

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ, УПРАВЛЕНИЕ И ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ

А.А. Коновалов*, **Д.В. Московченко***, **В.А. Глазунов***,
А.А. Тигеев*, **С.Н. Гашев****

АППРОКСИМАЦИИ КЛИМАТИЧЕСКОЙ ЗАВИСИМОСТИ БИОТЫ НА СЕВЕРЕ ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

Исследуются количественные закономерности распределения и иерархии биотических таксонов на севере Тюменской области. Установлен характер их распределения по географическим подзонам. Найдены формулы климатической и иерархической зависимости таксонов.

Север Тюменской области, климат, индексы сухости и тепла, биота, таксоны.

Введение

Проблема влияния климатических показателей на биоразнообразие в недавнее время приобрела особую актуальность вследствие процесса глобального потепления. В многочисленных публикациях рассматриваются разнообразные аспекты зависимости между климатическими характеристиками, составом и структурой экосистем, в том числе и с использованием моделирования [14, 15, 16, 17, 18]. На севере Тюменской области, где природные комплексы отличаются неустойчивостью вследствие низкой теплообеспеченности, замедленного биологического круговорота веществ, вопросы влияния климата на биоразнообразие имеют большое значение для экологического прогнозирования.

К северу Тюменской области административно относится территория Ямало-Ненецкого и Ханты-Мансийского автономных округов, которая включает в себя шесть климатических зон и подзон — арктическую, северную (субарктическую) и южную тундру, лесотундру, северную тайгу, большую часть средней тайги, а также две подзональные полосы: северную и южную — в субарктической тундре и в северной тайге [3, 9, 11]. Таким образом, всего на рассматриваемой территории выделяется восемь биоклиматических комплексов (БК).

Качественные показатели биотического богатства и разнообразия севера Тюменской области рассмотрены в работах [1, 2, 3, 9, 11, 12]. Наша статья посвящена количественным закономерностям их распределения. В задачу исследования входило установление и оценка: а) связей биоты и ее структуры с климатическими показателями, б) закономерностей их распределения по природным комплексам и уровням ранжирования.

Климатические показатели взяты по данным метеостанций. Аппроксимации искомых зависимостей и их достоверность (коэффициент детерминации) R^2 определялись по программе Excel.

Основные показатели климата, их взаимосвязи

Климат территории округов резко континентальный, с суровой продолжительной зимой и коротким прохладным летом. Зима длится до восьми меся-

цев, а температура воздуха опускается до минус 60 °С. Самая высокая температура воздуха, как правило, наблюдается в июле, только на побережье и островах Карского моря — в августе. В табл. 1 приведены средние многолетние значения годовых (t_c) и июльских (t_7) температур, годовых сумм осадков (r) [8, 10], а также сумм положительных температур Σ_0 (градусосутки, гс), рассчитанные по эмпирической формуле, приведенной на рис. 1, А на севере Тюменской области за периоды наблюдений до 1965 и до 2011 г. Таблица отражает общую тенденцию к повышению температуры воздуха в последние 50 лет с одновременным уменьшением количества осадков.

Важнейшими комплексными показателями климата являются: индекс сухости $J = B/Lr$ (B — годовой радиационный баланс, ккал/см²; $L = 0,6$ ккал/см³ — теплота испарения), соотносящий поступления в почву тепла и влаги, и индекс (импульс) тепла — сумма положительных температур воздуха Σ_0 , градусосутки (гс), ответственный за поступление тепла.

Таблица 1

Среднемноголетние значения t_c , t_7 , Σ_0 и r на севере Тюменской области за периоды до 1965 и до 2011 г.

Место	Период	t_c , °С	t_7 , °С	Σ_0 , гс	r , см
ЯНАО	До 1965 г	-7,9	12,3	1092	44
	До 2011 г	-7,7	13,3	1181	42
ХМАО	До 1965 г	-2	16,5	1465	49
	До 2011 г	-1,9	17,4	1545	48

В зависимости от величины J фитосфера делится на северную (холодную, влажную) и южную (теплую, сухую). Граница между ними лежит в области, где $J \approx 0,95 \dots 1,2$ (в среднем около 1). Округа находятся в северной фитосфере, характеризующейся возрастом обилия и разнообразия биоты с севера на юг (в южной фитосфере эти показатели, наоборот, к югу убывают) [4]. В агрономических исследованиях для определения соотношения между теплом и влагой также используется гидротермический коэффициент Селянинова (K), представляющий собой отношение суммы осадков (см) к сумме температур воздуха (гс) за период вегетации [13]. На Севере — это практически весь теплый период и $K_0 = r/\Sigma_0$. Коэффициенты J и K_0 достаточно хорошо коррелируют друг с другом. Вообще все элементы климата (ЭК) взаимосвязаны. Найдены количественные выражения этих связей для условий Тюменской области [4, 7], позволяющие по любому известному ЭК, например, индексам тепла или сухости, или июльской температуре определить и все остальные. На рис. 1 показаны графики, связывающие наиболее значимые для биоты ЭК на севере Тюменской области и их аппроксимации.

