

Книга состоит из трех частей, объединенных общей задачей – установить количественную зависимость биоты от климата в Западной-Сибири. В первой части эта задача решается для севера Тюменской области. Описываются количественные закономерности связей биоты и ее структуры с климатическими показателями: индексами тепла, сухости и др., их распределение по природным комплексам и уровням ранжирования. Во второй части исследуются закономерности распределения биотических таксонов на территории всего Тюменского региона. Установлен характер распределения таксонов биоты по географическим зонам, его зависимость от климата. Найдены формулы географической и иерархической зависимости численности таксонов. Третья часть посвящена методологии обобщения результатов наблюдений. Предложен способ выявления количественных связей между параметрами по их нормализованным величинам. Показан в основном полиномиальный и степенной характер этих связей, причем численные коэффициенты формул близки к пропорциям золотого сечения. Для географов, геокриологов, биологов и других специалистов, интересующихся природными системами, их структурой и функционированием, а также студентов и аспирантов этих специальностей.

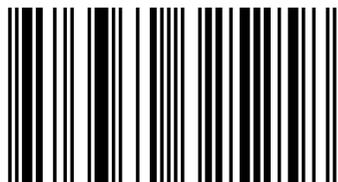


Александр Коновалов

О климатической зависимости биоты в Западной Сибири



Коновалов Александр Александрович, геокриолог, географ, специализируется в области теории развития природных систем, физики и механики мерзлых грунтов. Доктор технических наук, кандидат географических наук. Главный научный сотрудник Института проблем освоения Севера СО РАН, профессор Тюменского индустриального университета.



978-3-330-32525-8

 **LAMBERT**
Academic Publishing

Александр Коновалов

О климатической зависимости биоты в Западной Сибири

Александр Коновалов

**О климатической зависимости
биоты в Западной Сибири**

LAP LAMBERT Academic Publishing RU

Impressum / Выходные данные

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek: Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Alle in diesem Buch genannten Marken und Produktnamen unterliegen warenzeichen-, marken- oder patentrechtlichem Schutz bzw. sind Warenzeichen oder eingetragene Warenzeichen der jeweiligen Inhaber. Die Wiedergabe von Marken, Produktnamen, Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen u.s.w. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutzgesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Библиографическая информация, изданная Немецкой Национальной Библиотекой. Немецкая Национальная Библиотека включает данную публикацию в Немецкий Книжный Каталог; с подробными библиографическими данными можно ознакомиться в Интернете по адресу <http://dnb.d-nb.de>.

Любые названия марок и брендов, упомянутые в этой книге, принадлежат торговой марке, бренду или запатентованы и являются брендами соответствующих правообладателей. Использование названий брендов, названий товаров, торговых марок, описаний товаров, общих имён, и т.д. даже без точного упоминания в этой работе не является основанием того, что данные названия можно считать незарегистрированными под каким-либо брендом и не защищены законом о брендах и их можно использовать всем без ограничений.

Coverbild / Изображение на обложке предоставлено: www.ingimage.com

Verlag / Издатель:

LAP LAMBERT Academic Publishing

ist ein Imprint der / является торговой маркой

ICS Morebooks! Marketing SRL

4, Industrial street, 3100 Balti, Republic of Moldova / Молдова

Email / электронная почта: info@omniscryptum.com

Herstellung: siehe letzte Seite /

Напечатано: см. последнюю страницу

ISBN: 978-3-330-32525-8

Copyright © Александр Коновалов

Copyright © 2017 ICS Morebooks! Marketing SRL

Alle Rechte vorbehalten. / Все права защищены. Saarbrücken 2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	2
1. КЛИМАТИЧЕСКАЯ ЗАВИСИМОСТЬ БИОТЫ НА СЕВЕРЕ ТЮМЕНСКОЙ ОБЛ.....	4
<i>1.1. Введение.....</i>	<i>4</i>
<i>1.2. Основные показатели климата, их взаимосвязи и аппроксимации</i>	<i>4</i>
<i>1.3. Климатическая зависимость биотического разнообразия</i>	<i>12</i>
<i>1.4. О биотическом разнообразии и его зависимости от климата.....</i>	<i>16</i>
<i>1.5. Температурно – групповая индексация биоты</i>	<i>19</i>
<i>1.6. Потепление климата и его влияние на биоту.....</i>	<i>21</i>
<i>Заключение</i>	<i>24</i>
<i>Литература</i>	<i>25</i>
2. О РАСПРЕДЕЛЕНИИ БИОТЫ В ЗАПАДНОЙ СИБИРИ	26
<i>2.1. Введение</i>	<i>26</i>
<i>2.2. Климатические показатели, определяющие структуру биоты</i>	<i>26</i>
<i>2.3. Распределение численности биотических таксонов.....</i>	<i>29</i>
<i>2.4. Закономерности ранжирования таксонов.....</i>	<i>33</i>
<i>2.5. Фрактальность распределения таксонов по иерархическим рангам... ..</i>	<i>35</i>
<i>Заключение</i>	<i>38</i>
<i>Литература.....</i>	<i>39</i>
3. К ОБОБЩЕНИЮ ПАРАМЕТРОВ ПРИРОДНЫХ СИСТЕМ	40
<i>3.1. Введение.....</i>	<i>40</i>
<i>3.2. О дихотомии природных систем.....</i>	<i>41</i>
<i>3.3. Об устойчивости, прочности и деформации</i>	<i>46</i>
<i>3.4. О связи долговечности твердых тел с ОЗС.....</i>	<i>50</i>
<i>3.5. Индексы доминирования (ОЗС) в стационарных условиях.....</i>	<i>51</i>
<i>3.6. Индексы доминирования (ОЗС) в природных процессах.....</i>	<i>55</i>
<i>Заключение</i>	<i>72</i>
<i>Литература.....</i>	<i>74</i>

ПРЕДИСЛОВИЕ

Книга состоит из трех самостоятельных частей, объединенных общей задачей – установить зависимость биоты от климата в Западной Сибири, преимущественно в пределах Тюменско-Омского региона, одного из богатейших и интенсивно развивающихся районов России, и выразить ее в количественной форме.

В первой части эта задача решается для севера Тюменской области, к которому административно относятся автономные округа: Ямало – Ненецкий (ЯНАО) и Ханты –Мансийский (ХМАО). Территория округов в меридиональном направлении вытянута более, чем 1500 км и включает в себя восемь биоклиматических комплексов (БК – зон, подзон, подзональных полос).

В зависимости от величины индекса сухости фитосфера делится на северную (холодную, влажную) и южную (теплую, сухую). Граница между ними лежит в области, где индекс сухости примерно равен 1. Автономные округа находятся в северной фитосфере, характеризующейся возрастанием обилия и разнообразия биоты с севера на юг (в южной фитосфере эти показатели наоборот, к югу убывают). Их южная граница совпадает с границей между северной и южной фитосферами.

Описываются количественные закономерности связей биоты и ее структуры с климатическими показателями, важнейшими из которых являются индексы тепла и сухости, их распределение по природным комплексам и уровням ранжирования в ряду вид-семейство и выше. Отражено также влияние на биоту потепления климата.

Во второй части исследуются количественные закономерности распределения биотических таксонов на территории всего Тюменско –Омского региона. Установлен характер распределения видов, родов, семейств и отрядов биоты по географическим зонам, его зависимость от климата. Найдены формулы географической и иерархической зависимости численности таксонов, показано их самоподобие.

Третья часть посвящена методологии обобщения результатов наблюдений. Предложен способ выявления количественных связей между параметрами объектов разной природы – климатическими, ботаническими, экологическими,

хронологическими, криогенными, социальными и др., по их нормализованным величинам. В частности, получены обобщенные формулы, связывающие радиус дерева с его возрастом, массу дерева и его фракций с диаметром, температуры воздуха с течением времени, силы смерзания горных пород с температурой грунта, температуру кристаллизации с температурой переохлаждения поровой влаги, температуру с давлением кристаллизации, коэффициент теплопроводности грунтов со степенью водонасыщения и многие другие. Показан преимущественно полиномиальный или степенной характер этих связей, причем численные коэффициенты расчетных формул близки к пропорциям золотого сечения. В качестве примеров использованы как результаты собственных наблюдений и экспериментов, так и заимствованные из литературы (преимущественно по материалам исследований в Западной Сибири).

Книга предназначена для географов, геокриологов, биологов, экологов и других специалистов, интересующихся природными системами, их структурой и количественными закономерностями их функционирования, а также студентов и аспирантов этих специальностей.

1. КЛИМАТИЧЕСКАЯ ЗАВИСИМОСТЬ БИОТЫ НА СЕВЕРЕ ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

1.1. Введение

Север Тюменской области – это территория Ямало-Ненецкого и Ханты-Мансийского автономных округов, протяженностью в меридиональном направлении более 1500 км. Она включает в себя восемь биоклиматических комплексов (БК – зон, подзон, подзональных полос) [1]. Их наименования и нумерация (I, II, III, ... VIII) приведены на рис. 1.1.

Качественные показатели биотического богатства и разнообразия севера Тюменской обл. рассмотрены в работах [1, 2, 3, 4] и др. Здесь описываются их количественные закономерности в части установления и оценки связей биоты и ее структуры с климатическими показателями, их распределения по природным комплексам и уровням ранжирования. Отражено также влияние на биоту потепления климата.

Климатические показатели взяты по данным метеостанций. Аппроксимации искомым зависимостей и их достоверность (*коэффициент детерминации*) R^2 определялись по программе Excel. Для линейных функций использовался также *коэффициент корреляции*, равный корню квадратному из *коэффициента детерминации*.

1.2. Основные показатели климата, их взаимосвязи и аппроксимации.

Важнейшими комплексными показателями климата являются: индекс сухости $J = B/U\tau_r$ (B – годовой радиационный баланс, ккал/см²; $U = 0,6$ ккал/см³ – теплота испарения, τ_r – годовая сумма осадков, см), соотносящий поступления в почву тепла и влаги [5], и индексы тепла и холода – суммы положительных $\Sigma_{>0}$ и отрицательных $\Sigma_{\leq 0}$ температур воздуха, градусосутки (гс), ответственные за теплообмен у поверхности Земли. В агрономических исследованиях для определения соотношения между теплом и влагой также используется гидротермический коэффициент Селянинова, представляющий собой отношение суммы осадков (τ_r , см) к сумме температур воздуха (гс) за теплое

время года $K_o = r_T / \sum_{>0}$ [8]. 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). Автономные округа находятся в северной фитосфере, характеризующейся возрастанием обилия и разнообразия биоты с севера на юг (в южной фитосфере эти показатели наоборот, к югу убывают) [7].

Вообще 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 , сумма которых равна 1. Например, при анализе температуры воздуха за j_1 можно принять относительную температуру самого холодного месяца, обычно - января, $j_1 = j_{11} = (0 - t_1) / 2A$, а за j_2 - относительную температуру самого теплого, августа на побережье Карского моря и июля на остальной территории, $j_2 = j_{17} = (t_7 - 0) / 2A$, где t_1 и t_7 - среднемесячные температуры января и июля, $2A = t_7 - t_1$ - амплитуда (размах) колебаний, 0 - температура на разделе теплого и холодного периодов года (в начале весны и осени), °C. Величина j_{11} , 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. а j_{17} - от 0 в арктической пустыне до 0,5 в подтаежной зоне; в северной фитосфере $j_{11} \approx 0,5$. 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 с размерными ЭК [6].

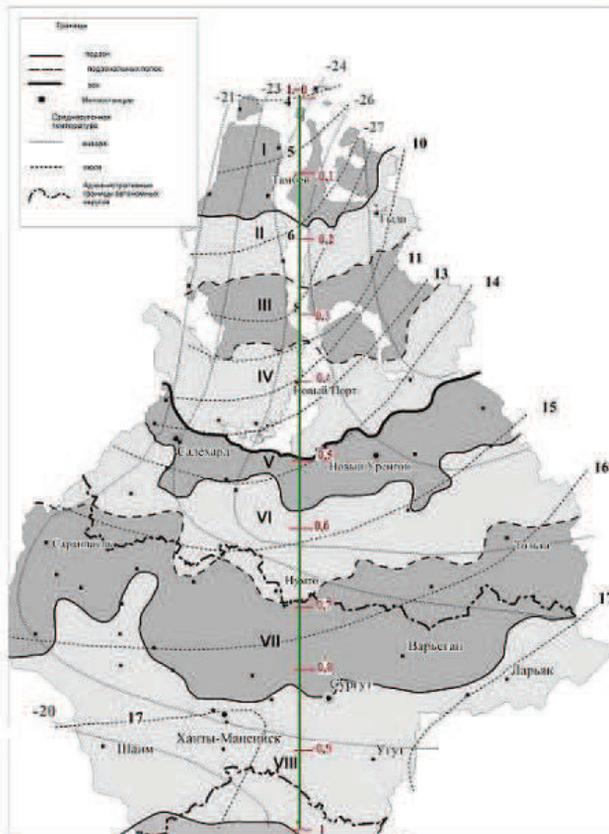


Рис. 1.1. Биоклиматические комплексы - БК (I – арктическая тундра, II – северная полоса субарктических типичных тундр, III - южная полоса субарктических типичных тундр, IV – субарктические кустарниковые тундры, V - лесотундра, VI - северная полоса северотаежной подзоны, VII - южная полоса северотаежной подзоны), VIII – средняя тайга; среднемесячные температуры воздуха января и июля на севере Тюменской обл. Вертикаль L=1 – условный меридиан, может служить масштабной шкалой с ценой деления ~150 км при определении расстояний между изолиниями ЭК.

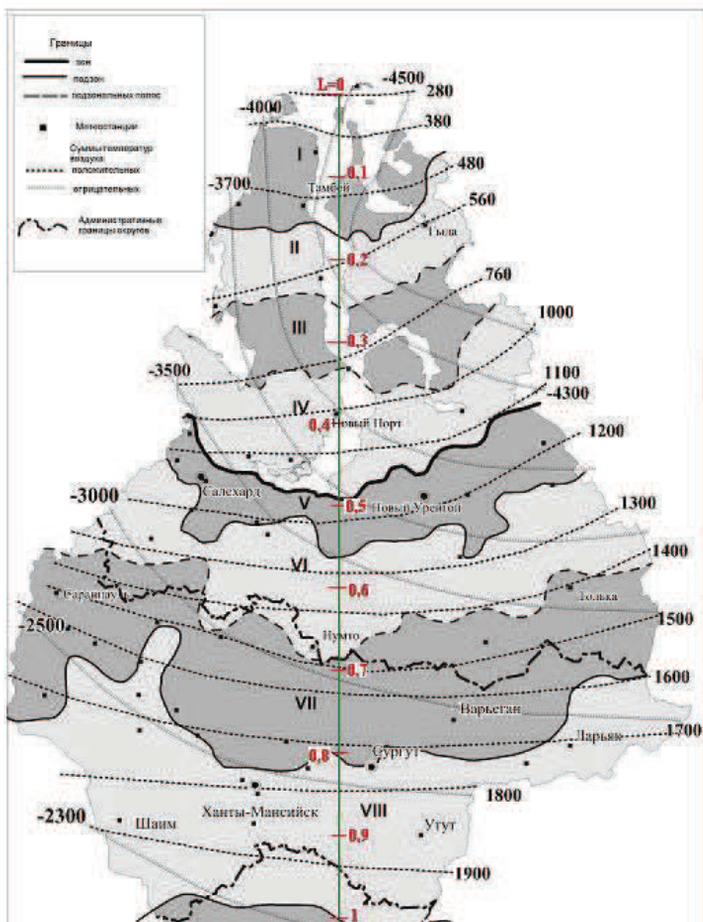


Рис. 1.2. Суммы положительных и отрицательных температур (градусосутки, гс) на севере Тюменской обл. (обозначения по рис. 1.1)

На рис.1.1- 1.2 приведены схематические карты [1, 9] биоклиматического районирования рассматриваемой территории и распределения среднемесячных температур воздуха за январь и июль а также суммы положительных и отрицательных температур воздуха. В табл.1.1 выписаны основные ЭК, осредненные по зонам (1- тундра, 2-лесотундра, 3-северная тайга, 4-средняя

тайга) [10]: 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 максимальная за теплый период t_m , 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 средняя плотность $\gamma_{сн}$ снега, г/см³; длительность периода со снегом $\tau_{сн}$, сутки; осадки за теплый r_T и годовой r_r периоды, см. Здесь же приведены элементы водного баланса: подземный S_n и полный (общий с наземным, паводочным) S_o стоки, испарение E и валовое увлажнение $\omega = S_n + E$, 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.

