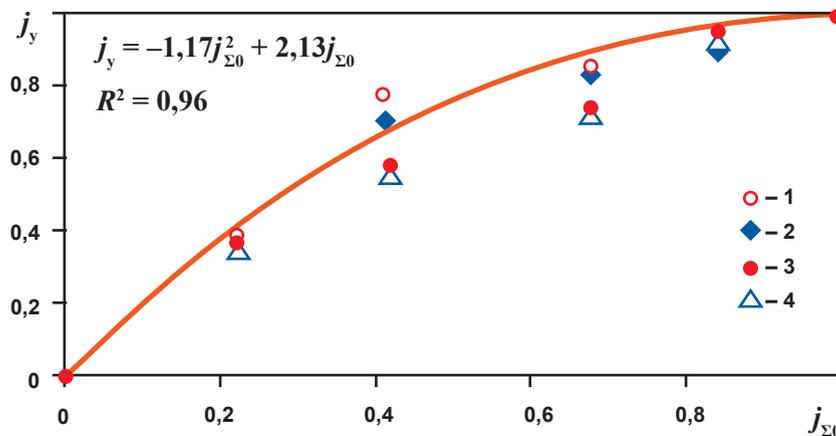


Рис. 6. Нормализованная зависимость видового богатства биоты (1 – древесные + травянистые сосудистые растения, 2 – только травянистые, 3 – животные: птицы + млекопитающие, 4 – только птицы, обозначенные как  $j_y$ ) от индекса тепла

Fig. 6. Normalized dependence of species richness of biota (1 – woody + herbaceous vascular plants, 2 – only herbaceous plants, 3 – animals: birds + mammals, 4 – only birds designated as  $j_y$ ) on heat index

Таблица 3. Нормализованные значения индекса тепла  $j_{\Sigma 0}$ , количества видов всех сосудистых растений  $j_p$ , из них – только травянистых  $j_{тр}$ , позвоночных животных  $j_ж$ , из них – только птиц  $j_{пт}$

$j_{\Sigma 0}$	$j_p$	$j_{тр}$	$j_ж$	$j_{пт}$
0,22	0,37	0,39	0,35	0,36
0,41	0,70	0,79	0,54	0,55
0,68	0,80	0,82	0,69	0,71
0,84	0,89	0,90	0,91	0,93
1	1	1	1	1

непосредственно по климатическим показателям, например  $\Sigma_0$  или  $J$  и  $t_r$ .

Установлено также, что отношение численности рангов, следующих за видом, к численности видов, не зависит от зоны (рис. 5а и 5б). На рис. 5в отражена устойчивая линейная связь таксонов флоры и фауны, тоже инвариантная климату. По формулам на этих рисунках, зная количество видов флоры (фауны), несложно перейти к оценке численности таксонов фауны (флоры) более высоких рангов.

**Обобщение связи климатических и биотических показателей**

Эффективным способом обобщения экспериментальных данных является их нормализация, приведение к относительному (безразмерному) виду с помощью формулы

$$j = \frac{(x - x_{\min})}{(x_{\max} - x_{\min})}, \quad (2)$$

где  $x$ ,  $x_{\max}$  и  $x_{\min}$  — текущее, максимальное и минимальное размерные значения наблюдаемого пара-

метра, причем часто  $x_{\min} \approx 0$ ;  $j$  — его относительная (нормализованная) величина.

Таким образом, нормализованная величина членов выборки зависит только от ее крайних значений, а в нашем случае, когда  $x_{\min} \approx 0$ , — только от максимальных. Для климатических и флористических показателей российского Заполярья эти значения приведены в нижней строке табл. 1.

Обратный переход от нормализованных чисел к действительным осуществляется по формуле, обратной (2), в частности при  $x_{\min} \approx 0$  имеющей вид

$$E = jx_{\max}. \quad (3)$$

Формула (3) отражает фрактальность биотических систем, подобие ее частей целому. С помощью (2) все множество переменных заключается в наглядно представимый интервал 0—1. Это сокращает объем фактических данных, необходимый для установления количественных связей между ними, позволяет корректно сравнивать разнородные величины и делает решение универсальным для большого класса задач. При этом раскрываются подобие систем разной природы и общие закономерности их развития. И, что немаловажно, экономятся значительные средства на натурные исследования.

Выражение (2) широко используется в технических науках, в частности в теории теплопроводности и механике, при описании процессов и состояний в обобщенных переменных в качестве критерия подобия симплексного типа, представляющего собой отношение параметров одной размерности. В [13] приведены примеры удачного применения этого метода в климатологии, биологии и других естественных науках, в том числе и в северных регионах. Среди прочего показано, как с его помощью удается сократить число расчетных формул, описывающих зависимость массы зелени и других древесных параметров от определяющих факторов (с пяти-десяти формул до одной).