На рис. 2–5 приведены схематические карты биоклиматического районирования рассматриваемой территории и распределения основных климатических показателей, а в табл. 2 — их обобщенные по зонам и подзонам величины [4–7]: продолжительность солнечного сияния τ_c сутки/год, годовые значения суммарной Q_c и поглощенной Q_n солнечной радиации, ккал/см²; радиационный баланс за теплый период B_T и за год B_r , ккал/см²; средняя температура воздуха, °С, за год t_r и за теплый t_T период, продолжительность теплого периода τ_T , сутки; средняя скорость ветра за год V_r и за холодный период V_x , м/с; средняя из наибольших декадных высот h_n , среднезимняя высота $h_{сн}$ и сред-

няя плотность $\gamma_{\text{сн}}$ снега, г/см³; длительность периода со снегом $\tau_{\text{сн}}$, сутки; осадки за теплый $r_{\text{т}}$ и годовой $r_{\text{г}}$ периоды, см. Здесь же приведены элементы водного баланса: подземный $S_{\text{п}}$ и полный (общий с наземным, паводочным) S_0 стоки, испарение E и валовое увлажнение $\omega = S_{\text{п}} + E$, см/год. Из них для органической жизни наиболее значимо валовое увлажнение ω , ответственное за запасы почвенной влаги. Начиная с лесотундры, эта величина близка к сумме осадков за теплое время года (табл. 2).

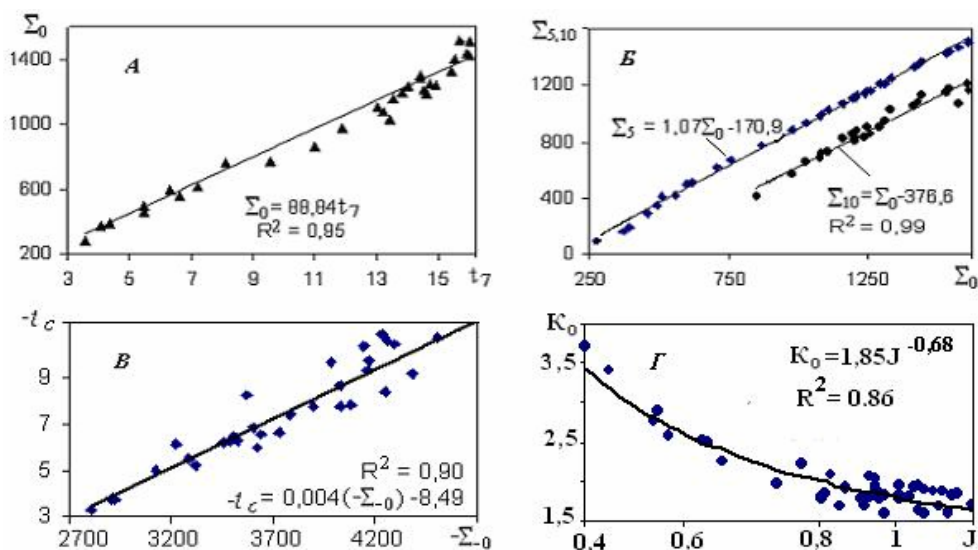


Рис. 1. Зависимости: Σ_0 от t_7 – А; Σ_5 и Σ_{10} , от Σ_0 – Б; t_c от Σ_0 – В; K_0 от J – Г.

Таблица 2

Обобщенные климатические показатели севера Тюменской обл.

№ зоны	Радиационный режим				Температура воздуха				Ветер	
	τ_c	Q_c	$B_{\text{п}}$	$B_{\text{г}}$	$t_{\text{т}}$	$-t_{\text{х}}$	$-t_{\text{г}}$	$\tau_{\text{т}}$	$V_{\text{г}}$	$V_{\text{х}}$
1	50	60	33	15	6,5	17	10	216	6,8	8
2	62,5	77	42	17,6	8	16,5	7,5	195	6	4,8
3	64,6	80	49	21	10	16	5	175	4,5	4,2
4	71	83	53	25	11	14	3,5	151	4	4,1
№ зоны	Снежный покров				Осадки		Водный режим			
	$h_{\text{н}}$	$h_{\text{сн}}$	$\gamma_{\text{сн}}$	$\tau_{\text{сн}}$	$r_{\text{т}}$	$r_{\text{г}}$	$S_{\text{п}}$	S_0	E	ω
1	60	28	0,27	250	23	30	7,2	22,5	7,5	14,7
2	70	22	0,25	240	27	35	7,3	19,6	15,4	22,7
3	75	32	0,21	230	29	38	9,4	18,6	18,6	28
4	75	40	0,22	205	36	50	9	30	30	39

Территория округов — область многолетнего (в ЯНАО) и сезонного (в ХМАО) промерзания. В тундре и лесотундре многолетнемерзлые породы имеют сплошное распространение, их мощность увеличивается от 250–300 м

на широте Полярного круга до 500–550 м на 70 ° с.ш. Южная граница сплошной многолетней мерзлоты примерно совпадает с изолинией $\Sigma_0 = 1200$ гс. В теплое время года подошва оттаивающего слоя служит водупором, вызывающим его переувлажнение. Таяние мерзлоты и недостаточное испарение способствуют заболачиванию территории и развитию здесь специфического озерно-болотного комплекса с преобладанием травянистой растительности.

Глубина оттаивания ($h_{от}$) в данных грунтовых условиях зависит только от индекса тепла. Ее величина определяется известной формулой Стефана [4], которую можно записать в виде:

$$h_{от} = (\Sigma_{0i} \cdot a_{yc})^{0,5}, \quad (1)$$

где Σ_{0i} — сумма положительных температур воздуха на i -е время; $a_{yc} = 2\lambda(Q_{ф} \cdot M)$ — условный коэффициент теплопроводности талого грунта; λ — коэффициент его теплопроводности; $Q_{ф}$ — скрытая теплота плавления льда; M — содержание воды (см) в объеме грунта, примерно равное валовому увлажнению, $M \approx \omega$ (см. табл. 2).