Таблица 1.1. Обобщенные климатические показатели севера Тюменской области. [5]

№ зоны	Радиационный режим				Температура воздуха				Ветер		
	τ_c	Q_c	B_n	B_r	t_m	$-t_x$	$-t_r$	τ_T	V_r	V_x	
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	65	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_n	$h_{сн}$	$\gamma_{сн}$	$\tau_{сн}$	r_T	r_r	S_n	S_o	E	ω	
1	60	28	0,3	250	23	30	7,2	22,5	7,5	14,7	
2	70	22	0,2	240	27	35	7,3	19,6	15,4	22,7	
3	75	32	0,21	230	29	38	9,4	19	19	28	
4	75	40	0,22	205	36	50	9	30	30	39	

На рис. 1.3 приведены графики, связывающие наиболее значимые для биоты ЭК на севере Тюменской обл. и их аппроксимации (кроме уже известных по тексту обозначений, здесь: $\Sigma_{>5}$ и $\Sigma_{>10}$ – суммы температур выше 5 и 10°; r_T и r_r – суммы осадков за год и за теплый период; $j_{гТ} = r_T / r_r$ – относительная величина суммы осадков за теплый период).

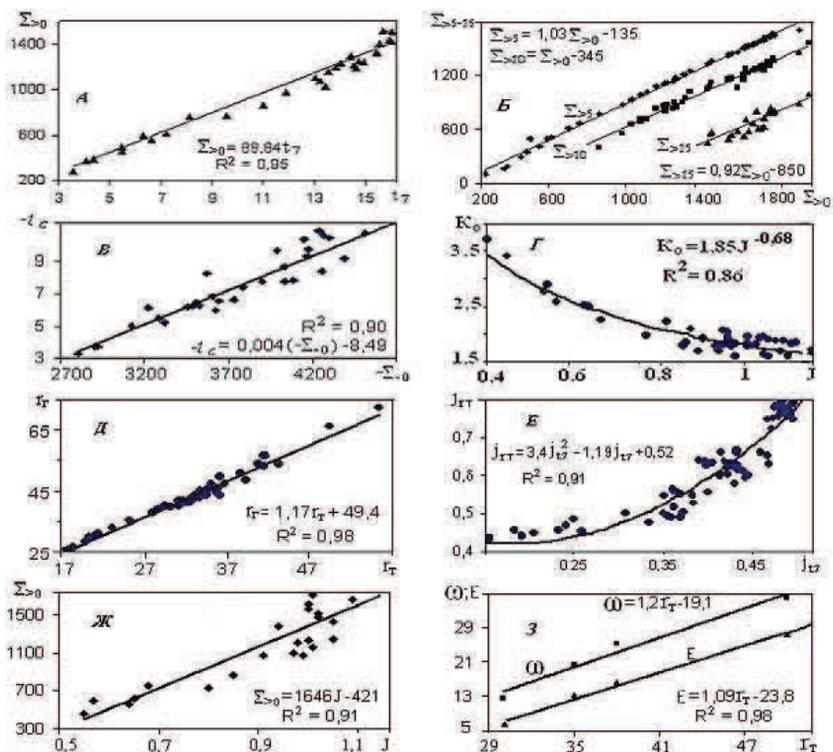


Рис. 1.3. Графики зависимостей: $\Sigma_{>0}$ от t_7 – А; $\Sigma_{>5-15}$ от $\Sigma_{>0}$ – Б; t_c от $\Sigma_{>0}$ – В; K_0 от J – Г; r_T от r_T – Д; j_{T7} от j_{T7} – Е; $\Sigma_{>0}$ от J – Ж; ω и E от r_T – З (обозначения в тексте).

Территория округов – область многолетнего (в ЯНАО) и сезонного (в ХМАО) промерзания грунта. 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 (и с южной границей ЯНАО). Глубина сезонного оттаивания увеличивается с севера на юг, от 1 до 2,7 м у песчаных грунтов, и от 0,2 до 0,5 у торфяных. В теплое время года подошва оттаивающего слоя служит водупором, вызывающим его переувлажнение оттаивающего слоя. Таяние мерзлоты и недостаточное испарение способствуют заболачиванию территории и развитию здесь специфического озерно-болотного ландшафта с преобладанием

травянистой растительности. В период таяния сезонно-мерзлого слоя из него идет интенсивное выделение (эмиссия) заземленных в мерзлоте газов - в основном аммиака и диоксида углерода, главных виновников парникового эффекта и повышенной пожароопасности.

В пределах холодной фитоценозы изменение климатических показателей в течение теплого периода года, в частности суммы положительных температур, подобно их пространственному изменению в направлении с севера на юг. Влажность почвы здесь избыточна, поэтому биота зависит, в основном, от атмосферного тепла, опосредованного величиной $\Sigma_{>0}$. Чем выше $\Sigma_{>0}$, тем через большее количество природных зон, находящихся севернее, начиная с арктической пустыни, где $\Sigma_{>0}$ близка 0, дважды (туда к середине лета и обратно к началу зимы) “пробегает” данное географическое место в течение теплого периода года, и тем обильнее и разнообразней его биота. Индекс тепла, как время или пройденный путь – кумулятивная (накопительная) величина, изменяющаяся только в сторону увеличения.

На рис. 1.4 показан многолетний ход годового индекса тепла в Сургуте (а), Салехарде (б) и Березове (в), а на рис. 1.4 з – ход его суммарного роста в тех же пунктах в относительных величинах, рассчитанных по формуле:

$$j_x = (x - x_{\min}) / (x_{\max} - x_{\min}), \quad (1.1)$$

где x , x_{\max} и x_{\min} – текущее, максимальное и минимальное размерное число рассматриваемой выборке, j – его относительное (нормализованное, безразмерное) значение.

Все три кривые на рис. 1.4 з практически сливаются. Графики на рис. 1.4 д и е отражают зависимость годового индекса тепла в размерной и безразмерной форме от $j_L = \Delta L / L$ - относительного расстояния по линии L на рис. 1.1. Из сравнения графиков на рис. 1.4 з и д следует идентичность (эквивалентность, взаимозаменяемость) всех трех нормализованных величин - времени, пространства и индекса тепла.

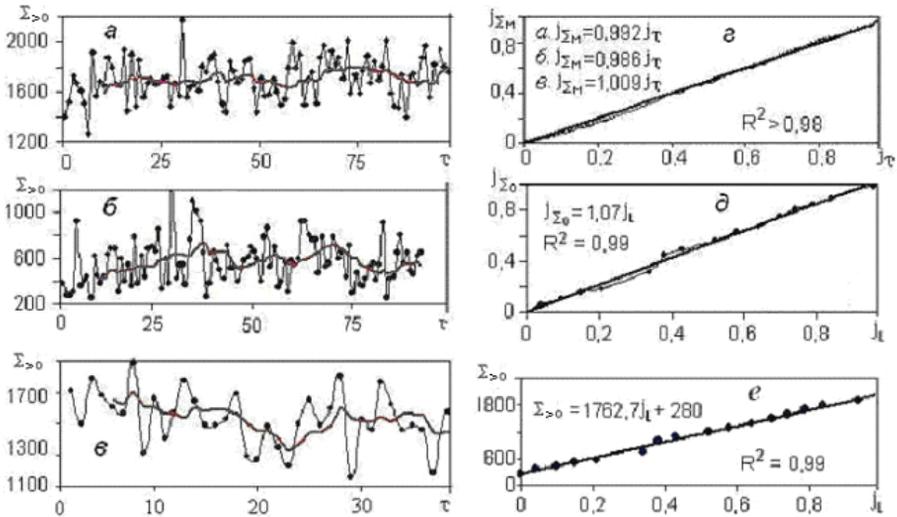


Рис. 1.4. Ход $\Sigma_{>0}$ (гс) во времени τ (годы): а – в Сургуте, б – в Салехарде и в - в Березове; а также зависимость j_{Σ_M} от j_{τ} – г; j_{Σ_0} от j_L – д и $\Sigma_{>0}$ от j_L – е (пояснения в тексте).

Эквивалентность пространственных и временных координат прослеживается, например, при анализе связи размерной (t_7) и безразмерной (j_{t7}) температур воздуха в июле (рис. 1.5). График на рис. 1.5а отражает характер взаимосвязи этих показателей на всех метеостанциях севера Тюменской обл. [11], графики на рис. 1.5 б, с – только в Салехарде (б) и в Сургуте (с) за 100 лет (начиная с 1885 г.).

Сравнение показывает, что значения t_7 , найденные по графику 5а и графикам на рис. 1.5б, с не сильно отличаются: на 11% в Салехарде и всего на 3% в Сургуте. Это и означает, что изменения пространственных и временных связей ЭК примерно эквивалентны и взаимозаменяемы. Поэтому, определять тренды и осреднять многолетние климатические показатели с допустимой погрешностью можно как по пространственным (рис. 1.5а), так и по временным координатам (рис. 1.5 б, с)

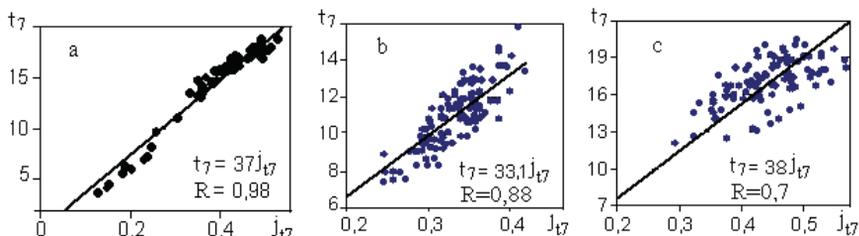


Рис. 1.5. Зависимость t_7 от j_{17} по всему северу Тюменской обл. – а, только в Салехарде – б и Сургуте – с ($R = \sqrt{R^2}$ – коэффициент корреляции).

Анализ существующих схем районирования Западной Сибири показывает, что распределение ЭК довольно существенно отклоняется от широтной зональности, особенно на севере, где изолинии ЭК направлены скорее с запада на восток, чем с юга на север, причем градиенты вдоль меридиана зачастую больше, чем вдоль широты (см. рис. 1.1, 1.2). 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 $t_c = -6,4^\circ\text{C}$, $t_7 = 13,8^\circ\text{C}$, $r = 418$ мм, $\Sigma_{>0} = 1114$ гс, а в Тазовском, лежащем на той же широте, но восточней $t_c = -9,4^\circ\text{C}$, $t_7 = 13,4^\circ\text{C}$, $r = 394$ 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 для точности расчетов приобретает возможность определения биотических показателей непосредственно по климатическим характеристикам, например, по индексу тепла $\Sigma_{>0}$.

1.3. Климатическая зависимость биотического разнообразия

В табл. 1.2 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, субарктической и южной тундре - 1,2,3, в лесотундре -4, в северной тайге -5, по В.А. Глазунову [9], а также в средней тайге -6, рассчитанные по формуле (2).

Таблица 1.2 Номера подзон, индексы тепла ($\Sigma_{>0}$) и численность таксонов сосудистых растений на севере Тюменской области.

№	$\Sigma_{>0}$, гс	Все растения (N _p)						Травянистые (Тр)			Деревянистые (Д)		
		В	Р	С	П	К	Од	В	Р	С	В	Р	С
1	320	167	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	1400	447	221	66	55	8	6	381	186	53	58	28	15
6	1850	480	264	77	64	9	7	421	226	62	59	28	15

Зональное распределение таксонов животных разного иерархического уровня - видов (В), родов (Р), семейств (С), отрядов (О) и классов (К) в Тюменской области исследовал С.Н. Гашев [2, 7]. На рис. 1.6 показаны графики зависимости количества разных таксонов растений (N_p) и животных (N_ж) от индекса тепла ($\Sigma_{>0}$), построенные по данным этих авторов.

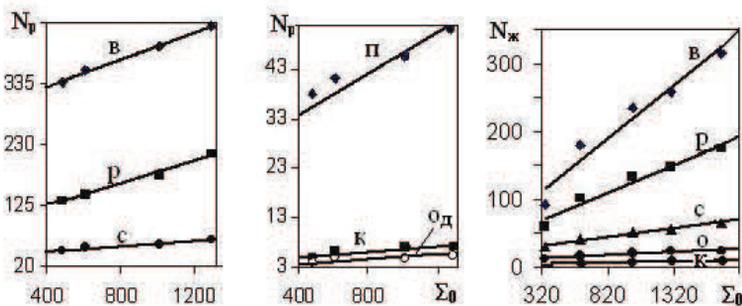


Рис. 1.6. Графики зависимости N_ж и N_p от $\Sigma_{>0}$ для разных таксонов (буквенные обозначения таксонов – в тексте).

Таблица 1.3. Номера подзон (по табл. 1.2), индексы тепла ($\Sigma_{>0}$), продуктивность (Pr, т/га·год) и биомасса (Bm, т/га) растительности, а также отношение $Bm/Pr = Vc$ (год) на севере Тюменской области.

№	1	2	3	4	5	6
$\Sigma_{>0}$	320	480	610	1010	1400	1850
Pr	1,9	2,9	3,7	6,1	8,4	11,1
Bm	39,7	89,2	118,4	180	210	314,5
Vc	21	31	32	30	26	30

Другие показатели биоты, в частности, продуктивность (годовая первичная продукция) Pr , т/(га · год) и биомасса растительного покрова Bm , т/га [6, 8], также зависят от климата через посредство $\Sigma_{>0}$ – табл. 1.3.

Примерное постоянство биомассы на больших промежутках времени при ежегодном ее продуцировании означает, что примерно такое же количество продукции ежегодно отмирает. В нижней строке табл. 1.3 дана величина отношения $Bm/Pr = Vc$ (год) – назовем его фитоциклом, которая характеризует продолжительность полного обновления биомассы. Эта величина мало зависит от климата. В среднем для северной фитосферы $Vc \approx 28$ лет, что довольно близко к климатическому циклу Хейли, связанному с колебаниями солнечной активности периодом 22...23 года. График зависимости Pr и Bm от $\Sigma_{>0}$ (по табл. 1.3) показан на рис. 1.7.

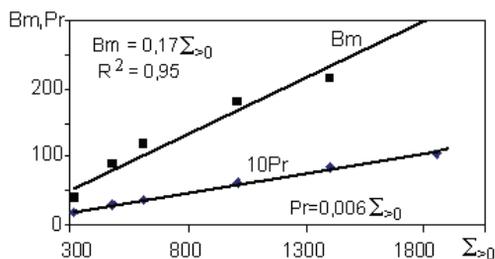


Рис. 1.7. График зависимости Pr и Bm от $\Sigma_{>0}$

Анализ 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 БК; б) общая формула зависимости параметров биоты от $\Sigma_{>0}$ практически линейна:

$$Y = A\Sigma_{>0} + B \quad (1.2)$$

где Y – общее обозначение биотических параметров, A и B – численные коэффициенты, найденные с помощью программы Excel и сведенные в табл. 1.4.

Табл. 1.1- 1.4, в купе с формулой (1.2) позволяют определить количество биотических таксонов непосредственно по величине $\Sigma_{>0}$.

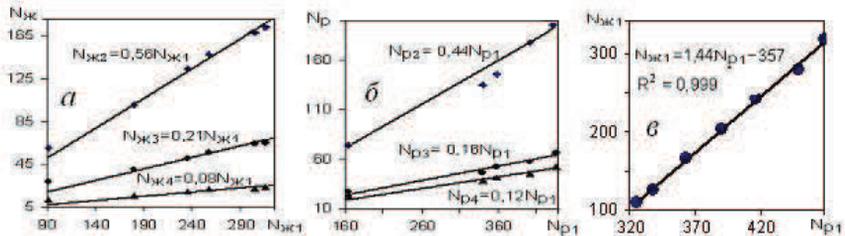


Рис. 1.8. Зависимость $N_{ж2} - N_{ж4}$ от $N_{ж1}$ и $N_{р2} - N_{р4}$ от $N_{р1}$ (а, б), а также $N_{ж1}$ от $N_{р1}$ (в)

Таблица 1.4. Постоянные в формуле (2) для основных параметров групп биоты (ГБ) по табл. 2: количества таксонов млекопитающих (М), птиц (Пт), всех животных $N_{ж}=M + Пт$, деревянистых (Д) и травянистых (Тр) растений, всей растительности ($N_{р}$), продуктивности Pg и биомассы Vm растений, а также значения R^2

ГБ	Таксон	A	B	R^2	ГБ	Таксон	A	B	R^2
М	Виды	0,125	53,1	0,92	Д	виды	0,0024	55	0,88
	Роды	0,063	34,9	0,93		роды	0,001	26	0,87
	сем-тва	0,02	16,1	0,94		сем-тва	0,0003	14,3	0,73
	отряды	0,008	5,8	0,9	Тр	виды	0,09	255	0,99
	Виды	0,031	10,3	0,98		роды	0,09	60	0,97
	Роды	0,017	10,1	0,95		сем-тва	0,02	25	0,94
Пт	сем-тва	0,006	6,8	0,96	N _р	виды	0,115	285	0,98
	отряды	0,001	4,5	0,80		роды	0,096	86,3	0,94
	Виды	0,176	49,8	0,98		сем-тва	0,022	36,4	0,91
N _ж	Роды	0,091	37,2	0,98	порядки	0,021	25,4	0,9	
	сем-тва	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	
Pg	—	0,006	0	0,98	Vm	—	0,17	0	0,96

На рис. 1.8а, 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 природных комплексах $N_{p2}/N_{p1}=0,44$; $N_{ж2}/N_{ж1}=0,58$ и т.п.). Поэтому, зная количество видов, по формулам на рис. 1.8а, б можно рассчитать и количество других таксонов (родов, семейств и т.д).