Используем этот метод в нашем исследовании. Минимальные величины индекса тепла и зависящие от него биотические показатели (в арктической пустыне) близки к нулю. При  $x_{\min} \approx 0$  формула (2) упрощается до  $j = x/x_{\max}$ . Порядок нормализации данных продемонстрируем на примере зависимости количества видов травянистых растений от индекса тепла в арктической тундре (№ 2а в табл. 1). По данным табл. 1 вычисляем относительные значения индекса тепла  $j_{\Sigma_0} = 330/1490 = 0,22$  и количества видов травянистых растений  $j_{\text{тр}} = 148/377 = 0,39$ . Таким же образом найденные нормализованные значения численности видов других групп биоты во всех пяти подзонах Арктики сведены в табл. 3.

Как видно из табл. 3, нормализованные значения всех рассмотренных биотических показателей, соответствующих данному значению  $j_{\Sigma_0}$ , отличаются незначительно, в первом приближении их можно считать одинаковыми.

По методике Excel табличную форму рассматриваемой зависимости переводим в графическую (рис. 5).

Судя по высокому значению коэффициента детерминации ( $R^2 = 0,96$ ), все точки на графике рис. 5 принадлежат к одному математическому множеству и описываются одним выражением — функцией  $j_y$  от  $j_{\Sigma_0}$ . То есть принятая гипотеза о пространственном принципе актуализма вполне оправдывается. Таблицы 1—3 и рис. 4 и 5 относятся к аналитическим формам отображения реальности. С их помощью можно рассчитать количество любых таксонов, не только видов. В науках о Земле более распространен картографический метод, при котором количественные меры исследуемого элемента отображают изолиниями. По сравнению с аналитическими методами он менее точен, но более нагляден. Оптимальный результат получается при совместном использовании обоих методов, особенно когда данные нормализованы. В этом случае одной изолинией, соответствующей конкретному значению определяющего климатического показателя, например индекса тепла, с помощью приведенного выше аналитического аппарата можно отобразить также все зависимые от него биотические показатели. Например, изолинии  $j_y$  на рис. 1 по форме и положению совпадают с изолиниями  $\Sigma_0$  на рис. 3, а их численные значения рассчитаны по формуле (2), сверху вниз:  $200/1490 = 0,13$ ,  $500/1490 = 0,34$ ,  $1000/1490 = 0,67$ . Переход к размерным величинам для всех групп биоты осуществляется с помощью формулы (3).

## Выводы

1. Количество биотических таксонов на большей части Заполярья увеличивается с севера на юг вслед за увеличением индекса тепла примерно по линейному закону.

2. Отношение количества родов, видов, семейств, отрядов (порядков) к количеству видов при этом остается постоянным.

3. Количество видов флоры и фауны устойчиво увязаны друг с другом, а их отношение также инвариантно климату.

4. Теоретически обоснована и на примерах показана полезность нормализации численных показателей, как исходных (аргументов), так и определяемых (функций), в биоклиматических исследованиях.

Авторы благодарят заведующего сектором геоэкологии ИПОС доктора географических наук Д. В. Московченко, сделавшего ценные замечания по тексту рукописи, а также по выбору и оформлению карт.

## Литература

1. Circumpolar arctic vegetation map [1:7,500,000 scale] / CAVM Team. — URL: <http://www.geobotany.uaf.edu/cavm/download.php>.
2. Будыко М. И. Климат и жизнь. — Л.: Гидрометеоиздат, 1981. — 400 с.
3. Василевская Н. В. Поливариантность онтогенетических процессов растений в условиях высоких широт. — Мурманск: МГПУ, 2007. — 231 с.
4. Гашев С. Н. Млекопитающие Тюменской области: Справочник-определитель. — Тюмень: Изд-во ТюмГУ, 2008. — 333 с.
5. Ильина И. С., Лапшина Е. И., Лавренко Н. Н. и др. Растительный покров Западно-Сибирской равнины. — Новосибирск: Наука, 1985. — 250 с.
6. Исаченко А. Г. Ландшафтоведение и физико-географическое районирование. — М.: Высш. шк., 1991. — 366 с.
7. Коновалов А. А., Иванов С. Н. Реконструкция истории климата по групповым палиноспектрам на примере Западной Сибири. — Saarbrücken: Palmarium academic publ., 2012. — 119 с.
8. Коновалов А. А., Гашев С. Н., Казанцева М. Н. Распределение и иерархия биотических таксонов на территории Тюменской области // Аграр. Россия. — 2013. — № 4. — С. 48—57.
9. Коновалов А. А., Глазунов В. А., Московченко Д. В. и др. О климатической зависимости биоты на севере Тюменской области: Материалы III Всероссийского совещания «Человек и Север». — Тюмень: Изд-во ИПОС СО РАН, 2015. — С. 333—338.
10. Ребристая О. В. Флора полуострова Ямал. Современное состояние и история формирования. — СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2013. — 312 с.
11. Телятников М. Ю. Особенности распределения тундровой растительности в сибирском секторе Арктики: Дис. ... д-ра биол. наук. — Новосибирск, 2005. — 363 с.
12. Коновалов А. А. Климатическая зависимость биоты на севере Тюменской области (количественный аспект) // Арктика: экология и экономика. — 2016 — № 1. — С. 28—37.
13. Коновалов А. А. О климатической зависимости биоты в Западной Сибири. — Saarbrücken: Lambert academic publ., 2017. — 119 с.
14. Научно-прикладной справочник «Климат России» / ВНИИГМИ-МЦД. — Обнинск, 2011. — 164 с. — URL: <http://aisori.meteo.ru/ClspR>.
15. Справочник по климату СССР. — Вып. 17. — Ч. 1 и 2. — Л.: Гидрометиздат, 1965—1966. — 276 с.