Сезонное промерзание также рассчитывается по формуле (1) при подстановке в нее теплофизических коэффициентов мерзлого грунта и сумм отрицательных температур у поверхности грунта под снегом $t_{зп}$. Последняя выше зимней температуры воздуха на 2–4 °С за счет утепляющего воздействия снега. Средние значения этой поправки (°С): 2,2–2,5 в ЯНАО; 3,1–3,5 в ХМАО; 3,5–4 в южной части Тюменской обл. [4]. Граница многолетней и сезонной мерзлоты показана на рис. 3.

Существуют разные схемы природного районирования Западной Сибири: физико-географическая, геоботаническая, зоогеографическая... [1–4], территориально различающиеся, что затрудняет сопоставление климата и биоты. Совмещение различных схем зонирования Западной Сибири с климатическими показателями показывает, что распределение ЭК довольно существенно отклоняется от широтной зональности, особенно на севере, где изолинии ЭК, особенно в холодное время года, направлены скорее с запада на восток, чем с юга на север, причем градиенты вдоль меридиана зачастую больше, чем вдоль широты (см. рис. 2, 5). Сказывается потенциал давления между Исландским минимумом и Якутским максимумом, управляющий здесь потоками тепла и влаги, их направлением и интенсивностью. Из-за этого на востоке региона климат холоднее и суше, чем на западе. К примеру в Салехарде $t_c = -6,4$ °С, $t_7 = 13,8$ °С, $r = 418$ мм, $\Sigma_0 = 1114$ гс, а в Тазовском, лежащем на той же широте, но много восточней $t_c = -9,4$ °С, $t_7 = 13,4$ °С, $r = 394$ мм, $\Sigma_0 = 1029$ гс. В то же время, продолжительность солнечного сияния летом на востоке больше: в июле в Тазовском 320, а в Салехарде — 300 часов. Из-за такой климатической асимметрии большое значение приобретает определение биотических показателей непосредственно по климатическим характеристикам, например, по индексу тепла Σ_0 .

Климатическая зависимость биотического разнообразия

В.А. Глазунов обобщил имеющиеся на сегодняшний день материалы по флористическому многообразию региона (до северной тайги включительно). В табл. 3 [6] показана климатическая зависимость количества видов (В), родов (Р), семейств (С), порядков (П), классов (К) и отделов (Од) травянистых и деревянистых (деревья, кустарники, полукустарники, кустарнички и полукустарнички) растений в арктической, северной и южной тундре (1-3), в лесотундре (4) и в северной тайге (5).

Таблица 3

**Номера подзон, индексы тепла (Σ_0) и численность таксонов
сосудистых растений на севере Тюменской обл.**

№	Σ_0 , гс	Все растения (Np)						Травянистые (Tr)			Деревянистые (Д)		
		В	Р	С	П	К	От	В	Р	С	В	Р	С
1	320	162	74	31	28	4	3	148	67	25	14	7	6
2	480	339	134	46	38	5	4	301	115	34	38	19	12
3	610	358	145	52	41	6	5	311	121	38	47	24	14
4	1010	400	177	57	45	7	5	343	150	42	57	27	15
5	1293	435	214	66	52	7	5	377	186	51	58	28	15

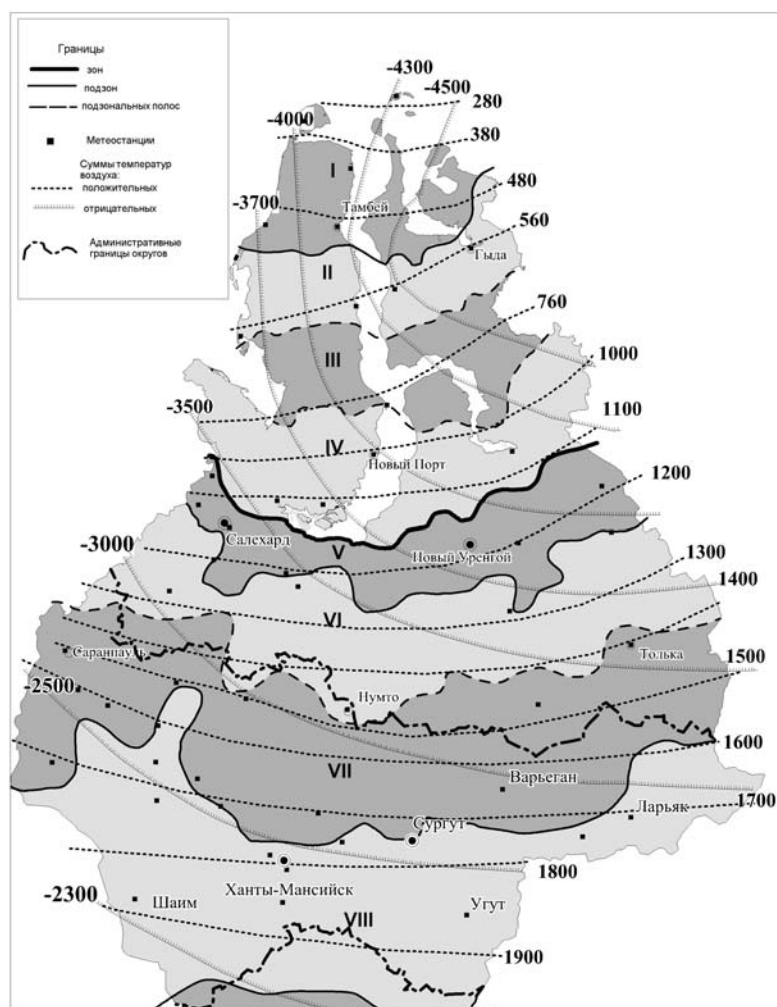


Рис. 2. Биоклиматические комплексы — БК (I — арктическая тундра, II — северная полоса субарктических типичных тундр, III — южная полоса субарктических типичных тундр, IV — субарктические кустарниковые тундры, V — лесотундра, VI — северная полоса северотаежной подзоны, VII — южная полоса северотаежной подзоны), VIII — средняя тайга; суммы положительных (Σ_0) и отрицательных (Σ_0) температур (гс) на севере Тюменской обл.