Рис. 1.8в отражает устойчивую линейную связь таксонов флоры и фауны, также инвариантную климату.

1.4. О биотическом разнообразии и его зависимости от климата.

Этот показатель выражается через различные соотношения между массой или численностью разных групп биоты – индексами Шеннона (мера энтропии), Симпсона (мера дисперсии) и др. (см. например, [12]) Чем больше индекс Шеннона, тем разнообразней биота. Увеличение индекса Симпсона соответствует росту доминирования. Следует отметить, что состав биоты, количество ее систематических групп (таксонов) и соотношения между ними реально определяются только непосредственным подсчетом (переписью) в полевых условиях, т.е. все известные индексы разнообразия биоты рассчитываются по уже установленным 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 $\Sigma_{>0}$.

В климатических справочниках, помимо $\Sigma_{>0}$, даются суммы температур выше 5, 10 и 15°C ($\Sigma_{>5}$, $\Sigma_{>10}$, $\Sigma_{>15}$), которые хорошо коррелируют с $\Sigma_{>0}$ – рис. 1.3 (Б).

Выделим четыре температурных интервала (участка) с разными условиями вегетации: 1) $\Delta t = 0 \div 5$; 2) $\Delta t = 5 \div 10$; 3) $\Delta t = 10 \div 15$ и 4) $\Delta t = 15 \div t_m$ °C. Каждому интервалу отвечает определенная группа биоты “живущая” при этих температурах: 1) арктическая (морозостойкая – М), 2) субарктическая (холодостойкая -Х), 3) теплолюбивая (Т), 4) засухоустойчивая (З) и распределим между ними сумму положительных температур $\Sigma_{>0}$ -условный показатель приходящего тепла.

В средней тайге (и южнее), где в теплый период года наблюдаются все 4 критические температуры, распределенное по температурным участкам условное

тепло вычисляется по формулам: 1. $\sum_1 = \sum_{0.5} = \sum_{>0} - \sum_{>5}$; 2. $\sum_2 = \sum_{5-10} = \sum_{>5} - \sum_{>10}$; 3. $\sum_3 = \sum_{10-15} = \sum_{>10} - \sum_{>15}$; 4. $\sum_4 = \sum_{15-t_m} = \sum_{>0} - (\sum_{0.5} + \sum_{5-10} + \sum_{10-15}) = \sum_{>15}$. Например, в Сургуте, где $\sum_{>0} = 1734$, $\sum_{>5} = 1644$, $\sum_{>10} = 1361$, $\sum_{>15} = 791$, имеем: $\sum_1 = 90$ гс; $\sum_2 = 283$ гс; $\sum_3 = 570$ гс; $\sum_4 = 1734 - (90 + 283 + 570) = 791$ гс. Доли ($\eta_{1-4} = \sum_{1-4} / \sum_{>0}$) от величины всей суммы положительных температур в каждом интервале равны, соответственно: $90/1734=0,05$; $283/1734=0,16$; $570/1734=0,33$ и $791/1734=0,46$ (для проверки: сумма долей должна быть равной 1).

График хода среднемесячной температуры воздуха в теплое время года, отсчитываемое с момента ее перехода через 0°C , в Сургуте по данным [11], и его аппроксимация показаны на рис. 1.9. Выделены все четыре интервала температур. Вся сумма положительных температур $\sum_{>0}$ определяется как площадь образованной графиком фигуры, равной интегралу t по τ согласно

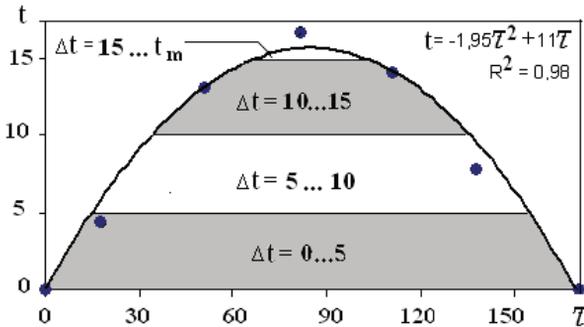


Рис. 1.9. Ход среднемесячной температуры воздуха (t) в Сургуте в теплое время года (τ, сут) и его аппроксимация

приведенной на рисунке аппроксимирующей формуле. Соответственно площади выделенных участков – это суммы температур или распределенного тепла (снизу вверх): $\sum_1 = \sum_{0.5}$, $\sum_2 = \sum_{5-10}$, $\sum_3 = \sum_{10-15}$, $\sum_4 = \sum_{15-t_m} = \sum_{>15}$.

Севернее, где среднемесячные температуры воздуха ниже 15°C , 4-й участок отсутствует; величины распределенного тепла на 1-м и 2-м участках определяются аналогично, а на 3-м по формуле: $\sum_3 = \sum_{10-t_7} = \sum_{>0} - (\sum_{0.5} + \sum_{5-10}) = \sum_{>10}$. По такой же схеме составляются формулы для расчета распределенного тепла на Крайнем Севере, где отсутствует третий, а при $t_m \leq 5^\circ\text{C}$ и второй интервалы. Например в Тамбее, где $\sum_{>0} = 493$, $\sum_{>5} = 344$ гс, а самая высокая среднемесячная температура летом $t_m = t_8 = 6,4 < 10^\circ\text{C}$, третий и четвертый участки

отсутствуют. Отнимая $\sum_{>5} = 344$ от $\sum_{>0} = 493$, получаем количество условного тепла на первом температурном участке $\sum_1 = \sum_{0-5} = 149$ гс; остальное относится ко второму участку $\sum_2 = \sum_{>5} = 344$ гс. Доли от суммарного индекса тепла: $\eta_1 = \sum_1 / \sum_{>0} = 0,7$; $\eta_2 = \sum_2 / \sum_{>0} = 0,3$.

Аналогично найдем доли условного тепла в районе Салехарда, где $\sum_{>0} = 1159$, $\sum_{>5} = 1078$, $\sum_{>10} = 828$ гс, $t_7 = 13,5^\circ\text{C}$ (следовательно, 4-й участок, где $t > 15^\circ\text{C}$, отсутствует): $\sum_1 = \sum_{>0} - \sum_{>5} = 81$ гс, $\sum_2 = \sum_{>5} - \sum_{>10} = 250$ гс. На третий участок остается $\sum_3 = \sum_{>10} = \sum_{>0} - (\sum_1 + \sum_2) = 1159 - 81 - 250 = 828$ гс. В долях от $\sum_{>0}$ это составляет: $\eta_1 = \sum_1 / \sum_{>0} = 0,07$; $\eta_2 = \sum_2 / \sum_{>0} = 0,22$; $\eta_3 = \sum_3 / \sum_{>0} = 0,71$.

Групповые \sum_{1-n} и долевые тепловые индексы η_{1-n} – константы для каждого географического места (здесь n – число интервалов: 1...4) и могут использоваться для оценки богатства и разнообразия биоты. Для удобства расчетов групповых индексов тепла их целесообразно выразить через $\sum_{>0}$, используя соотношения на рис. 1.3Б. Например, для южной и средней тайги, где наличествуют все 4 температурные интервалы, имеем:

$$\sum_1 = 135 - 0,03\sum_{>0}, \quad (1.3)$$

$$\sum_2 = 210 + 0,03\sum_{>0}, \quad (1.4)$$

$$\sum_3 = 505 + 0,08\sum_{>0}, \quad (1.5)$$

$$\sum_4 = 1,02\sum_{>0} - 850 = \sum_{>15} \quad (1.6)$$

Для северных районов расчетные формулы составляются аналогично, но их меньше. Например, для тундры, где $t_m > 5^\circ\text{C}$ и отсутствуют третий и четвертый температурные интервалы:

$$\sum_1 = 135 - 0,03\sum_{>0},$$

$$\sum_2 = \sum_{>5}$$

Для лесотундры и северной тайги, где $t_m > 10^\circ\text{C}$

$$\sum_1 = 135 - 0,03\sum_{>0},$$

$$\sum_2 = 210 + 0,03\sum_{>0},$$

$$\sum_3 = \sum_{>10}$$

1.5. Температурно – групповая индексация биоты.

Порядок групповой индексации биоты проиллюстрируем на примере продуктивности (годовой первичной продукции) Pr , т/(га · год) и биомассы B_m , т/га растительного покрова, величины которых прямо пропорциональны $\Sigma_{>0}$, признаком чего является равенство $B=0$ в формуле (1.2). Это обстоятельство определяет простой вид зависимости этих показателей, в частности продуктивности, на всех (n) температурных участках - Pr_{1-n} от долевого содержания условного тепла η_{1-n} :

$$Pr_{1-n} = Pr \cdot \eta_{1-n} \quad (1.7)$$

Например, в Салехарде, где (см. выше) $\Sigma_{>0} = 1159$ гс, $\eta_1 = 0,07$; $\eta_2 = 0,22$; $\eta_3 = 0,71$. по формуле на рис. 1.7 рассчитываем общий индекс тепла $Pr = 0,006 \cdot 1159 = 7$ т/га-год, а по формуле (1.7) – 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). Распределенные по температурным интервалам значения биомассы B_{m1-4} определяются по такой же формуле, в которой вместо продуктивности фигурирует биомасса.

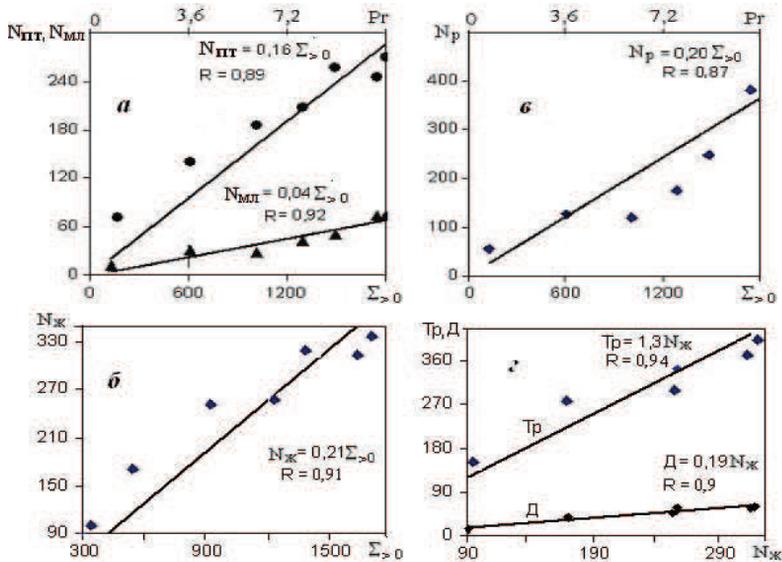


Рис. 1.9. Прямая пропорциональная зависимость количества видов биоты: птиц ($N_{пт}$) и млекопитающих ($N_{мл}$) – а, всех животных ($N_{ж}$) – б, растений -г от индекса тепла $\sum_{>0}$, а также травянистых (Тр) и деревянистых (Д) растений от $N_{ж}$ ($R=\sqrt{R^2}$ – коэффициент корреляции).

Анализ показал, что зависимость биотических таксонов от индекса тепла с несколько большей, но допустимой погрешностью также можно аппроксимировать упрощенной формулой (1.2), при $B=0$ (рис. 1.9).

Это позволяет вычислять распределенные по температурным интервалам и другие (по табл. 1.4) биотические показатели (Y_{1-n}) по общей формуле:

$$Y_{1-n} = Y \cdot \eta_{1-n} \quad (1.8)$$

В табл. 1.5 сведены основные ЭК, осредненные по выделенным (рис. 1) биоклиматическим комплексам (БК) и зависящие от них объемы видов биоты.

Таблица 1.5. Максимальные среднемесячные температуры ($t, ^\circ\text{C}$); индексы сухости (J) и тепла ($\sum_{>0}$), гс; число видов растений (N_p) и животных ($N_{ж}$) в разных БК (по рис.1). А также долевые тепловые индексы η_{1-4} и распределенные по четырем температурным интервалам и количества видов растений (N_{p1-4}) и животных ($N_{ж1-4}$).

БК	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
t_m	5,3	6	9	12,5	14	15	16	18
J	0,45	0,5	0,6	0,7	0,75	0,81	0,88	0,96
$\sum_{>0}$	460	610	760	1050	1230	1320	1600	1850
η_1	0,27	0,19	0,15	0,1	0,08	0,07	0,05	0,04
η_2	0,72	0,81	0,85	0,23	0,21	0,19	0,16	0,14
η_3	-	-	-	0,67	0,72	0,73	0,31	0,27
η_4	-	-	-	-	-	-	0,47	0,55
N_p	326	338	364	390	410	457	470	480
N_{p1}	90	64	55	39	36	31	24	19
N_{p2}	236	274	309	90	95	98	84	67
N_{p3}	-	-	-	261	280	328	145	130
N_{p4}	-	-	-	-	-	-	220	264
$N_{ж}$	115	127	166	204	233	280	316	323
$N_{ж1}$	31	24	25	20	20	20	16	13
$N_{ж2}$	84	103	141	47	51	53	51	45
$N_{ж3}$	-	-	-	137	161	207	98	87
$N_{ж4}$	-	-	-	-	-	-	151	178

Из табл. 15 следует, что арктическая биота (N_{p1} , $N_{ж1}$) встречается по всему региону, монотонно убывая с севера на юг. Это совпадает с фактическими данными. Например, пыльца карликовой березки –эндемика тундры повсеместно присутствует и в таежных поверхностных палиноспектрах [6]. Количество засухоустойчивой биоты (N_{p4} , $N_{ж4}$) к югу растет, но встречается только в таежной зоне. Распределение численности холодоустойчивых (N_2) и теплолюбивых (N_3) видов имеет более сложный, волнообразный характер.

В табл. 1.5 приведены только количества видов распределенных по температурам растений и животных. При необходимости по формулам на рис. 1.6 нетрудно определить эти показатели и для последующих иерархических уровней (родов, семейств и т.д.), а с помощью формул на рис. 1.9 – рассчитать и объемы любых из перечисленных в табл. 1.4 групп биоты.

1.6. Потепление климата и его влияние на биоту.

В последние 40-50 лет отмечается повсеместное потепление климата, основным признаком которого является повышение температуры воздуха, как в теплое время года, так и в среднегодовом выражении. Потепление вызывает много негативных последствий, часто катастрофического характера – пожары, наводнения, просадки вечномерзлых грунтов, разрушительные деформации инженерных сооружений и т.п. Особенно оно опасно для Севера, где грозит оттаиванием приполярных и подземных льдов, и высвобождением огромных масс воды и заземленных в толще мерзлоты газов. В то же время, очевидно, что повышение температур воздуха играет и положительную роль, увеличивая длительность вегетационного периода и производительность биоты.

Оценим эту роль для севера Тюменской области. Используемые климатические показатели взяты из климатических справочников 2011 и 1965 годов [13, 11]. По мнению специалистов [1 - 3] биота конца XX- начала XI веков примерно соответствует климатическим показателям справочника за 1965 г [11]. Поэтому решение поставленной задачи сводилось к сопоставлению данных этих справочников и анализу результатов.

В табл.1.6 приведены среднемноголетние значения среднегодовых (t_c) и максимальных среднемесячных (t_m) температур воздуха в ряде пунктов на севере Тюменской обл. за периоды до 2011 и до 1965 г.г. На рис. 1.10 показан

зональный ход разницы температур за эти сроки (Δt_7) и отношения между ними ($k = t_{m.a} / t_{m.b}$).