### Информация об авторах

**Коновалов Александр Александрович**, доктор технических наук, кандидат географических наук, главный научный сотрудник, Институт проблем освоения Севера Тюменского научного центра Сибирского отделения РАН (625003, Тюмень, а/я 2774), профессор, Тюменский индустриальный университет (625000, Тюмень, ул. Володарского, д. 38), e-mail: Konov7@rambler.ru.

**Иванов Сергей Николаевич**, научный сотрудник, Институт проблем освоения Севера Тюменского научного центра Сибирского отделения РАН (625003, Тюмень, а/я 2774), e-mail: ivasenik@rambler.ru.

### Библиографическое описание данной статьи

**Коновалов А. А., Иванов С. Н.** Зональное распределение биоты российского Заполярья // Арктика: экология и экономика. — 2018. — № 4 (32). — С. 95—103. — DOI: 10.25283/2223-4594-2018-4-95-103.

---

## ZONAL DISTRIBUTION OF THE RUSSIAN ARCTIC BIOTA

Konovalov A. A.

Institute of Problems of the North Development, Tyumen Scientific Centre Siberian Branch of the RAS, Tyumen State Industrial University (Tyumen, Russian Federation)

Ivanov S. N.

Institute of Problems of the North Development, Tyumen Scientific Centre Siberian Branch of the RAS (Tyumen, Russian Federation)

The article was received on October 16, 2017

### Abstract

Quantitative distribution patterns and hierarchy of biotic indicators in the Russian Arctic and the methods of their mapping - cartographic and analytical ones are studied. Depending on the dryness index, the biosphere is divided into the northern one (cold, wet) and the southern (warm, dry). The boundary between them lies in the region where the dryness index is close to unity. The Arctic is completely in the cold part of the biosphere, characterized by increasing abundance and diversity of biota from north to south.

In the landscape, geobotanical, permafrost and similar surveys of the area, the method of key sites is widely used. According to this method, detailed studies are carried out on individual sites typical for a given area, and the results, if necessary corrected, and then by analogy are extended to the entire territory. In our case, such a key "site" (area, region) can serve the north of Western Siberia, for which quantitative patterns of zonal and hierarchical distribution of climatic and biotic indicators were previously identified. These results were used to solve the above problem for the Arctic as a whole. Formulas are obtained for the relationship between climate and biotic indicators, which make it possible to determine the number of biotic taxa directly by climatic indicators, for example, heat and dryness indicators or by the average temperature of the warmest month.

It is also established that the ratio of the number of ranks following the species to the abundance of the species does not depend on the climate zone. The stable linear connection of the number of taxa of flora and fauna, also invariable to climate, is reflected.

By the proposed method, knowing the number of species of flora (or fauna), one can proceed to an estimate of the number of taxa of fauna (or flora) of higher ranks.

To generalize the initial data and the results obtained, they are normalized.

Using this technique, it was possible to correctly compare such diverse values as heat indicators and the number of different groups of floral and faunal biota constituents, and to obtain a unique solution for all this class of problems (instead of 5-6 formulas one proved to be sufficient). The final results of the work are the geobotanical and climatic maps of the Russian Arctic.