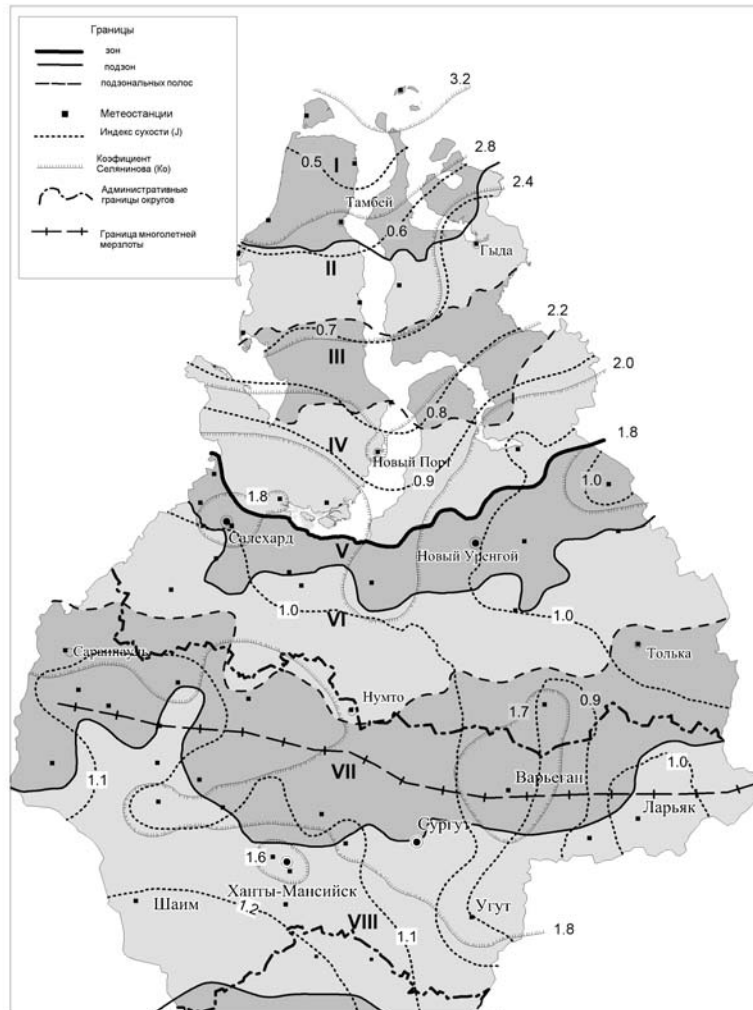


Рис. 3. Распределение индекса сухости и коэффициента Селянинова; I... VIII — номера БК (по рис. 2)

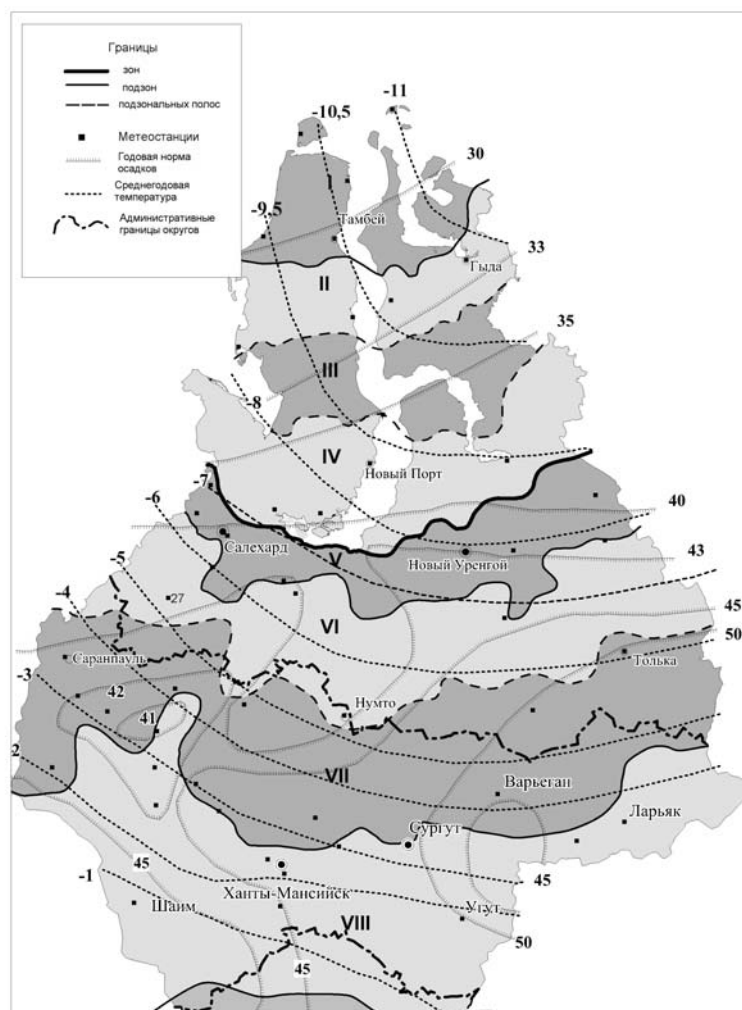


Рис. 4. Распределение среднегодовой температуры (t_c , °C) и годовой суммы осадков (r , см); I... VIII — номера БК (по рис. 2)

Аналогичное исследование, касающееся характера распределения численности видов (В), родов (Р), семейств (С), отрядов (О) и классов (К) животных (наземных позвоночных) в Тюменской области выполнил С.Н. Гашев [2, 3]. Его данные по климатической зависимости их количества в арктической, северной (субарктической) и южной тундре (1–3), в лесотундре (4), в северной и средней тайге (5–6) приведены в табл. 4.