Таблица 1.6. Средние значения t_c и t_m за периоды времени до 2011 (а) и 1965г.(б) и их изменения за 50 лет на севере Тюменской обл..

№	Пункт	$t_{c.a}, 2011$	$t_{c.b}, 1965$	$t_{m.a}, 2011$	$t_{m.b}, 1965$	$k=t_{m.a}/t_{m.b}$	$\Delta t_m=t_{m.a}-t_{m.b}$
1	о.Белый	-11,7	-10,4	4,9	4,1	1,19	0,8
2	Харасавэй	-10,5	-9,8	6,6	5,5	1,2	1,1
3	Тазовский	-8,6	-9,3	14,5	13,4	1,08	1,1
4	Сидоровск	-8	-8,5	15,6	14,6	1,07	1
5	Н.Порт	-7,8	-9,4	12,2	11	1,11	1,2
6	Ямбург	-6,3	-6,9	14,3	13	1,1	1,3
7	Салехард	-6,3	-6,4	14,7	13,8	1,06	0,9
8	Халесавэй	-5,3	-5,8	17,2	15,9	1,08	1,3
9	Тар.-Сале	-6	-6,7	16,4	15,4	1,06	1
10	Яр-Сале	-7,3	-7,5	14,4	13,2	1,09	1,2
11	Надым	-5,9	-6,6	15,9	14,7	1,08	1,2
12	Березово	-3,1	-3,8	16,4	15,8	1,04	0,6
13	Сургут	-2,9	-3,1	17,5	16,9	1,04	0,6
14	Няксимволь	-2,2	-1,2	17,3	15,8	1,09	1,5
15	Х-мансийск	-0,8	-1,4	18,3	17,5	1,05	0,8

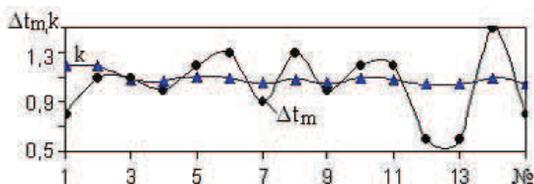


Рис. 1.10. Значения Δt_m и k на севере Тюменской обл. (№ -номера пунктов в табл. 1.6)

Табл. 1.6 и рис. 1.10 отражают общую тенденцию к повышению июльских температур воздуха в последние примерно 50 лет: на $0,6 - 1,5^\circ\text{C}$ (в среднем на $1,04^\circ\text{C}$) или на 5-19% (в среднем на 7 %) со средней скоростью: $v_{tm} \approx 1/50 \approx 0,02$ град/год. Каких-либо пространственных (зональных) закономерностей в распределении Δt_m и k не наблюдается, причем величина k пренебрежимо мало

меняется от пункта к пункту. Поэтому принимаем, в первом приближении, эти величины постоянными, равными средним значениям: $\Delta t_m = 1,04 \text{ }^\circ\text{C}$; $k=1,07$.

Что касается среднегодовых температур, то на большей части региона они также повышаются, за исключением островов и побережья Карского моря (о. Белый и м. Харасавэй), где наблюдается некоторое их понижение. Это говорит о том, что потепление происходит, в основном за счет повышения летних температур.

С помощью уравнения зависимости $\Sigma_{>0}$ от t_m (на рис. 1.3), определим средние величины повышения индекса тепла $\Delta\Sigma_0$ за 50 лет - $\Delta\Sigma_{>0..50}$ и за год - $\Delta\Sigma_{0..1}$:

$$\Delta\Sigma_{>0..50} = 88,8 \cdot \Delta t_m = 88,8 \cdot 1,04 = 92 \text{ гс} ; \quad \Delta\Sigma_{>0..1} = 92/50 = 1,84 \text{ гс/год} \quad (1.9)$$

Увеличение индекса тепла вызывает: 1) перемещение биоклиматических комплексов (БК) с юга на север и 2) увеличение видового богатства биоты.

Определим средние величины этих факторов.

1) После подстановки $L \approx 1500 \text{ км}$ в выражение Σ_0 на рис. 1.3 е, получаем его размерную формулу: $\Sigma_{>0} = 1,18 L + 280$ (L – расстояние от северной границы территории в км). Взяв из нее производную Σ_0 по L , находим среднюю величину приращения индекса тепла в направлении с севера на юг:

$$\Sigma_{>0..1} = 1,18 \text{ (гс/км)} \quad (1.10)$$

Приравняем $\Delta\Sigma_{>0..1}$ к $\Delta\Sigma_{>0..1}$: $1,84 \text{ гс/год} = 1,18 \text{ гс/км}$ и получим выражение эквивалентности времени и расстояния (относительно индекса тепла): $1 \text{ год} \sim 1,56 \text{ км}$. Т.е., за год вся система границ БК перемещалась к северу в среднем примерно на 1,56 км, а всего за последние 50 лет – переместилась на $1,56 \cdot 50 = 78 \text{ км}$. Конечно, это ориентировочные расчеты, но и из них видно, что повышение температуры, помимо положительного воздействия на биоту, связанного со смягчением условий существования, вызывает и отрицательное - сокращение ареала арктических (и высокогорных) видов.

2) В табл.1.7 приведены значения индекса тепла за периоды наблюдений до 1965 г. (числители) и до 2011 г (знаменатели) и соответствующие им величины видового богатства. Числители взяты из [11], знаменатели вычислены так: сначала рассчитан знаменатель в первой строке табл. 1.7 ($\Sigma_{>0..2011}$) путем прибавления к числителю величины $\Delta\Sigma_{>0} = 92 \text{ гс}$ или

умножением ее на $k = 1,07$. Знаменатели в других строчках табл. 1.7 – продуктивность и число видов флоры и фауны, соответствующие $\Sigma_{>0,2011}$, вычислены по формуле (2) при подстановке в нее $\Sigma_{>0,2011}$. Аналогично, можно оценить влияние потепления на групповые индексы тепла, биотические таксоны высших рангов и биомассу.

Таблица 1.7. Индексы тепла ($\Sigma_{>0}$), гс; продукция (Pr, т/га-год); число видов растений (N_p) и животных (N_j) в разных БК (по рис. 1.1), соответствующие климатическим показателям наблюдаемым до 1965 г (числитель) и до 2011 г. (знаменатель)

БК	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
$\Sigma_{>0}$	340/432	439/531	658/750	877/969	1097/1189	1316/1408	1536/1628	1700/1819
Pr	2/2,2	2,6/2,8	3,9/4,2	5,3/5,6	6,6/7	7,9/8,4	9,2/9,9	10,2/10,9
N_p	327/335	338/346	364/371	390/396	417/421	449/457	469/472	480/491
N_j	110/125	127/143	166/181	204/220	243/259	281/298	316/336	324/365

Судя по табл. 1.7, повышение максимальной среднемесячной температуры воздуха на 1°C и, соответственно, суммы положительных температур на 93 гс вызвало определенное увеличение видов биоты: растений от 8 в арктической тундре до 11 в средней тайге; животных от 15 в арктической тундре до 41 в средней тайге.

Заклучение

1. 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 количества родов, видов, семейств, отрядов (порядков), к количеству видов остается постоянным. Количество видов флоры и фауны устойчиво увязано друг с другом, а их отношение также инвариантно климату.

2. За последние 50 лет июльские температуры воздуха на севере Тюменской области повысились примерно на 1°C , а суммы положительных температур – на 93 гс. Такое потепление соответствует увеличению количества видов: растений на 1-3%, животных в - среднем на 9%. Т.е., позитивное влияние потепления климата на биоту севера имеет место, но в общем, оно невелико и вряд ли

компенсирует связанные с потеплением негативные факторы - пожары, наводнения и т.п.

Литература

1. Ильина И.С., Лапшина Е.И., Лавренко Н.Н. и др. Растительный покров Западно- Сибирской равнины. Новосибирск: Наука, 1985. 250 с., 1, с. 21-34.
2. Гашев С.Н. Млекопитающие Тюменской области: справочник-определитель. Тюмень: Изд-во ТюмГУ, 2008. 333 с.
3. Ребристая О.В. Флора полуострова Ямал. Современное состояние и история формирования. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2013. 312 с.
4. Хозяинова Н.В. Флора и растительность северной тайги Пуровского района Тюменской области (север Западной Сибири) // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. Тюмень: Изд-во ИПОС СО РАН, 2007. 8. С. 27-50.
5. Будыко М.И. Климат и жизнь. Л., Гидрометеиздат. 1981. 400 с.
6. Коновалов А.А., Иванов С.Н. Реконструкция истории климата по групповым палиноспектрам на примере Западной Сибири. Saarbrucken, Germany. Palmarium academic publishing, 2012. 119 с.
7. 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.
8. Хромов С.П., Мамонтова Л.И. Метеорологический словарь. Л.: Гидрометиздат, 1974, 268 с.
9. Коновалов А.А., Глазунов В.А. Московченко Д.В. Тигеев А.А. Гашев С.Н. 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. Коновалов А.А., Роман Л.Т. Особенности проектирования фундаментов в нефтепромысловых районах Западной Сибири. Л.: Стройиздат. 1981. 168 с.
11. Справочник по климату СССР. Л.: Гидрометиздат, вып.17, ч.1 и 2, 1965-1966, 276 с.
12. Гелашвили Д.Б., Иудин Д.И., Розенберг Г.С. и др. Основы мультифрактального анализа видовой структуры сообщества // Успехи современной биологии. 2008, т. 128,
13. Научно-прикладной справочник «Климат России, 2011» [Электронный ресурс]. Режим доступа: aisori.meteo.ru/CIspR

2. О РАСПРЕДЕЛЕНИИ БИОТЫ В ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

2.1. Введение

Подробное описание растительного покрова и животного мира Западно-Сибирской равнины (ЗСР) дается в работах [1, 2, 3], которые включают в себя в основном описание качественных характеристик растительных и животных комплексов различных природных зон. Эта статья посвящена количественным закономерностям распределения численности биотических таксонов на территории ЗСР (в пределах Тюменской и Омской обл.) и их зависимости от климата.

Объекты исследования – количества таксонов (Т) вводились в расчет в логарифмической форме – $(\ln T = W)$, сглаживающей скачкообразный вид функций и облегчающий установление взаимоотношений между системами или их отдельными компонентами. Элементы климата (ЭК) взяты по данным метеостанций [4, 5]. Аппроксимирующие формулы географической и иерархической зависимости количества таксонов и достоверность формул R^2 определялись по стандартной компьютерной программе Excel.

2.2. Климатические показатели, определяющие структуру биоты

Это - индекс сухости $J = V/qU$ (здесь V - годовой радиационный баланс, ккал/см²; $q = 0,6$ ккал/см² – теплота испарения; U - годовая сумма осадков в см.) [6], отражающий соотношение между поступающими в почву теплом и влагой, и индекс тепла – сумма положительных температур воздуха Σ_0 (градусосутки, g_c), регулирующий поступление тепла. Для определения тепло- и влагообеспеченности территории применяется также гидротермический коэффициент Селянинова [7]: $K_c = U_0/\Sigma_0$ (U_0 и Σ_0 – суммы осадков (см) и температур воздуха за теплый период). Анализ данных метеостанций

показывает, что эти параметры достаточно хорошо увязываются друг с другом – рис.1(а, б).

В зависимости от величины J фитосферу можно разделить на северную (холодную, влажную) и южную (теплую, сухую). Граница между ними проходит, примерно, по изолинии $J \approx 1$, где поступления тепла и влаги находятся в равновесии и наблюдаются оптимальные условия существования биоты. Распределение J в северной и южной фитосферах обратно (логарифмически) симметрично. Например, область устойчивого существования растительности ограничена на севере изолиниями $J = J_c \approx 0,2 \dots 0,33$ (северная тундра), на юге $J = J_{ю} \approx 5 \dots 3$ (южная полупустыня) [6], откуда $J_c \approx 1 / J_{ю}$ или $\ln J_c \approx \ln(1 / J_{ю}) \approx - \ln(J_{ю})$.

Объединенная (приведенная) кривая хода индекса сухости в северной и южной фитосфере ($J_{с.ю}$) имеет куполообразную форму с вершиной в в точке $J_c = J_{ю} \approx 1$. Примерно симметричны и другие показатели, связанные с цикличностью климата и выраженные в форме зависимости от J . Кривые этих зависимостей повторяют куполообразную форму приведенной кривой хода $J_{с.ю}$. Их пик (максимум) приходится на $J \approx 0,95 \dots 1,2$ (близко к $J \approx 1$).

Для примера на **рис. 2.1(в, г)** показана зависимость годовых сумм осадков U (см) и фитопродукции Pr (т/га-год) от J [8]. В северной фитосфере влажность почвы избыточна. Биота зависит, в основном, от атмосферного тепла, опосредованного величиной Σ_0 . Чем выше Σ_0 , тем больше количество природных зон, начиная с северной тундры, через климат которых проходит данное место в течение теплого периода, тем обильнее и разнообразней его биота. В южной – с увеличением Σ_0 уменьшается поступление влаги; биота деградирует, убывает ее обилие и разнообразие.

Индексы тепла Σ_0 и холода (сумма отрицательных температур) Σ_{-0} отвечают за сезонное оттаивание и промерзание грунта его среднегодовую температуру. Мерзлый грунт на подошве оттаивающего в теплое время слоя играет роль водоупора, обеспечивающего запас воды, необходимый для запуска и поддержания процесса вегетации растений.

В Западной Сибири, как правило, $\Sigma_0 < |\Sigma_{-0}|$. Это определяет наличие здесь мерзлых грунтов – многолетних, а южнее изолинии среднегодовой температуры воздуха $t_c \approx -2 \dots -4$ °С - сезонных. Граница между многолетней и сезонной мерзлотой примерно совпадает с областью оптимума соотношения тепла и влаги – $J \approx 0,95 \dots 1,2$ и максимальной фитопродукцией $Pr \approx 11$ т/га-год (по рис. 1*з*). С Σ_{-0} и Σ_0 тесно связаны и другие элементы климата, отвечающие за тепловой режим у поверхности Земли и функционирование биоты, в частности, среднегодовая и среднемесячная максимальная (обычно июльская) температуры воздуха – t_c и t_7 – **рис. 2.1(е,д)**.

Вообще все элементы климата так или иначе связаны между собой и если известен хотя бы один из них, например, J или Σ_0 , то можно с помощью формул на рис. 1 (см. также [8, 9] определить и остальные.

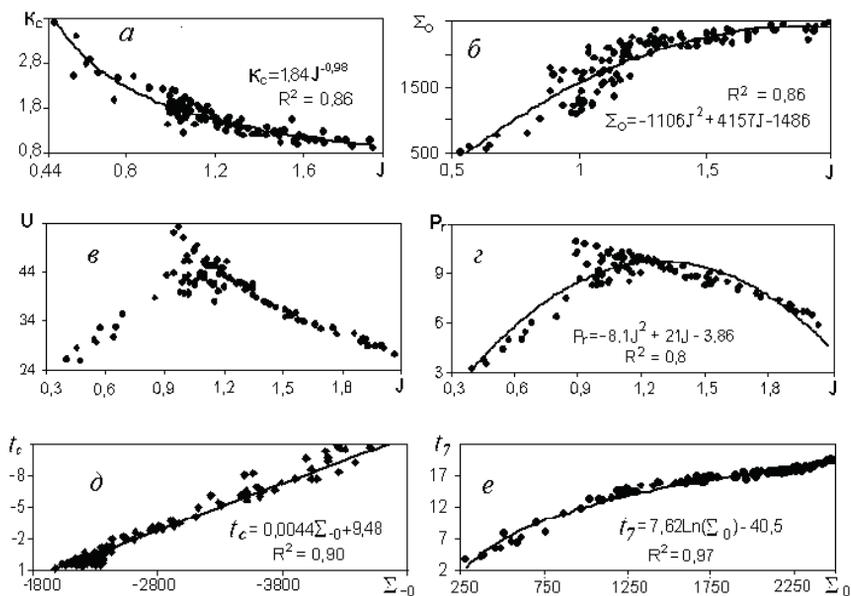


Рис. 2.1. Графики зависимости K_c (а), Σ_0 (б), U (в) и Pr (г) от J , а также t_c от Σ_{-0} (д) и t_7 от Σ_0 (е).