## References

1. Circumpolar arctic vegetation map [1:7,500,000 scale] / CAVM Team. Available at: <http://www.geobotany.uaf.edu/cavm/download.php>.
2. *Budyko M. I.* *Klimat i zhizn'*. [Climate and life]. Leningrad, Gidrometeoizdat, 1981, 400 p. (In Russian).
3. *Vasilevskaya N. V.* Polivariantnost' ontogeneticheskikh protsessov rastenii v usloviyakh vysokikh shirot. [Polyvariance of the ontogenetic processes of plants in high latitudes]. Murmansk, MGPU, 2007, 231 p. (In Russian).
4. *Gashev S. N.* Mlekopitayushchie Tyumenskoj oblasti: Spravochnik-opredelitel'. [Mammals of the Tyumen region: reference guide]. Tyumen', Izd-vo TyumGU, 2008, 333 p. (In Russian).
5. *Il'ina I. S., Lapshina E. I., Lavrenko N. N. i dr.* Rastitel'nyi pokrov Zapadno-Sibirskoj ravniny. [The vegetation cover of the West Siberian Plain]. Novosibirsk, Nauka, 1985, 250 p. (In Russian).
6. *Isachenko A. G.* Landshaftovedenie i fiziko-geograficheskoe raionirovanie. [Landscape science and physico-geographical zoning]. Moscow, Vyssh. shk., 1991, 366 p. (In Russian).
7. *Kononov A. A., Ivanov S. N.* Rekonstruktsiya istorii klimata po gruppovym palinospektram na primere Zapadnoj Sibiri. [Reconstruction of the history of climate by group palyno-spectra on the example of Western Siberia]. Saarbrücken, Palmarium academic publ., 2012, 119 p. (In Russian).
8. *Kononov A. A., Gashev S. N., Kazantseva M. N.* Raspredelenie i ierarkhiya bioticheskikh taksonov na territorii Tyumenskoj oblasti. [Distribution and hierarchy of biotic taxa in the territory of the Tyumen region]. Agrar. Rossiya, 2013, no. 4, pp. 48—57. (In Russian).
9. *Kononov A. A., Glazunov V. A., Moskovchenko D. V., Tigeyev A. A., Gashev S. N.* O klimaticheskoi zavisimosti bioty na severe Tyumenskoj oblasti. [On the climate dependence of biota in the north of the Tyumen region]. Materialy III Vserossiiskogo soveshchaniya "Chelovek i Sever". Tyumen', Izd-vo IPOS SO RAN, 2015, pp. 333—338. (In Russian).
10. *Rebristaya O. V.* Flora poluoostrova Yamal. Sovremennoe sostoyanie i istoriya formirovaniya. [Flora of the Yamal Peninsula. The current state and history of formation]. St. Petersburg, Izd-vo SPbGETU "LETI", 2013, 312 p. (In Russian).
11. *Telyatnikov M. Yu.* Osobennosti raspredeleniya tundrovoi rastitel'nosti v sibirskom sektore Arktiki. Dis. ... d-ra biol. nauk. Novosibirsk, 2005, 363 p. (In Russian).
12. *Kononov A. A.* Klimaticheskaya zavisimost' bioty na severe Tyumenskoj oblasti (kolichestvennyi aspekt). [Climatic dependence of biota in the north of the Tyumen region (quantitative aspect)]. Arktika: ekologiya i ekonomika, 2016, no. 1, pp. 28—37. (In Russian).
13. *Kononov A. A.* O klimaticheskoi zavisimosti bioty v Zapadnoj Sibiri. Saarbrücken, Lambert academic publ., 2017, 119 p. (In Russian).
14. Nauchno-prikladnoi spravochnik "Klimat Rossii". VNIIGMI-MTsD. Obninsk, 2011, 164 p. Available at: <http://aisori.meteo.ru/ClspR>. (In Russian).
15. Spravochnik po klimatu SSSR. Iss. 17. Pt. 1 & 2. Leningrad, Gidrometizdat, 1965—1966, 276 p. (In Russian).

## Information about the authors

*Kononov Alexander Aleksandrovich*, Doctor of Technical Sciences, PhD of Geographical Sciences, Chief Researcher, Institute of Problems of the North Development, Tyumen Scientific Centre Siberian Branch of the RAS (PO/Box 2774, Tyumen, Russian Federation, 625003), Professor, Tyumen State Industrial University (38, Volodarsky str., Tyumen, Russian Federation, 625000), e-mail: [Konov7@rambler.ru](mailto:Konov7@rambler.ru)

*Ivanov Sergey Nikolaevich*, Researcher, Institute of Problems of the North Development, Tyumen Scientific Centre Siberian Branch of the RAS (PO/Box 2774, Tyumen, Russian Federation, 625003), e-mail: [ivasenik@rambler.ru](mailto:ivasenik@rambler.ru)

## Bibliographic description of the article

*Kononov A. A., Ivanov S. N.* Zonal distribution of the Russian Arctic biota. Arctic: ecology and economy, 2018, no. 4 (32), pp. 95—103. DOI: 10.25283/2223-4594-2018-4-95-103. (In Russian).