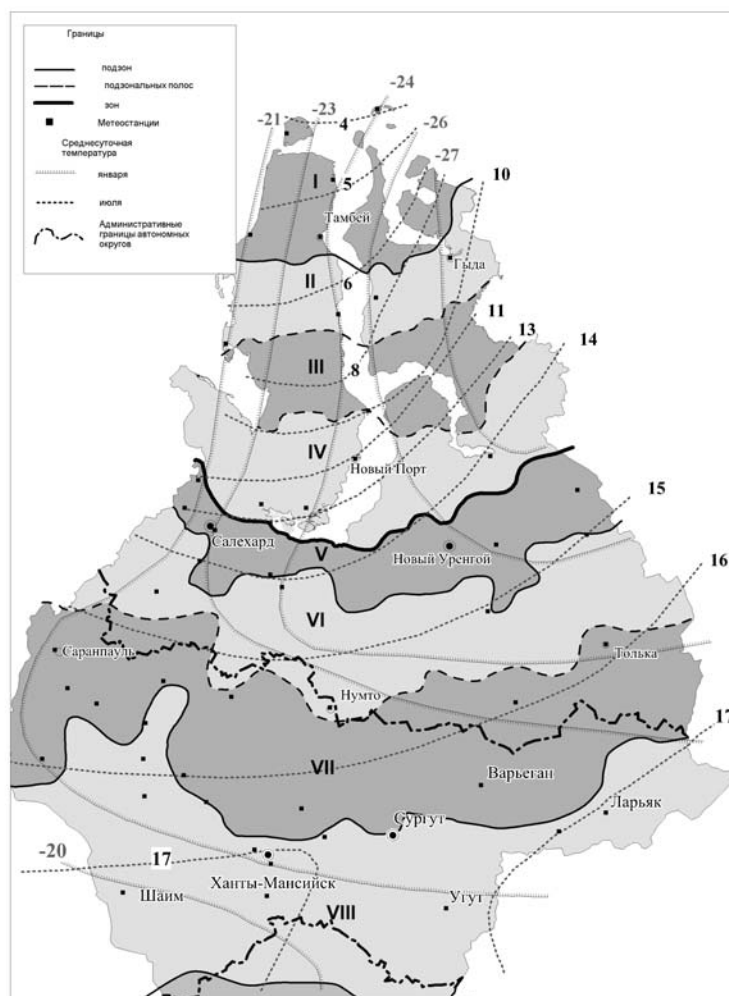


Рис. 5. Распределение среднесуточной температуры января (t_1 , °C) и июля (t_7 , °C); I... VIII — номера БК (по рис. 2)

Таблица 4

Распределение систематических групп наземных позвоночных* Западно-Сибирской равнины по природным зонам и подзонам

№	ΣO	K	O	C	P	B
1	320	2	0+0+7+5=12	0+0+20+9=29	0+0+46+15=61	0+0+73+18=91
2	480	3	1+0+10+5=16	1+0+26+9=36	1+0+64+17=82	1+0+115+23=139
3	610	4	2+1+11+5=19	2+1+30+11=44	2+1+79+22=104	2+1+148+32=183
4	1010	4	2+1+15+5=23	2+1+39+12=54	2+1+107+27=137	3+1+194+42=240
5	1293	4	2+1+16+6=25	2+2+41+15=60	2+2+115+33=152	3+2+207+51=263
6	1683	4	2+1+18+6=27	3+2+48+17=70	3+3+136+38=180	4+4+257+59=324

Примечание: * — без водных животных: классов Круглоротых и Рыб, а также без отрядов Китообразных и Ластоногих в классе Млекопитающих. Цветом показаны виды из классов: Черные — амфибии, Зеленые — рептилии, Синие — птицы, Красные — млекопитающие.

На рис. 6 показаны графики зависимости численности таксонов животных ($N_{ж}$) и растений ($N_{р}$) разного иерархического уровня от индекса тепла (Σ_0), построенные по данным таблиц 3–4.

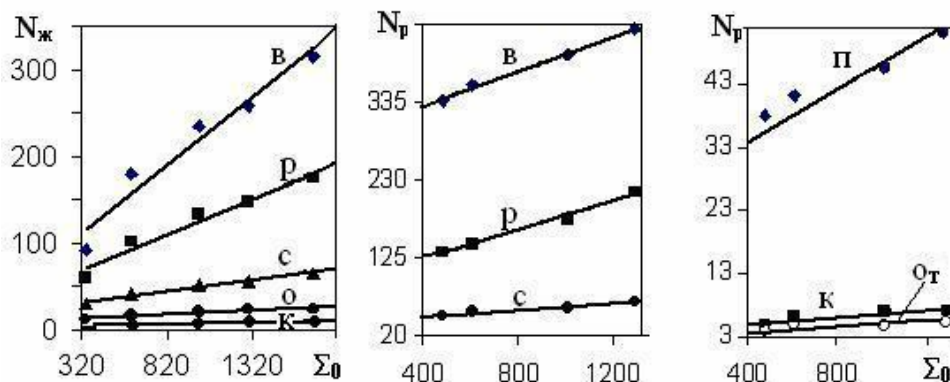


Рис. 6. Графики зависимости $N_{ж}$ и $N_{р}$ от Σ_0 для разных таксонов (буквенные обозначения таксонов — по табл. 1–2)