2.3. Распределение численности биотических таксонов

В правой части **табл. 2.1** показано распределение численности таксонов животных и сосудистых растений разного ранга в природных зонах ЗСР по данным [1, 2, 3], выделены их максимальные значения. Эта часть таблицы, составленная д.б.н. С.Н.Гашевым и к.б.н. М.Н. Казанцевой, взята из статьи [10]. В левой части таблицы приведены средние зональные значения J , Σ_0 по данным метеостанций.

Таблица 2.1. Количество таксонов животных (птиц + млекопитающих) и сосудистых растений, а также средние значения J и Σ_0 (гс) в подзонах ЗСР (виды - в, роды - р, семейства - с, отряды - о)

№	Подзона	J	Σ_0	Животные				Растения		
				В	Р	С	О	В	Р	С
1	Северная тундра	0,4	129	73+18	46+15	20+9	7+5	57	35	17
2	Южная тундра	0,6	610	148+32	79+22	30+11	11+5	126	67	31
3	Лесотундра	0,75	1010	194+42	107+27	39+12	15+5	99	58	28
4	Северная тайга	0,87	1293	207+51	115+33	41+15	16+6	174	86	43
5	Средняя тайга	0,96	1490	257+59	136+38	48+17	18+6	247	147	50
6	Южная тайга	1,0	1700	246+60	130+38	47+17	16+6	380	203	73
7	Подтайга	1,1	1800	271+67	141+41	54+18	18+6	493	260	74
8	Северная лесостепь	1,3	2050	259+63	139+ 43	50+ 19	19+6	540	267	64
9	Южная лесостепь	1,5	2260	252+67	135+42	48+18	18+6	449	226	54
10	Степь	1,9	2420	208+58	115+40	45+16	19+6	215	131	36

Из табл. 2.1 видно, что количество таксонов T всех рангов, и флористических и фаунистических, изменяется одинаково - с севера на юг сначала растет, а затем уменьшается. Аналогично изменяется и продукция растительного покрова P_r (рис. 2.1z) Смена вектора происходит в подтайге - северной лесостепи (см. выделенные цифры в табл. 2.1). Следовательно, здесь,

в области перехода тайги в лесостепь, где индекс сухости $J \approx 0,95 \dots 1,2 \approx 1$ условия обитания и флоры и фауны наиболее благоприятны.

Согласно [11] многообразие биоты увеличивается от полюсов к экватору. Как следует из рис. 1 и табл. 1, в Западной Сибири распределение биоты имеет более сложный, циклический характер. От границы леса с лесостепью и южнее разнообразие и богатство биоты не растет, а убывает.

Специфика географических подзон в табл. 1 отражена их порядковыми номерами i . Найдено общее выражение зависимости количества таксонов от порядкового номера подзоны i :

$$W_i = Ai^2 + Bi + C, \quad (1.1)$$

где $W_i = \ln(T_i)$, T_i – количество биотических таксонов в i -ой географической подзоне; A , B и C - эмпирические константы, определяемые по табл. 2.2.

На **рис. 2.2** показаны графики и формула соответствия i и J , найденные по данным в 1-м и 3-м столбцах табл. 2.1. Приведенная (объединенная) кривая $J_{с,ю}$ на этом графике составлена 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. Именно эта кривая определяет циклический характер зонального

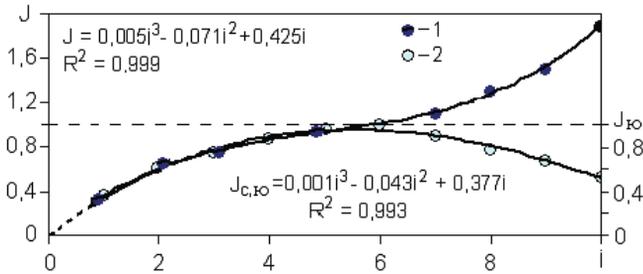


Рис. 2.2. Графики соответствия между i и J по всему региону (1), а также в северной $J_c = J$ и южной $J_{ю} = 1/J_c$ фитосфере – приведенная кривая (2).

распределения биотического богатства: его увеличение в северной фитосфере и уменьшение в южной.

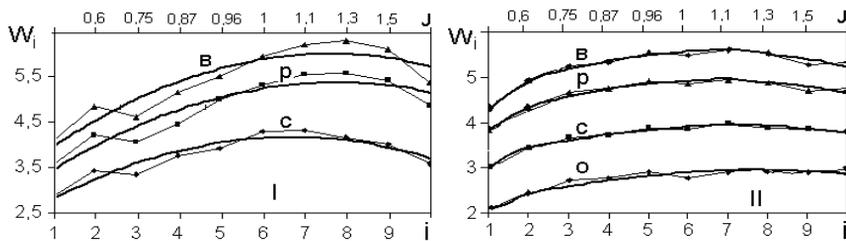


Рис. 2.3. Зависимость W_i от i или J и ее аппроксимации для видов (в), родов (р), семейств (с) и отрядов (о) растений (I) и птиц (II).

Используя соответствие между i и J или J с K_c и остальными ЭК, согласно рис. 2.1 и табл. 2.1, величину i в формуле (1) можно заменить непосредственно на климатические показатели. На **рис. 2.3** показаны графики зависимости W_i от i , и их аппроксимации для таксонов растений (I) и птиц (II). На нижней горизонтальной шкале графиков отложены значения i , на верхней - соответствующие им в табл. 2.1 значения J ; значки - количество видов растений и птиц в зонах и подзонах ЗСР в логарифмическом масштабе. Аналогично выглядят графики зависимости W_i от i и для других таксонов.

В табл.2.2 выписаны значения эмпирических постоянных в формуле (1.1), найденные с помощью таблиц EXCEL.

Закономерность, описываемая формулой (1.1), наблюдается и у отдельных видов биоты, в частности травянистых и древесных и растений. Большинство травянистых растений на территории ЗСР принадлежит семействам Сурегасеae (осоковые- 297 видов) и Роасеae (злаковые – 285 видов); большинство древесных растений – семействам Salicaseae (ивовые – 73 вида), Pinaseae (хвойные–38 видов), Betulaseae (березовые – 30 видов) [1].

В табл. 2.3 даны количества видов древесных (Др) и травянистых (Тр) растений, относящихся к этим семействам. Как видно из таблицы, их зональное распределение подчиняется тем же закономерностям, что и растительность в целом, и также описывается формулой (1.1); величины коэффициентов А, В и С для этих случаев приведены в двух последних строчках табл.2.2.

Таблица 2.2. Постоянные в формуле (1) для разных групп биоты: I – сосудистые растения, II птицы, III - млекопитающие, IV – птицы + млекопитающие, V и VI – виды древесных (Др) 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 – Др	-0,1	1,05	0,61	0,85
VI	Виды – Тр	-0,04	0,55	2,42	0,78

Таблица 2.3. Распределение древесных (Др) и травянистых (Тр) видов растений самых распространенных семейств на территории ЗСР (в числителе количество видов, в знаменателе их логарифмы, выделены максимумы)

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

Используя графики и формулы на рис. 2.1 и табл. 2.1- 2.3, можно примерно оценить продуктивность растительности и количество биотических таксонов ранга вид...отряд по климатическим показателям.

2.4. Закономерности ранжирования таксонов

Анализ показывает, что логарифмы таксонов разных рангов в ряду: 1) вид, 2) род, 3) семейство, 4) отряд, во всех климатических зонах увязываются с W_1 линейной формулой:

$$W_r = k_r W_1 \quad (2.2)$$

где r – порядковый номер таксона (1... 4), k_r - эмпирический коэффициент, зависящий от r .

Подставив в формулу (2) $W_r = \ln T_r$ и $W_1 = \ln T_1$, после ее преобразования получаем уравнение, связывающее количество родов (T_2), семейств (T_3) и отрядов (T_4) с количеством видов (T_1) в обычном (не логарифмическом) масштабе:

$$T_r = (T_1)^{k_r} \quad (2.3)$$

Величина $k_r = W_r / W_1$ рассмотренных групп во всех подзонах изменяется беспорядочно, в небольшом диапазоне, явно не в связи с климатом, а из-за недостаточной репрезентативности наблюдений. Т.е. k_r зависит только от r , но

не зависит от i . Для примера в табл. 2.4 показано распределение W_r/W_1 у растений и животных по подзонам ЗСР. Из таблицы видно, что отклонения крайних значений k_r от средних составляют меньше 10%. Благодаря этому можно анализировать закономерности иерархического распределения таксонов по их средним значениям, сведенным в табл. 2.5.

Таблица 2.4. Распределение $W_2/W_1...W_4/W_1$ животных и растений.

№	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	0,7
3	Лесотундра	0,89	0,72	0,55	0,88	0,71
4	Северная тайга	0,9	0,72	0,56	0,86	0,7
5	Средняя тайга	0,9	0,73	0,55	0,9	0,69
6	Южная тайга	0,89	0,73	0,54	0,89	0,68
7	Подтайга	0,89	0,73	0,55	0,89	0,66
8	Северная лесостепь	0,90	0,73	0,56	0,9	0,64
9	Южная лесостепь	0,9	0,73	0,55	0,89	0,63
10	Степь	0,9	0,74	0,58	0,9	0,65
	Среднее	0,89	0,73	0,55	0,88	0,67

Независимость k_r от климата 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) - $T_B = 180$. (табл. 2.1). Определим количество родов $T_{рл}$ ($k_r = k_2 = 0,89$ по табл. 2.5), семейств T_c ($k_r = k_3 = 0,73$) и отрядов T_o ($k_r = k_4 = 0,55$) этой группы, используя

формулу (3): $T_{рд} = 102$, $T_c = 44$, $T_o = 17$, что практически совпадает с фактическими данными - $T_{рд} = 101$, $T_c = 41$, $T_o = 16$.

Аналогично для этой же группы в подтайге ($i=7$) по факту имеем (табл. 2.1): $T_b = 338$, $T_p = 182$, $T_c = 72$, $T_o = 24$, а расчетом получаем: $T_b = 338$, $T_p = 178$, $T_c = 70$, $T_o = 24$. Разница также в пределах допустимого - меньше 3 %.

Таблица 2.5. Значения $k_r = W_r / W_1$ в формулах (2.2)-(2.3) для растений (I), птиц (II), млекопитающих (III), и птиц+млекопитающих (IV)

Группа	r	k_r	Группа	r	k_r
I	1	1	III	1	1
	2	0,89		2	0,9
	3	0,7		3	0,69
	-	-		4	0,46
II	1	1	IV	1	1
	2	0,89		2	0,89
	3	0,7		3	0,73
	4	0,51		4	0,55

2.5. 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 [12]): "... 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... отряд. Подобные иерархии обычно представляют собой геометрическую прогрессию с примерно постоянным коэффициентом - множителем, отражающим подобие ее членов.

Рассмотрим иерархию отношений предшествующего члена W_r к последующему W_{r+1} в ряду: 1) вид, 2) род, 3) семейство, 4) отряд и далее:

$$W_1 / W_2 \rightarrow W_2 / W_3 \rightarrow W_3 / W_4 \dots \quad (2.4)$$

Если разделить числители и знаменатели этой последовательности на W_1 , ее можно выразить также и через k_r , в частности ее первый член $W_1 / W_2 = 1 / k_r = k_r^{-1}$. Отсюда следует, что отношение $(W_r / W_{r+1})_n$ также не зависит от климата. В табл. 2.6 (3-й и 7-й столбцы) приведены значения отношений, входящих в (4) для таксонов основных групп биоты (по табл. 2.2). Анализ показал, что соотношение членов иерархии (4) можно описать формулой:

$$(W_r / W_{r+1})_n = (W_1 / W_2)^n = (k_r / k_{r+1})^n = (1/k_2)^n = (k_2)^{-n}, \quad (2.5)$$

где n – номер отношения в ряду (2.4).

Т.е., первое отношение $(W_1 / W_2) = (W_1 / W_2)^1 = (1 / k_2)^1 = k_2^{-1}$, 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 последнем столбце табл.6 приведены величины $(W_r / W_{r+1})_n$, вычисленные по формуле (2.5). Они показывают хорошую сходимость с фактическими данными. Из формулы (2.5) следует, что члены иерархии (2.4) обладают свойством фрактальности, причем величина коэффициента подобия (фрактальная размерность) для таксонов рассмотренных групп (**I ... IV**), как животных, так и растений близка к ее первому члену: $W_1 / W_2 = 1/k_2 \approx 1,12$. Найдем с помощью формулы (5) теоретически возможное значение 3-го члена последовательности (4) для растительности, т.е. количество порядков, которое в первоисточнике [1] не определялось: $W_3 / W_4 = (W_1 / W_2)^3 = (1/k_2)^3 \approx 1,4$, а затем и само количество порядков, например, в северной тундре ($i=1$). По табл. 2.1 находим: $W_3 = \ln 17 \approx 2,8$; откуда $W_4 = 2,8/1,4 = 2$, а число порядков – $T_4 = \exp(2) \approx 7$. То же в южной тундре ($i=2$): $W_3 = \ln 31 \approx 3,4$; откуда $W_4 = 3,4/1,4 = 2,4$, а количество порядков – $T_4 = \exp(2,4) \approx 11$.

Другой пример – для сравнения с фактическими данными: определим с помощью формулы (2.5) величины W_4 и T_4 для отрядов животных в северной

($i=4$) и южной ($i=6$) тайге. По табл. 2.1 для северной тайги находим: $W_3 = \ln 56 = 4$. Тогда, принимая, что для всех групп $W_3 / W_4 \approx 1,4$ (см. табл.6), $W_4 = 4/1,4 = 2,85$, а число отрядов – $T_4 = \exp(2,85) \approx 17$. То же для южной тайги: $W_3 = \ln 64 = 4,2$; тогда $W_4 = 4,2/1,4 = 3$, а число отрядов – $T_4 = \exp(3) \approx 20$. В обоих случаях расчетные - **17** и **20** и фактические (см. табл. 2.1) - **16** и **22** величины T_4 отличаются незначительно.

Таблица 2.6. Фактические и расчетные величины отношений в ряду (2.4) 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

Гипотетически можно оценить и последующие члены системной иерархии биоты (классы, отделы...), например, для той же южной тайги, где четвертый ($n=4$) член в ряду (4) $W_4 / W_5 = (1/k_2)^4 = 1,57$, откуда $W_5 = 3 / 1,57 = 1,9$, а $T_5 = \exp(W_5) \approx 7$. Далее: $W_5 / W_6 = 1,76$, тогда $W_6 = 1,1$, а $T_6 \approx 3$; $W_6 / W_7 = 1,97$, тогда $W_7 = 0,49$, а $T_6 \approx 2$. Анализ расчетов показывает, что при увеличении n отношение $(W_r / W_{r+1})_n \rightarrow 0$, а $T = \exp W \rightarrow 1$, которая (единица) соответствует вершине биотической иерархии – **биосфере**.

Для формального завершения схемы ранжирования отношения $(W_r / W_{r+1})_n$ введем его начальное (при $n=0$) значение, равное $W_0 / W_1 = (W_1 / W_2)^0 = 1$, где W_0 – число особей. Величина W_0 неизвестна - она может быть определена только непосредственным подсчетом особей, но для вычисления последующих ($n>0$) членов ряда (2.5) это не важно, поскольку любое число в нулевой степени равно 1. Таким образом, отношение $(W_r / W_{r+1})_n$ с увеличением n изменяется от 1 до бесконечности, а его обратная величина от 1 до 0, причем оно может быть

дробью, что соответствует промежуточным категориям систематики – подвидам, подотрядам и т.п..

Заключение

Количество биотических таксонов зависит от иерархического ранга и географического положения. Основными факторами, определяющими жизнь биоты в Западной Сибири, ее богатство и разнообразие являются индексы сухости и тепла. Максимальные величины таксонов, соответствующие оптимальным условиям существования наблюдаются в области подтайга-северная лесостепь, где индекс сухости изменяется в пределах $0,95 \div 1,2$ (близок к 1). Эта область примерно совпадает с границей многолетней и сезонной мерзлоты. К северу и югу от нее величины таксонов убывают, к северу из-за недостатка тепла и избытка влаги, к югу, наоборот - от недостатка влаги и избытка тепла.

Установлена формула зональной зависимости фитопродукции и количества биотических таксонов любого ранга, позволяющая ориентировочно определить эти параметры по климатическим показателям.

Распределение численности биотических таксонов в ряду: вид-род-семейство, выраженное через отношение логарифмов предыдущего члена к последующему, фрактально и не зависит от климата.

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

Литература

1. Ильина И.С., Лапшина Е.И, Лавренко Н.Н и др. Растительный покров Западно-Сибирской равнины. - Новосибирск: Наука, -1985, -250 с.
2. Гашев С.Н. Млекопитающие Тюменской области. Справочник-определитель. – Тюмень: Изд-во ТюмГУ, - 2008, - 336 с.
3. Гашев С.Н. База данных «Рабочее место орнитолога» Свидетельство № 2012620405 (зарегистрировано в Реестре баз данных 3 мая 2012).
4. Справочник по климату СССР. -Л.: Гидрометиздат. Вып. 17, Ч. II. -1965, -276 с.
5. <http://aisori.meteo.ru/climater>.
6. Будыко М.И. Климат и жизнь. Л.: Гидрометиздат, -1971,- 472 с.
7. Хромов С.П., Мамонтова Л.И. Метеорологический словарь.- Л.: Гидрометиздат, -1974,- 568 с.
8. Коновалов А.А., Иванов С.Н. Климат, фитопродуктивность и палиноспектры: связи, распределение и методика палеореконокструкций. - Новосибирск: ГЕО, - 2007,- 130 с.
9. Коновалов А.А. Характер зависимости ширины годичных колец от климата. - Аграрная Россия. 2013, 2. - С. 24-30.
10. Коновалов А.А., Гашев С.Н., Казанцева М.Н. Закономерности распределения биотических таксонов на территории Западно-Сибирской равнины //Вестник ТГУ, -2013, 6, -с.48-57.
11. География и мониторинг биоразнообразия / под ред. Касимова Н.С., Романовой Э.Г. и Тишкова А.А. М.: Научный и учебный методический центр МГУ. 2002, 432 с.
12. Гелашвили Д.Б., Иудин Д.И., Розенберг Г.С. и др. Основы мультифрактального анализа видовой структуры сообщества // Успехи современной биологии. 2008, -том 128,- № 1.- С. 21-34.

3. К ОБОБЩЕНИЮ ПАРАМЕТРОВ ПРИРОДНЫХ СИСТЕМ

3.1. Введение

Первым этапом обобщения результатов наблюдений за природными системами является их нормализация, т.е. приведение к относительному (безразмерному) виду:

$$\varphi = (x - x_{\min}) / (x_{\max} - x_{\min}), \quad (3.1)$$

или:

$$\varphi_c = 1 - \varphi = (x - x_{\max}) / (x_{\min} - x_{\max}) \quad (3.2)$$

где x , x_{\max} и x_{\min} – текущее, максимальное и минимальное размерное значение наблюдаемого параметра, причем часто $x_{\min} \approx 0$; φ и φ_c – его относительные величины.

Формулы (3.1) и (3.2) равнозначны, взаимозаменяемы. С их помощью все множество переменных заключается в наглядно представимый интервал $0 \dots 1$. 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 раскрывается подобие систем разной природы и общие закономерности их развития.

Выражения (3.1) и (3.2) широко используются в технических науках, в том числе в инженерном мерзлотоведении [7, 11, 18], при описании процессов и состояний в обобщенных переменных в качестве критерия подобия симплексного типа, представляющего собой отношение параметров одной размерности. В этих формулах фигурируют безразмерные (абстрактные) числа, лишенные какой бы то ни было индивидуальности и ничто не запрещает их сравнивать и производить с ними математические действия. Тем не менее, искать относительные взаимосвязи между реальными генетически разными системами можно только при условии, что таковые обнаружены на качественном (физическом) уровне, у их размерных аналогов, как это и сделано в приведенных ниже примерах; иначе можно придти к абсурдным выводам.

“При изучении наук примеры полезнее правил” (И.Ньютон). В соответствии с этой максимой доказательная база предлагаемой методики в основном опирается на примеры ее реализации для разных природных систем – экологических, климатических, биологических, криогенных и др., на основе размерных фактических данных, и их анализ. Рассмотрен, главным образом, количественный аспект их функционирования. Подбор примеров и расчеты выполнены автором по фактическим результатам, как собственных исследований, так и взятых из литературы. Графический вид связей параметров систем, их аппроксимации и достоверность (коэффициент детерминации) R^2 определены с помощью программы Excel.

3.2. О дихотомии природных систем

Сумма $\varphi + \varphi_c = 1$, причем каждое слагаемое может увеличиваться (или уменьшаться) только за счет уменьшения (или увеличения) другого, противоположного. Т.е., это типичная дихотомия, воплощающая в себе закон единства и борьбы противоположностей, которая может служить образом (моделью) любой двухкомпонентной системы. Как показывает практика, в большинстве случаев для установления закономерностей развития системы достаточно рассматривать взаимодействие только двух основных, наиболее влиятельных частей. Например: суши и моря (а не отдельных материков и водоемов), древесной и травянистой растительности (а не отдельных растений из их состава), “левых” и ”правых” партий (а не отдельных фракций и групп) и т.п. Геометрической интерпретацией двухкомпонентной модели является единичный отрезок, состоящий из двух частей: большей – доминанты φ и меньшей – субдоминанты $\varphi_c = 1 - \varphi$. Равновесие и максимальная устойчивость модели достигаются при делении отрезка в золотом сечении [4], когда соблюдается пропорция между целым и его частями:

$$1/\varphi = \varphi / (1 - \varphi) \quad (3.3)$$

Откуда:

$$\varphi^2 + \varphi - 1 = 0, \quad (3.4)$$

Положительный корень квадратного уравнения (4) $\varphi = -0,5 + (0,25+1)^{0,5} = 0,61803\dots \approx 0,62$ или его обратная величина $\Phi = 1/\varphi = 1,61803\dots \approx 1,62$ называется золотым сечением (ЗС). Наряду с отношением диаметра к длине окружности $\pi = 3,14\dots$ и основанием натуральных логарифмов $e = 2,72\dots$, $\varphi = 0,62$ (или $1/\varphi = \Phi$) входит в тройку самых важных и часто употребляемых на практике иррациональных чисел. Причем φ и π связаны непосредственно: $\varphi = 0,5/\cos \pi/5$. Это наиболее распространенное соотношение основных компонентов во многих системах мира, обеспечивающее согласованность их взаимодействия (гармонию), устойчивость и длительное существование [19, 20].

Субдоминанту $\varphi_c = 1 - \varphi$ в (3.3) можно понимать как сумму всех частей системы, меньших доминанты φ , а формулу (3.3) в общем случае (при $n > 2$) переписать в виде последовательности отношений, в каждом последующем члене которого числитель равен знаменателю в предыдущем члене, а величина отношений - константа $\Phi = 1,62$:

$$1/0,62 = 0,62/0,38 = 0,38/0,23 = 0,23/0,14\dots \quad (3.5)$$

ЗС - наиболее распространенное соотношение основных компонентов во многих системах мира, обеспечивающее согласованность их взаимодействия (гармонию), устойчивость и длительное существование [19, 20].

Но единичный отрезок делится на части и по множеству (q) других сечений. Выражение пропорциональности его частей для общего случая, когда $0 < q < \infty$, имеет вид [20]:

$$(1/\varphi)^q = \varphi/(1-\varphi) \quad (3.6)$$

Откуда:

$$\varphi^{q+1} + \varphi - 1 = \varphi^n + \varphi - 1 = 0, \quad (3.7)$$

а

$$n = q + 1 = \ln(1-\varphi) / \ln(\varphi), \quad (3.8)$$

где q – количество сечений единичного отрезка, n – количество частей в этом отрезке, равное отношению энтропий субдоминанты и доминанты.

Для убедительности покажем другой способ вывода выражения (3.7).

Физические системы не полностью заполнены веществом. Часть их емкости остается условно пустой, свободной. Условно потому, что на самом деле в ней обычно содержатся разреженные газы или жидкости, в которых “растворены” (взвешены) мельчайшие частицы твердого вещества. Их размеры, масса и время существования суммарно меньше одной частицы, принятой за элементарную, и не поддаются измерению. Эта внутренняя атмосфера сообщена с внешней и именно посредством нее осуществляется обмен энергией и массой между системой и внешней средой.

Выразим емкость системы и составляющие ее вещественную и условно свободную части в относительной форме:

$$1 = Y + C = Y + X^n, \quad (3.9)$$

где Y и $C = X^n$ – свободная и вещественная части емкости, n – количество элементов (субсистем, компонентов, частиц, ассоциаций прочносвязанных молекул и т.п.) в системе, X – среднее геометрическое из их числа. Например, в системе из 3 элементов: 0,2; 0,3 и 0,5, $X = (0,2 \cdot 0,3 \cdot 0,5)^{0,333} = 0,31$, $C = 0,31^3 = 0,03$, $Y = 0,97$.

Формула (9) отражает противостояние Y и $C = X^n$ - абстракций, под которыми можно понимать любые оппозиции, выраженные в относительном виде: связанную и свободную или кинетическую и потенциальную энергии, энтропию и неэнтропию, недостаточность и избыточность и т.п. С увеличением X величина Y уменьшается. Существуют точки, в которой они сравниваются: $Y=X$ (см. рис. 1). Очевидно, что в этих точках система устойчиво уравновешена (гармонизирована) с внешней средой и составляющими ее субсистемами и обладает максимальной долговечностью.

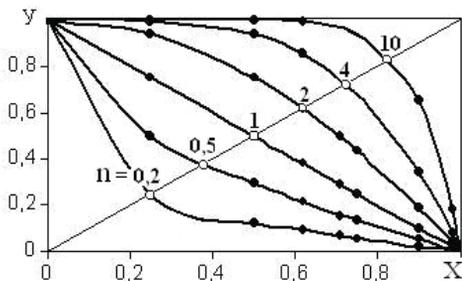


Рис. 3.1. График функции Y от X и n ; кружки на диагонали прямоугольника, образованного осями графика – значения φ для разных n , рассчитанные с помощью (8).

С учетом подстановки $Y=X=\varphi$, формула (3.9) обращается в (3.7).

Уравнение (3.7) – трансцендентное; для его решения относительно φ применяются численные (приближенные) методы с использованием компьютерных программ. Значения $\varphi = \varphi_n$, вычисленные при разных целых $n \geq 1$, - обобщенные золотые сечения (ОЗС) по [19], их можно также назвать индексами доминирования, соответствующими данному структурному уровню n приведены в табл. 3. 1.

Таблица 3.1. Значения φ_n при разных целых n

n	φ_n										
1	0,499	4	0,725	8	0,812	11	0,844	16	0,877	20	0,894
2	0,618	5	0,755	9	0,824	12	0,853	17	0,882	23	0,903
3	0,682	6	0,778	10	0,835	14	0,866	18	0,886	27	0,913

Хорошее совпадение (до десятых долей процента) с табличными значениями φ_n дают приближенные формулы (3.10) – во всем диапазоне изменения n , и (3.11) – при $n < 10$ [11, 12]:

$$\varphi_n = (\varphi_{n-1})^\eta, \quad \eta = 0,5^{1/n} \quad (3.10)$$

$$\varphi_n = 0,5 + 0,16 \ln(n) \quad (3.11)$$

Согласно [19] “обобщенные золотые сечения суть инварианты, на основе и посредством которых в процессе самоорганизации естественные системы обретают гармоническое строение, стационарный режим существования, структурно-функциональную устойчивость.” Собственно Золотое сечение получается при подстановке в (3.7) $n = 2$.

Из формулы (3.6) следует замечательное свойство входящих в нее дробей, как частей (фракций) целого: большая часть (ϕ) единичного отрезка в степени n , равна разнице $(1-\phi)$. При этом n может быть любым числом от нуля до бесконечности. Поэтому под ОЗС следует понимать ϕ_n при любых n , не только целых чисел, но и дробей.

Каждая система представляет собой иерархию подобных друг другу меньших частиц, последовательно входящих в большие (что-то вроде русских матрешек). Величина n , отражает также и мерность системы. При $n=0$ системы не существует; это состояние хаоса, когда частицы не связаны друг с другом. При $n=1$ формула (3.7) одномерна; при $n=2$ – двумерна; при $n=3$ – трехмерна и т.д. Значение $n=2$ - наиболее распространенное, видимо потому, что все формообразующие поверхности разлагаются на плоские фрагменты и, кроме того, как показано в [11, 12], многокомпонентные системы можно обобщить и с некоторой погрешностью свести к двухкомпонентной, представив ее как дихотомию доминантной компоненты и суммы остальных. В реальных природных системах взаимодействие частиц очень сложно и лишь приближенно следует теории. Поэтому отношение субдоминанты к доминанте хотя и близко к золотым сечениям, но все же отличается от них, отвечая не целым, а дробным n .

Целые n соответствуют правильным геометрическим фигурам (линии, плоскости, кубу...); причем, как показывает анализ, они редко превышают 4 (четыре измерения пространственно-временного континуума, в котором мы существуем), а чаще всего лежат в интервале 1-3. Дробные n характеризуют фракталы с их сложными, ветвящимися по типу древесной кроны, подобными друг другу формами. Анализ показывает, что подобием частиц и целого

обладают все системы, при выражении их параметров через относительные числа $0 < \varphi < 1$. И для каждого из них по формуле (3.8) можно найти уровень, определяемый количеством частиц n , на котором они приобретают свойства золотого сечения, обеспечивающих на этом уровне согласованное взаимодействие частиц (гармонию), равновесие и устойчивое развитие. Основным и достаточным признаком золотого сечения является равенство $\varphi + \varphi_c = 1$.

Систему доминанты и “разветвляющейся” субдоминанты, можно трактовать как фрактальное множество, а члены последовательности ОЗС (φ_n) – как фрактальные размерности или уровни доминирования. Причем $n = 1$ является центром своеобразной (обратной) симметрии ОЗС в областях $n < 1$ и $n > 1$ - значения φ , привязанные к $1/n$ и к n находятся в соотношении: $\varphi_{0,5} = 1 - \varphi_2 = 1 - 0,62 = \mathbf{0,38}$; $\varphi_{0,33} = 1 - \varphi_3 = 1 - 0,68 = \mathbf{0,32}$, $\varphi_{0,25} = 1 - \varphi_4 = 1 - 0,72 = \mathbf{0,28}$ и т.д.

С увеличением n растет и количество контактов частиц - границ, являющихся концентраторами напряжений. Это места (экотоны, береговая и снеговая линии, межсезонья – весна и осень (или утро и вечер), границы материковых плит, государств и этносов, фронтир и т.п.) наиболее чувствительны к изменениям внешней среды и в наибольшей степени подвержены деформациям. Т.е. это участки системы, обладающие наименьшей устойчивостью и большей вероятностью развала ее на части, но и зарождения на их основе новых форм.

3.3. Об устойчивости, прочности и деформации

Чем меньше частиц в системе, тем меньше границ между ними, больше прочность их связей и устойчивость. Обратная величина числа частиц в системе $1/n = Z$, изменяющаяся от 1 до 0, может служить относительной мерой ее устойчивости. Устойчивости (порядку) противостоит неустойчивость (беспорядок), хаос: $X = 1 - Z$. Очевидно, что максимум устойчивости $Z = 1$ и отсутствие хаоса $X = 0$ достигается при $n = 1$, но в этом случае в подсистеме нет субъектов самоорганизации – свободных частиц. В результате этого утрачивается некая “квазиживая” сила, обеспечивающая способность системы к

самоорганизации, под которой понимается согласованное (гармоническое) взаимодействие ее частиц, включающее самовосстановление параметров системы после неразрушительной деформации [11]. В механике аналогом этой силы является упругость, характеризующаяся модулем Юнга, равным напряжению, при котором линейный размер тела увеличивается вдвое [14]. Т.е. для развития нужна определенная доля хаоса, а оптимум достигается при $X=Z=0,5$.

Монотонное линейное увеличение n можно соотнести с течением времени в жизненном цикле, в начале которого, от $n=1$ до $n=2$, жизненная энергия растет, а при $n > 2$ падает. Соответственно, способность к самоорганизации, жизненная энергия, придающая любой системе сходство с “живой”, появляется при $n > 1$, достигает максимума при $n = 2$ (как и модуль Юнга) и соответственно, $Z=X=0,5$ и $\varphi=0,62$, а с дальнейшим ростом n , убывает.

Графики зависимости перечисленных параметров от n показаны на рис.2. Значения φ , Z и X изменяющиеся в диапазоне $0 \dots 1$ для удобства обозначены одной буквой G ; горизонталь $G=0,5$ – это ось симметрии дихотомий, вертикаль $n = 2$ – ось симметрии “жизненного” цикла системы. Жирная кривая - Π , состоящая из двух отрезков: кривой X при $n=1 \dots 2$ и кривой Z при $n > 2$, может служить моделью протекания жизненного цикла системы (хода жизненной энергии), включающего два полуцикла: становления ($X=\Pi$ при $n = 1 \dots 2$), и деградации ($Z=\Pi$ при $n > 2$), заканчивающейся при $n = \infty$ полным разрушением.