Подобные же графики построены для таксонов деревянистых (Д) и травянистых (Тр) растений отдельно и найдены их аппроксимации. Анализ таблиц и графиков зависимости количества таксонов от индекса тепла показал, что а) начиная с уровня классов количество таксонов перестает зависеть от климата, становится примерно постоянным; б) общая формула зависимости биотических показателей от Σ_0 практически линейна:

$$Y = A\Sigma_0 + B \quad (2)$$

где Y — общее обозначение показателей, A и B — численные параметры, найденные с помощью программы Excel и сведенные в таблицу 5.

Табл. 3–5, вкпе с формулой (2) позволяют определить количество биотических таксонов непосредственно по величине Σ_0 .

Таблица 5

Постоянные в формуле (2) для основных элементов биоты (ЭБ): млекопитающих (М), птиц (Пт), $N_{ж}=М + Пт$, деревянистых (Д) и травянистых (Тр) растений, всех растений ($N_{р}$), а также значения R^2

ЭБ	Таксоны	A	B	R^2	ЭБ	Таксоны	A	B	R^2
М	виды	0,125	53,1	0,92	Д	виды	0,0024	30	0,88
	роды	0,063	34,9	0,93		роды	0,001	16	0,87
	сем-ства	0,02	16,1	0,94		сем-ства	0,0003	11,3	0,73
	отряды	0,008	5,8	0,9	Тр	виды	0,09	255	0,99
Пт	виды	0,031	10,3	0,98		роды	0,09	30	0,97
	роды	0,017	10,1	0,95		сем-ства	0,02	25	0,94
	сем-ства	0,006	6,8	0,96	$N_{р}$	виды	0,115	285	0,99
	отряды	0,001	4,5	0,80		роды	0,096	86,3	0,94
$N_{ж}$	виды	0,176	49,8	0,98		сем-ства	0,022	36,4	0,91
	роды	0,091	37,2	0,98		порядки	0,021	25,4	0,9
	сем-ства	0,029	21	0,98		классы	0,003	3,6	0,86
	отряды	0,01	9,2	0,99	отделы	0,0026	2,7	0,84	

На рис. 7а, б даны графики зависимости количества родов N_2 , семейств N_3 и отрядов (порядков) N_4 биоты от количества видов N_1 . Из них видно, что количество каждого таксона зависит от климата, увеличиваясь с севера на юг. А вот их отношение к количеству видов — постоянная величина, не зависящая от климата (т.е. во всех БК $N_{p2}/N_{p1} = 0,44$; $N_{ж2}/N_{ж1} = 0,58$ и т.п.). Поэтому, зная количество видов, по формулам на рис 7а, б можно рассчитать и количество других таксонов (родов, семейств и т.д).

Рис. 7в отражает устойчивую линейную связь таксонов флоры и фауны, также инвариантную климату.

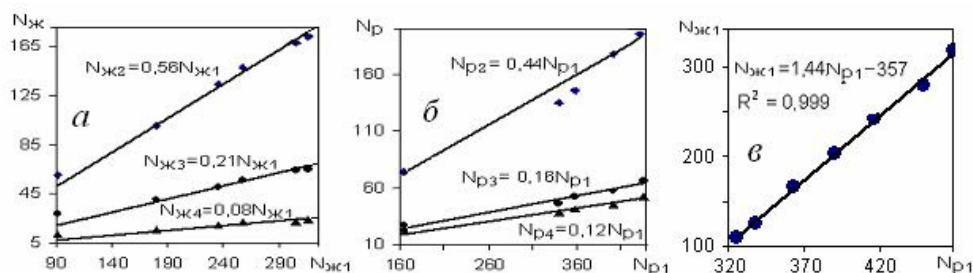


Рис. 7. Зависимость $N_{ж2} - N_{ж4}$ от $N_{ж1}$ и $N_{p2} - N_{p4}$ от N_{p1} (а, б), а также $N_{ж1}$ от N_{p1}

О биотическом разнообразии. Этот показатель выражается через различные соотношения между массой или численностью разных групп биоты — индексами Шеннона (мера энтропии), Симпсона (меру дисперсии) и др. (см. например [5]). Чем больше индекс Шеннона, тем разнообразней биота. Увеличение индекса Симпсона соответствует росту доминирования. Следует отметить, что состав биоты, количество составляющих ее систематических групп (таксонов) и соотношения между ними реально определяются только непосредственным подсчетом в полевых условиях, т.е. все индексы разнообразия биоты рассчитываются по уже известным ее показателям. Причем ни один из известных индексов не отражает влияние климатических факторов. Между тем именно климат, определяющий тепло- и влагообеспеченность, является главным (первичным) фактором членения биоты, ее многообразия. Он позволяет, как показано ниже, оценивать, хотя бы приближенно, структуру биоты только по климатическим данным, в частности, по индексу тепла Σ_0 .

В климатических справочниках, помимо Σ_0 , даются суммы температур выше 5, 10 и 15 °C (Σ_5 , Σ_{10} , Σ_{15}). Для территории округов наиболее характерны Σ_5 и Σ_{10} , линейно связанные с Σ_0 — рис. 1. В соответствии с этим выделим три температурных участка с разными условиями вегетации: 1) 0–5; 2) 5–10; 3) 10 – t_7 (°C), и отвечающие им группы растительности. В первую группу входит арктическая флора, а соответственно и фауна, во вторую — холодостойкая, в третью — теплолюбивая. Распределим сумму температур (условное тепло) — Σ_0 по этим трем группам. Возьмем, например Тамбей, где $\Sigma_0 = 493$, $\Sigma_5 = 344$ гс, самая высокая среднемесячная температура летом 6,4 °C, т.е. третья температурная группа, соответствующая теплолюбивым растениям, здесь отсутствует. Отнимая $\Sigma_5 = 344$ от $\Sigma_0 = 493$, получаем количество условного тепла на первом участке $\Sigma_1 = \Sigma_{0-5} = 149$ гс; остальное относится ко второму участку $\Sigma_2 = 344$ гс. Перейдем к относительным величинам — долям от суммарного индекса тепла: $\eta_1 = \Sigma_1/\Sigma_0 = 0,7$; $\eta_2 = \Sigma_2/\Sigma_0 = 0,3$. Аналогично найдем доли условного тепла и соотношения арктической, холодостойкой и теплолю-

бивой биоты в районе Салехарда, где $\Sigma_0 = 1159$, $\Sigma_5 = 1078$, $\Sigma_{10} = 828$ гс, $t_7 = 17,7$ °C: $\Sigma_1 = \Sigma_0 - \Sigma_5 = 81$ гс, $\Sigma_2 = \Sigma_5 - \Sigma_{10} = 250$ гс. На третий участок остается $\Sigma_3 = \Sigma_0 - (\Sigma_1 + \Sigma_2) = 1159 - 81 - 250 = 828$ гс. В долях от Σ_0 это составляет: $\eta_1 = \Sigma_1/\Sigma_0 = 0,07$; $\eta_2 = \Sigma_2/\Sigma_0 = 0,22$; $\eta_3 = \Sigma_3/\Sigma_0 = 0,71$ (сумма η_1 , η_2 и η_3 всегда около 1). Долевые тепловые индексы η_{1-3} постоянны для каждого географического места и могут быть использованы для оценки обилия и разнообразия биоты.

Порядок индексации биоты по тепловому (климатическому) признаку проиллюстрируем на примере продукции Pr . Для северной фитосферы установлена [5] формула зависимости Pr от Σ_0 :

$$Pr = 0,006 \cdot \Sigma_0 \quad (4)$$

Линейный вид этой формулы определяет простой вид зависимости продукции на всех 3-х температурных участках Pr_{1-3} от долевого содержания условного тепла η_{1-3} :

$$Pr_{1-3} = Pr \cdot \eta_{1-3} \quad (5)$$

В частности в Салехарде, где (см. выше) $\Sigma_0 = 1159$ гс, $\eta_1 = 0,07$; $\eta_2 = 0,22$; $\eta_3 = 0,71$. по формуле (4) рассчитываем общий индекс тепла $Pr = 7$ т/га·год, а по формуле (5) — его групповые доли: $Pr_1 = 7 \cdot 0,07 = 0,49$; $Pr_2 = 7 \cdot 0,22 = 1,54$; $Pr_3 = 7 \cdot 0,71 = 5$ (т/га·год).

Поскольку $N_{ж}$ и $N_{р}$, как и Pr , линейно связаны с Σ_0 , зависимость их распределенных по температурным группам величин N_{1-3} от долевых индексов тепла η_{1-3} также можно определять по формуле (5), подставляя в нее $N_{ж}$ или $N_{р}$ вместо Pr .

Таблица 6

Индексы сухости (J) и тепла (Σ_0), гс; продукция (Pr , т/га·год); число видов растений ($N_{р}$) и животных ($N_{ж}$) в разных БК (по рис. 1); групповые тепловые индексы (абсолютные Σ_{0-5} , Σ_{5-10} , Σ_{10-t7} и относительные η_{1-3}); распределенные по трем температурным группам продукция (Pr_{1-3}) и количество видов растений ($N_{р1-3}$) и животных ($N_{ж1-3}$)

БК	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
J	0,45	0,5	0,6	0,7	0,75	0,81	0,88	0,96
Σ_0	340	439	658	877	1097	1316	1536	1700
Σ_{0-5}	147	140	125	110	94	79	63	52
Σ_{5-10}	193	237	252	267	283	298	314	325
Σ_{10-t7}	-	62	281	500	720	939	1159	1343
η_1	0,43	0,32	0,19	0,12	0,09	0,06	0,04	0,03
η_2	0,57	0,54	0,38	0,31	0,26	0,23	0,21	0,2
η_3	-	0,14	0,43	0,57	0,66	0,71	0,75	0,77
Pr	3,2	4,2	6	7,3	8,5	9,3	9,8	10,2
Pr_1	1,38	1,34	1,14	0,91	0,73	0,56	0,41	0,31
Pr_2	1,82	2,27	2,3	2,23	2,19	2,11	2	2
Pr_3	-	0,59	2,56	4,16	5,58	6,64	7,4	7,8
$N_{р}$	326	338	364	390	417	449	469	480
$N_{р1}$	140	108	69	49	36	27	19	14
$N_{р2}$	185	182	139	119	107	100	96	96
$N_{р3}$	-	48	155	223	274	316	354	370
$N_{ж}$	110	127	166	204	243	281	316	324
$N_{ж1}$	47	41	32	26	21	17	13	10
$N_{ж2}$	63	68	63	62	63	64	65	65
$N_{ж3}$	-	17	71	116	159	201	242	249

Итоговым результатом работы является табл. 6, в которую сведены определяющие характеристики климата (индексы сухости и тепла) и зависящие от них количественные показатели структуры биоты севера Тюменской обл. на видовом уровне, сгруппированные по выделенным биоклиматическим комплексам (I–VIII), рассчитанные по формуле (1). По этой формуле, используя табл. 5, можно рассчитать структурные показатели биоты и других рангов, в ряду: род, семейство, отряд... Для этой цели можно использовать также формулы на рис. 7, линейно связывающие численности видов и других таксонов.