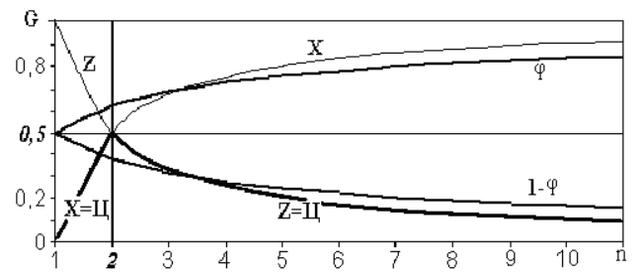


Рис. 3.2. Зависимость G (φ , $1-\varphi$, Z , X и Π) от n

Из рис. 3.2 следует, что максимально согласованное, гармоническое, взаимодействие компонентов системы, с наибольшим потенциалом энергии развития (“жизненной силы”), наблюдается при $n=2$, когда $Z=X=0,5$, а $\varphi=0,62$. Приведем пример использования рис.3.2 для анализа взаимодействия разных биосистем. В табл. 3.2 приведено количество видов животных и сосудистых растений в природных зонах и подзонах Западно – Сибирской равнины (ЗСР) в пределах Тюменской и Омской обл.[12]. На этой территории, имеющей вытянутую в меридиональном направлении форму, протяженностью с севера на юг более 2000 км, выделяют 10 ботанико-климатических зон и подзон $i=1 \dots 10$: 1) арктическая тундра, 2) южная тундра, 3) лесотундра, 4) северная тайга, 5) средняя тайга, 6) южная тайга, 7) подтайга, 8) северная лесостепь, 9) типичная лесостепь, 10) степь.

Таблица 3.2. Число видов: Ж - животных (птиц + млекопитающих) и Р – сосудистых растений в подзонах ЗСР (i – номер подзоны, выделены максимумы)

i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ж	73+18	148+32	194+42	207+51	257+59	246+60	<u>271+67</u>	259+63	252+67	208+58
Р	57	126	99	174	247	380	493	<u>540</u>	449	215

Номер подзоны i отражает природную специфику подзон. На рис. 3.3 показана видовая зависимость констант взаимодействия φ , Z и X (по рис. 3.2), обозначенных общим символом G , от i для двух биотических систем, отличающихся характером взаимосвязи: 1) птицы и млекопитающие; 2) растения и животные. Величина φ определялась как отношение числа видов доминирующей компоненты к сумме видов доминанты и субдоминанты.

Как видим графики на рис. 3.3 существенно отличаются. Левые графики отражают взаимодействие птиц и млекопитающих, составляющих единую фаунистическую компоненту биоты и, что очевидно, не сильно противоборствующих друг другу. Это подтверждается анализом размеров констант φ , X и Z , рассчитанных по фактическим данным (табл. 3.2) с помощью приведенной выше методики. На всем пространстве эти величины изменяются

мало, в пределах 6-8 %, что соизмеримо с точностью наблюдений. Величины $X=1-Z$ прямо пропорциональны ϕ с множителем **1,08**. Т.е, $X \approx 1,08 \phi$ и, следовательно, величины X и Z изменяются так же мало, как и ϕ . Сочетание средних значений устойчивости $Z_c \approx 0,14$ и $\phi_c \approx 0,76$ далеко от оптимума, равного $Z_c \approx 0,5$ и $\phi_c \approx 0,62$, причем вся область значений ϕ , Z и X находится в деградационной стадии, где $n = 1/Z > 2$ (по рис.3.1). Все это указывает на малую взаимозависимость птиц и млекопитающих и ее неупорядоченный и неустойчивый характер.

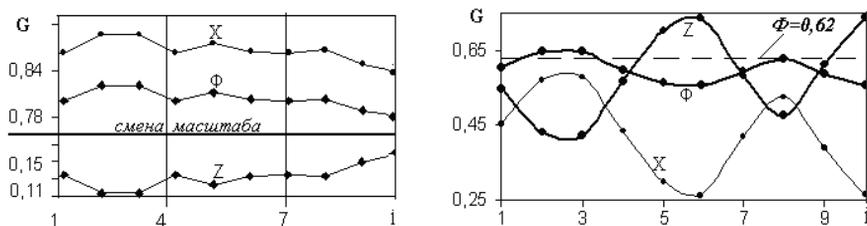


Рис. 3.3. Зависимость $G(\phi, Z, X)$ от i для двух систем: млекопитающие ↔ птицы (слева) и животные ↔ растения (справа).

Иная картина наблюдается при анализе дихотомий, включающих фаунистические и флористические компоненты биоты, противостоящие и устойчиво уравновешенные между собой по классической схеме “охотник (едок) ↔ жертва (еда)”. Характер их взаимодействия иллюстрируется графиками в правой части рис.3. Волнообразные колебания показателей гармонии ϕ , и особенно устойчивости Z и хаоса X по линии i в этом случае более выражены. Наблюдается два пика ϕ : 1) на границе леса и степи – в северной лесостепи, где величина $\phi=0,62$ оптимальна, и 2) на границе леса и тундры – в лесотундре, где величина $\phi \approx 0,65$ близка к оптимальной. Устойчивость, наоборот, на этих границах невелика, но также близка к оптимуму $Z=0,5 \dots 0,55$, причем доли устойчивости и хаоса $X=0,5 \dots 0,45$ примерно равны. Максимальная устойчивость $Z=0,73$ при минимальном показателе гармонии $\phi=0,55$ - в таежной зоне. Таким образом, анализ свидетельствует об устойчивости и высокой степени согласованности

(гармонии) совместного функционирования флоры и фауны, как единой системы, и наличии резервов ее дальнейшего развития.

3.4. О связи долговечности твердых тел с ОЗС

Обнаруживается связь ОЗС (индексов доминирования) с относительной долговечностью твердых тел, в частности мерзлых грунтов и льда [11], а через нее и с глобальными факторами:

$$(\tau_s / \tau)^{j_n} = \xi = (P / P_m), \quad (3.12)$$

где P – давление на мерзлое тело (МПа); P_m – максимальное давление, которое это тело может выдержать в течение элементарного времени (МПа); τ_s – минимальный (элементарный) отрезок времени, принимаемый в данном опыте (в пределе $\tau_s \approx 10^{-13}$ с – период тепловых колебаний атома); τ – долговечность (время до разрушения); $j_n = 0,083$ – предельная деформация, равная относительному уменьшению объема льда при плавлении (в мерзлых грунтах – 0,08...0,14 [7]), совпадающая с частотой месячных оборотов Земли в годовом цикле ($1/12 = 0,083$; $30^\circ/360^\circ = 0,083$).

В табл. 3.3 приведены: значения первых одиннадцати ОЗС, относительной долговечности τ / τ_s и прочности $(\tau_s / \tau)^{0,083} = \xi$, рассчитанные по формуле (3.12). Величины τ / τ_s представлены последовательностью, первый член которой равен 4380, второй в 12 раз меньше – 365, а начиная с третьего: $365/4 \cdot 1 = 91$; $365/4 \cdot 2 = 46$; $365/4 \cdot 3 = 30$; $365/4 \cdot 4 = 23$ и т.д. Ее инвариантом является $1/4$ орбиты вращательных циклов Земли, примерно 90° , совпадающая с длительностью основных фаз вращения (весна, лето, осень, зима или утро, день, вечер, ночь). Эти числа совпадают с календарными отрезками года, наиболее часто используемыми на практике: полугодием, кварталом, месяцем и т.п. Например, если принять $\tau_s = 1$ час, то эти числа (4380, 365, 91...), до 5-го, включительно, примерно соответствуют количеству часов в полугодии, в полумесяце, в полунеделе, в четверти недели и в сутках. При $\tau_s = 1$ сутки эти же числа (4380, 365, 91...) соответствуют количеству суток: в 12 (11) годах (это, примерно, цикл солнечной активности Вольфа), в году, в квартале, в половине

квартала и в месяце. Т.е. эти выделенные числа соответствуют с одной стороны последовательности целых чисел 1, 2, 3, 4, ..., с другой – последовательности индексов доминирования (φ_n) при этих целых n .

Таблица 3.3. Значения φ_n , $D=\ln(\tau/\tau_3)$ и $\mathcal{E}=(\tau_3/\tau)^{0,083} = (P/P_M)$

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
n	5	618	682	724	755	778	796	812	824	835	844
τ_3	4380	365	91	46	30	23	18	15	13	11	10
	38	5,9	51	83	4	14	89	71	56	2,4	2,3
	5	613	687	728	753	771	79	800	810	820	846

Как видно из табл. 3.3, разница между величинами φ_n и \mathcal{E} составляет сотые доли процента. Так как границы между частицами тела являются концентраторами напряжений и вакансиями разрушения, то увеличение их числа (увеличение n) сопровождается уменьшением относительной прочности P/P_M и долговечности τ/τ_3 , как это и следует из табл. 3.3. Таким образом, странное, на первый взгляд, совпадение ОЗС (индексов доминирования) с относительной прочностью мерзлого тела $\mathcal{E} = (P/P_M)$ получает вполне материалистическое объяснение.

3.5. Индексы доминирования (ОЗС) в стационарных условиях

Свойства ОЗС проявляются при оценке, как стационарных состояний, так и процессов их установления. Стационарным ОЗС посвящена обширная литература [15, 18, 19 и др.]. В ней речь идет о соотношениях, описываемых квадратичными полиномами (4) или, реже (7). Они не учитывают постепенность установления наблюдаемых значений параметров, а отражают только предельные (установившиеся, конечные) состояния.

Приведем типичные примеры такого рода.

1. В табл.3.4 даны площади воды и суши на Земле [21]. Из нее видно, что распределение воды и суши на обоих полушариях Земли подчиняется пропорциям ОЗС. Соотношения этих оппозиций соответствуют следующим значениям ϕ в табл. 3.1: в Северном полушарии - ϕ_2 , в Южном - ϕ_8 , на Земле в целом - ϕ_4

Таблица 3.4. Площадь (млн.км² и доли единицы - курсив) воды и суши на Земле

Полушарие	Северное	Южное	Земной шар
Суша	100 0,39	49 0,19	149 0,29
Вода	155 0,61	205 0,81	361 0,71
Всего	255 1	255 1	510 1

2. Атомы в молекуле воды образуют равнобедренный треугольник Н-О-Н. Расстояния Н-О и Н-Н равны 0,096 и 0,154 нм, а их отношение – 0,62. В молекуле льда расстояния Н-О и Н-Н несколько больше 0,099 и 0,162 нм, а угол в вершине треугольника Н-О-Н равен 109,5°. Отношения сторон 0,099/0,162 и углов 109,5/180 равны $3C \approx 0,61$.

Структуру кристалла льда можно представить решеткой, в которой каждая молекула связана с четырьмя другими, находящимися от нее на расстоянии 0,276 нм. Размеры большей и меньшей стороны единичной ячейки этой решетки 0,737 и 0,452 нм вместе с расстоянием между молекулами 0,276 нм образуют ряд, в котором каждый последующий член находится с предыдущим в отношении: $0,276 / 0,452 = 0,452 / 0,737 = 0,61$ [11].

3. В табл. 3.5 приведены экспериментальные значения относительной (нормализованной) прочности супеси при $t = -10^\circ\text{C}$ ($P_{от} = P / P_{yc}$, где P_{yc} – условно мгновенная прочность при $\tau_{yc} = 1$ мин), при разной долговечности (τ , мин), полученные при различных видах испытаний [7], и рассчитанные по формуле (3.9) при $j_n = 0,11$. В нашем представлении величины $P_{от}$ – это ОЗС или индексы доминирования ϕ_n . Соответствующие им уровни n , вычисленные по формуле (3.7) приведены в последнем столбце табл.3.5.

Таблица 3.5. Зависимость $P_{от}$ от τ (мин) при 1) сжатии, 2) растяжении, 3) сдвиге, 4) расчет по формуле (9), а также значения n для $P_{от.4}$

τ	$P_{от.1}$	$P_{от.2}$	$P_{от.3}$	$P_{от.4}$	n
1	1	1	1	1	∞
10	0,84	0,79	0,78	0,78	6,1
60	0,65	0,61	0,61	0,63	2,2
180	0,56	0,55	0,54	0,56	1,4
480	0,5	0,5	0,5	0,51	1,1
720	0,49	0,48	0,47	0,48	0,9

Табл. 3.5 демонстрирует хорошую сходимость экспериментальных данных с расчетами по формуле (3.9), а также практическую полезность представления результатов опытов в относительных показателях. При всех видах напряженного состояния на каждый отрезок времени они получаются практически одинаковыми. Благодаря этому, количественные зависимости, установленные из опытов для одних мерзлотных условий, при одном виде напряженного состояния можно распространить и на другие условия и состояния.

4. Вода конденсируется из пара при его остывании ниже 100°C и переходит в лед при 0°C . “Путь” до достижения минимальной теплоемкости – плюс 37°C , при которой активность тепло- и массообмена максимальна, составляет $100-37=63^{\circ}$. Соотношения $63/100 = 0,63$ и $37/100 = 0,37$ примерно равны константам ЗС.

5. При высоких давлениях (до 220 МПа) обычная вода не замерзает до минус 22°C [11]. Расстояние на температурной шкале между температурами максимальной (37°) и минимальной (-22°) активности равно 59° . Температура 0° делит это расстояние на две части $22/59=0,37$ и $37/59=0,63$.

6. Среднеширотная температура воздуха равна 16°C [5]; изолиния этой температуры проходит примерно по 35° с.ш., которая делит угловое расстояние между экватором и северным полюсом на две части: **0,39** и **0,61**.

7. Пропорция распределения основных статей расхода воды, поступающей на сушу из атмосферы: осадки 73 см, полный сток 26 см, испарение 47 см [21], также близка к величине ЗС: $47 / 73 = \mathbf{0,64}$; $26 / 73 = \mathbf{0,36}$.

8. Фитопродукции P_f зависит от радиационного баланса B и индекса сухости J [5]. Величина $J = B/UL$ (U - годовая сумма осадков, $L=0,6$ ккал / см^3 – скрытая теплота парообразования), выражает соотношение тепла и влаги, поступающих из атмосферы на поверхность Земли. При всех B максимум P_f приходится не на $J=1$, при котором достигается равновесие между этими параметрами, а на $J \approx \mathbf{0,62}$. Дело в том, что для органической жизни значимо не количество осадков, а валовое увлажнение территории (w), равное сумме испарения g и подземного стока $f_{\text{п}}$. Эта величина близка к сумме осадков за теплый период года $U_{\text{т}}$, а не за весь год. Например, в Западной Сибири от тундры до средней тайги включительно [20] $U_{\text{т}} \approx 115\text{см}$, а $w \approx 105\text{см}$; $U_{\text{т}}$ примерно в 1,4-1,6 раза меньше годовой суммы осадков U . Если в выражение J вместо U подставить $U_{\text{т}}$, то и получится $J=1$.

9. Основными показателями упругих свойств твердых материалов, являются модули продольной и поперечной (сдвиговой) деформаций – E и G . Их величины связаны со скоростью продольных волн в стержнях – $v_{\text{пр}} = (E/\rho)^{0,5}$ и поперечных (сдвиговых) волн в неограниченной среде $v_{\text{сд}} = (G/\rho)^{0,5}$ (где ρ – плотность материала), возникающих при динамических нагрузках и распространяющихся со скоростью звука. Из сравнения этих формул получаем выражение $G/E = (v_{\text{сд}}/v_{\text{пр}})^2$, которое по смыслу и величине близко к коэффициенту Пуассона.

В сейсмологии упругость земной коры оценивается по скорости продольных и поперечных волн в неограниченной среде – $v_{\text{пр.н}}$ и $v_{\text{сд}}$. В табл. 3.6 приведены значения $v_{\text{сд}}$, $v_{\text{пр}}$, $v_{\text{пр.н}}$ для разных материалов [14], а

также величины их отношений. Как видим, последние очень близки к пропорциям ОЗС: $v_{сд}/v_{пр}$ и G/E к $\varphi_2 = 0,62$ и $1 - \varphi_2 = 0,38$, а $v_{сд}/v_{пр.н}$ к $\varphi_1 = 0,5$.