Из табл. 6 следует, что общее количество биотических видов, а также только теплолюбивой биоты ($N_{р3}$ и $N_{ж3}$) в пределах севера Тюменской обл. увеличивается с севера на юг вслед за увеличением J и \sum_0 . Количество же арктических видов ($N_{р1}$ и $N_{ж1}$) при этом убывает. Что касается численности холодоустойчивых видов ($N_{р2}$ и $N_{ж2}$), у флоры она также убывает, а у фауны — практически постоянна.

Выводы

Основными климатическими показателями, определяющими богатство и разнообразие биоты, являются индексы сухости и тепла. Количество биотических таксонов в пределах севера Тюменской области увеличивается с севера на юг вслед за увеличением этих показателей. В то же время, отношение числа родов, видов, семейств, отрядов (порядков), к числу видов — постоянная величина, не зависящая от климата. Количество видов флоры и фауны устойчиво увязано друг с другом, а их отношение также инвариантно климату.

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

ЛИТЕРАТУРА

1. *Гашев С.Н.* Млекопитающие Тюменской области: справочник-определитель. Тюмень: Изд-во ТюмГУ, 2008. 333 с.
2. *Гашев С.Н.* База данных «Рабочее место орнитолога» Свидетельство № 2012620405 (зарегистрировано в Реестре баз данных 3 мая 2012 г.).
3. *Ильина И.С., Лапшина Е.И., Лавренко Н.Н. и др.* Растительный покров Западно-Сибирской равнины. Новосибирск: Наука, 1985. 250 с.
4. *Коновалов А.А., Роман Л.Т.* Особенности проектирования фундаментов в нефтепромысловых районах Западной Сибири. Л.: Стройиздат. 1981. 168 с.
5. *Коновалов А.А., Гашев С.Н., Казанцева М.Н.* Распределение и иерархия биотических таксонов на территории Тюменской области // *Аграрная Россия*. 2013, № 4. С. 48–57.
6. *Коновалов А.А., Глазунов В.А., Московченко Д.В., Гашев С.Н.* Климатическая зависимость биоты на территории Ямало-Ненецкого АО // *Аграрная Россия*. 2014, № 10. С. 23–29.
7. *Коновалов А.А., Иванов С.Н.* Реконструкция истории климата по групповым палиноспектрам на примере Западной Сибири. Saarbrücken, Germany: Palmarium academic publishing, 2012. 119 с.
8. *Научно-прикладной справочник «Климат России, 2011»* [Электрон. ресурс]. Режим доступа: www.aisori.meteo.ru/CIspr/.
9. *Рибристая О.В.* Флора полуострова Ямал. Современное состояние и история формирования. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2013. 312 с.
10. *Справочник по климату СССР*. Л.: Гидрометиздат, вып. 17, ч. I и II, 1965; 1966, 276 с.
11. *Титов Ю.В., Потокин А.Ф.* Растительность поймы р. Таз. Сургут: Изд-во СурГУ, 2001. 141 с.

12. *Хозяинова Н.В.* Флора и растительность северной тайги Пуровского района Тюменской области (север Западной Сибири) // Вестн. экологии, лесоведения и ландшафтоведения. Тюмень: Изд-во ИПОС СО РАН, 2007. 8. С. 27–50.

13. *Хромов С.П., Мамонтова Л.И.* Метеорологический словарь. Л.: Гидрометиздат, 1974, 268 с.

14. *Aaheim A., Chaturvedi R.K., Sagadevan A.D.* Integrated modelling approaches to analysis of climate change impacts on forests and forest management//Mitig. Adapt. Strateg Glob Change, 2011. V. 16. pp. 247–266.

15. *Feehan J., Harley M., Minen J.V.* Climate change in Europe. 1. Impact on terrestrial ecosystems and biodiversity. A review // Agron. Sustainable Developmen, 2009, V. 29. P. 409–421.

16. *Hampe A., Petit R.J.* Conserving biodiversity under climate change: the rear edge matters. Ecol Lett, 2005. № 8 (5). P. 461–467.

17. *Prentice I.C., Cramer W.N. et al.* A global biome model based on plant physiology and dominance, properties and climate // J. biogeorg. 1992. V.19, 117–134.

18. *Schaich H., Milad M.* Forest biodiversity in a changing climate: which logic for conservation strategies? // Biodivers. Conserv., 2013. V. 22. P. 1107–1114.

*г. Тюмень, ИПОС СО РАН

konov7@rambler.ru

land@ipdn.ru

va@ipdn.ru

tigeeff@km.ru

**Тюменский государственный университет

gashevsn@yandex.ru

A.A. Konovalov, D.C. Moskovchenko, V.A. Glazunov, A.A. Tigiev, S.N. Gashev

**APPROXIMATIONS OF BIOTA' CLIMATIC DEPENDENCE
IN THE NORTH OF TYUMEN REGION**

Quantitative regularities of distribution and hierarchy of biotic taxons in the north of Tyumen region are investigated. Nature of their distribution depending on geographical sub-zones has been established. There have been found formulas of climatic and hierarchical dependence of taxons.

The North of Tyumen region, climate, indexes of dryness and heat, biota, taxons.