Таблица 3.6. Соотношения скорости поперечных (сдвиговых) и продольных волн и модулей упругости в твердых телах, а также в Земле на глубинах: 1 – 33 км, 2 – 200 и 3 – 2000 км

Материал	$v_{сд.н}$	$v_{пр}$	$v_{пр.н}$	$v_{сд.н}/v_{пр}$	G/E	$v_{сд.н}/v_{пр.н}$
Лед	199	328	398	0,61	0,37	0,5
Железо	323	517	585	0,62	0,38	0,55
Медь	226	371	470	0,61	0,37	0,48
Никель	296	479	563	0,62	0,38	0,52
Олово	167	273	332	0,61	0,37	0,5
Цинк	241	381	417	0,63	0,40	0,58
Фарфор	312	488	534	0,64	0,41	0,58
Земля 1	463	-	818	-	-	0,57
Земля 2	463	-	829	-	-	0,56
Земля 3	693	-	1279	-	-	0,54

10. Пропорции ОЗС проявляются и в общественно-экономических системах. Так доля госсобственности в экономике ряда ведущих стран мира составляет: в Италии — 55 %, в Швеции — 62 %, в Китае — 65,8 %, в США — 32 %, в России — 10 %. Эти цифры довольно точно отражают уровень экономического развития этих стран и роль золотого сечения как его показателя. Автор [19] предлагает законодательно установить долю государственного сектора в экономике, равную $ЗС = 0,618$. Нам представляется, что с учетом колебательного режима экономики достаточным будет не выходить за пределы $0,618...0,382$.

3.6. Индексы доминирования (ОЗС) в природных процессах

Несмотря на обширную литературу, широкое признание и даже популярность феномена ОЗС, особенно ЗС (когда $n=2$), формулы вида (4) или (7) на самом

деле имеют ограниченное применение, поскольку описывают только стационарные (конечные) состояния - φ_n , а не весь процесс до их достижения.

Автором эмпирически установлено [11-13], что для описания процесса развития природных систем также подходит полином n -й степени, преимущественно с $n=2$, но усложненный коэффициентами A и B , отвечающими за изменение параметров во времени:

$$j_y = A \cdot j_x^n + B \cdot j_x, \approx A \cdot j_x^n + (1-A) \cdot j_x, \quad (3.13)$$

где j_x и j_y – аргумент и функция переменных, выраженных с помощью формул (3.1) или (3.2) в относительном виде, изменяющиеся, как и φ , в диапазоне $0 \dots 1$.

Величина n в (3.13), как и в формуле (3.7) теоретически может быть любой, но чаще всего $n=2$, и в отличие от (3.7) она не увязана с j_x .

Для ускоряющихся процессов, развивающихся по вогнутой кривой, $A \approx \varphi_n$; для затухающих, развивающихся по выпуклой кривой $A \approx -\varphi_n$, если $A > 0,5$, или $A = 1 - \varphi_n$, если $A < 0,5$; во всех случаях $B \approx 1 - A$. В предельном состоянии, когда $j_t = j_x = 1$, формула (3.13) превращается в формулу (3.7).

Хорошее совпадение с фактическими данными дает также формула степенного вида с показателем степени γ :

$$j_y = j_x^\gamma \quad (3.14)$$

У вогнутых кривых $\gamma = 1 + \varphi_n$, у выпуклых, при $n=2 \dots 4$, $\gamma = \varphi_n$

Степенные формулы типа (3.14) сводятся к линейным общего вида $\ln(y) = \gamma \ln(x)$, тогда $\gamma = \ln(y) / \ln(x)$. В таком виде величина γ приобретает физический смысл – отношения энтропий доминанты и субдоминанты; согласно формуле (3.8), это обратная величина n . Поэтому, несмотря на несколько меньшую точность по сравнению с полиномиальными, они удобней (проще) для расчетов: неизвестный коэффициент γ определяется как среднее арифметическое из отношений $\ln(j_y) / \ln(j_x) = \psi$, исключая первое и последнее числа (0 и 1):

$$r = [\Sigma (\psi)] / (n-2) \quad (3.15)$$

Сходимость результатов счета по формулам (3.13) и (3.14) более актуальна для вогнутых кривых. Максимальная погрешность степенного приближения у них, наблюдаемая при $n=7$, равна 10%; при изменении в обе стороны от этого значения, погрешность уменьшается. У выпуклых кривых разница между результатами расчетов по полиномиальным и степенным формулам больше, при $n=7$ она равна 22%. При $n=2\dots 4$ эта разница меньше и степенная формула также приемлема для оценочных расчетов. Кроме того, наблюдения показывают, что у вогнутых кривых всегда $r = A+1$ (рис. 3.4-3.10).

В то же время выражения выпуклых кривых - это обратные выражения вогнутых. И ничто не препятствует выпуклую кривую превратить в вогнутую, поменяв местами оси x и y либо нормализовав размерные параметры по формуле (3.2), а не (3.1), как это и сделано в приведенных ниже примерах.

Для единообразия все нормализованные параметры в примерах выражены через j , а их физический смысл – через нижние символы. Например: нормализованная температура - j_t , глубина - j_n и т.д. Вообще, это те же индексы доминирования φ (или ОЗС) на разных стадиях функционирования системы, всегда меньшие предельных величин φ_n , приведенных в табл. 3.1.

1. Годовой цикл температуры воздуха в умеренном и холодном поясах включает в себя теплый и холодный полуциклы, разделенные весенним и осенним нулями ($^{\circ}\text{C}$). В табл. 3.7 приведены значения размерных t и безразмерных j_t среднемесячных температур воздуха в первой половине теплого полуцикла (на подъеме) и в его второй половине (спаде), а также времени, размерного τ (месяцы от начала года) и безразмерного j_t на юге (Тобольск) и севере (п. Нумто) Тюменской области. Безразмерные параметры вычислены по формуле (3.1). Отметим, что продолжительность теплого периода – около 6 месяцев в Нумто и 7,5 месяцев в Тобольске соотносится с продолжительностью года ($6/12 = 0,5$ и $7,5/12 \approx 0,62$) как 1-й и 2-й члены ОЗС.

Таблица 3.7. Значения τ , t , j_τ , j_t в Тобольске и Нумто (курсив, справа) на подъеме (при повышении t , верх таблицы) и спаде (низ) в теплое время года

τ	3,75	4	5	6	7	4,95	5	6	7
t	0	1,8	9,1	15,8	18	0	0,2	10,5	15,5
j_τ	0	0,08	0,38	0,69	1	0	0,02	0,51	1
j_t	0	0,07	0,51	0,88	1	0	0,01	0,68	1
τ	7	8	9	10	10,3	7	8	9	9,8
t	18	15,4	9,5	0,8	0	15,5	12,4	6,4	0
j_τ	0	0,30	0,61	0,91	1	0	0,36	0,71	1
j_t	0	0,14	0,47	0,91	1	0	0,20	0,59	1

По данным табл. 3.7 построены графики зависимости j_t от j_τ и найдены их аппроксимации - **рис. 3.4**, подтверждающие близость коэффициентов А и Б к константам ЗС.

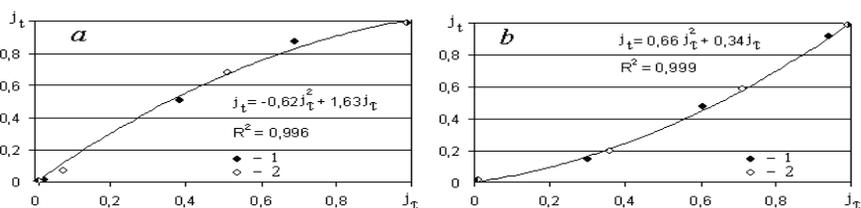


Рис. 3.4. Зависимость j_t от j_τ , в Тобольске (1) и Нумто (2) на подъеме (а) и спаде (б) в теплое время года

2. На **рис. 3.5** приведены примеры зависимости относительного диаметра j_d дерева от относительного возраста $j_\tau = \tau / \tau_{\max}$ (τ - текущее время, годы; τ_{\max} - возраст дерева) в двух возможных формах кривой этой зависимости: вогнутой и выпуклой. Первая представлена теневыносливой пихтой на Аляске, вторая - теплолюбивой сосной на севере (п. Нумто) и юге (п. Караганда) Тюменской области [1]. Величины безразмерного диаметра отложены на оси ординат,

безразмерного времени – на оси абсцисс, размерного времени – на верхней горизонтальной оси. Начало отсчета на графиках А, Б и В – 1578, 1579 и 1770-й годы, соответственно. Кривыми показан многолетний ход j_d по наблюдениям – толстые линии, и формулы его аппроксимации – тонкие линии, кружки – расчет по формуле (3.14) при $A=0,62$ для Аляски и $A=-0,62$ для Тюменской обл. Хотя А и Б в формулах на рис. 3.5 несколько отличаются от констант ЗС, на величину j_d это практически не влияет.

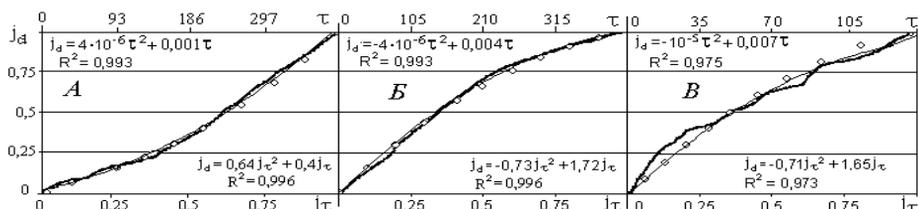


Рис. 3.5. Зависимость j_d от j_τ для пихты на Аляске (А) и сосны в Нумто (Б) и Караганде (В)

3. На рис.3.6 приведен график роста показателей толщины сосны в Московской области с мая по сентябрь: на рис.3.6а - скорости роста годовых колец v , %; на рис.3.6, б - относительного диаметра j_d . Рис. 3.6а заимствован из [6], график на рис. 3.6б перестроен из графика на рис. 3.6а путем сложения скоростей. Время на нем выражено в размерном τ и относительном виде (j_τ). Сглаженная кривая (тонкая) на графике – аппроксимация функций $j_d(j_\tau)$ и $j_d(\tau)$, разными кружками обозначены j_d , вычисленные по формуле (13) – 1 и по формуле (14) – 2. Как видим, значения j_d , рассчитанные по обеим формулам, практически ложатся на кривую фактических данных. Внешне графики на этом рисунке и рис. 3.5Б и В очень похожи. Разница только в том, что размерное время в первом случае измеряется не в годах, а в сутках. Сходство графиков на рис.3.5 и 3.6 отражает приблизительное подобие больших и малых природных процессов. В экологии это формулируется так (по Геккелю) – онтогенез, в данном случае летний цикл развития дерева, является сжатым повторением филогенеза – всего жизненного цикла дерева.

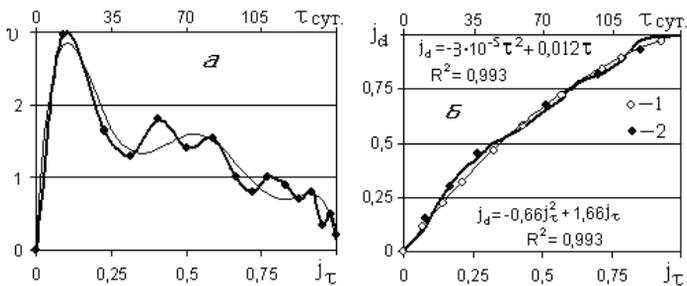


Рис. 3.6. Зависимость j_d от j_τ и τ (пояснения в тексте)

4. В табл. 3.6 приведена удельная продуктивность сосны (P , %) разного возраста в Приангарье по [2]. Удельная продуктивность дерева (или древостоя) – это ежегодный прирост объема одного кубометра ствола (древостоя).

Таблица 3.6. Удельная продуктивность сосны (P , %) в разном возрасте.

τ , лет	15	25	35	45	55	65	75	85	95	105	115
P , %	8,6	7,6	6,1	4,8	3,9	3,2	2,5	1,9	1,4	1,1	0,8

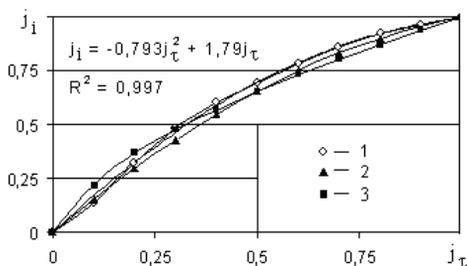


Рис. 3.7. Графики и формулы зависимости j_i от j_τ (1- фактические данные, 2- расчет по полиномиальной формуле ЗС (3.13), 3 – расчет по степенной формуле (3.14))

Величина P со временем убывает. Разницу между максимальной и текущей продуктивностью назовем износом дерева и обозначим $i = 8,6 - P$. Максимум i , согласно таблице. 6, соответствует возрасту 115 лет, минимум – 15 лет.

Как и раньше, с помощью формулы (3.1) и табл. 3.6, определены обобщенные значения относительного удельного износа $j_i = 1 - [(P-0,8)/(8,6-0,8)]$ и возраста $j_\tau = (\tau - 15) / (115 - 15)$. Затем построен и достоверно ($R^2 = 0,997$) аппроксимирован график зависимости $j_i(j_\tau)$ – рис. 3.7, который показывает, что зависимость j_i от j_τ хорошо описывается полиномиальной и степенной формулами ЗС (при $\phi_2 = 0,62$ в табл. 3.1). Выражения возрастной зависимости относительного износа и диаметра ствола практически совпадают (ср. с рис. 5Б, и В), т.е. с увеличением размеров дерева его относительная продуктивность уменьшается, а относительный износ увеличивается.

5. В [3] установлен количественный вид зависимости массы (m) древесной зелени (хвои и не одревеневших побегов) и отдельно хвои сосны от ее диаметра (d) в северной и средней тайге на территории Коми. Это большое и репрезентативное исследование, базирующееся на обобщении сотен определений характеристик деревьев. Для выражения результатов в размерном виде авторам понадобилось более десятка формул. Предлагаемый метод позволяет обобщить весь этот обширный материал одной формулой (3.13) или (3.14).

Максимальные и минимальные значения размерных параметров, необходимые для расчетов по формуле (1) сведены в табл. 3.7.

Таблица 3.7. Максимальные и минимальные величины диаметра ствола - d_{\max} , d_{\min} (см), массы зелени (з) и хвои (х) сосны - m_{\max} , m_{\min} (кг / дерево)

Подзона	d_{\min}	m_{\min}	d_{\max} (з)	m_{\max} (з)	d_{\max} (х)	m_{\max} . (х)
Север. тайга	0	0	40	91	40	63
Средн. тайга	0	0	40	76	40	46

На **рис. 3.8** приведены построенные по этим данным графики зависимости безразмерной массы древесной зелени и хвои $j_m = m / m_{\max}$ сосны от безразмерного диаметра ствола $j_d = d / d_{\max}$ в северной и средней тайге и найдены их аппроксимации.

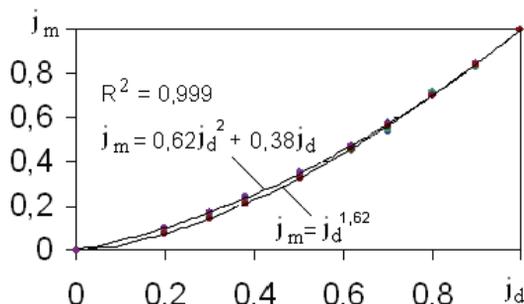


Рис. 3.8. Графики и формулы зависимости j_m от j_d

Экспериментальные точки на рис. 3.8 при всех вариантах условий почти сливаются. Численные коэффициенты полинома близки к константам ЗС.

График на **рис. 3.8** или его формулу можно использовать для приближенного определения обобщенной массы древесной зелени хвойных деревьев в пределах всей таежной зоны. Порода дерева и условия произрастания отражаются в величинах соответственных пар d_{\max} и m_{\max} .

6. На **рис. 3.9** дан график зависимости относительного объема ствола j_v распространенных деревьев (сосны, ели, березы и осины) от относительного диаметра j_d в Ленинградской области. Размерные величины этих показателей взяты из [16]. Предварительно установлено, что подобные графики для деревьев каждой из этих пород практически сливаются..

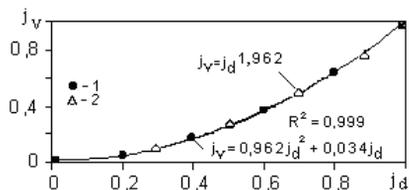


Рис. 3.9. Зависимость j_v от j_d

Графики аппроксимированы формулами (3.13) и (3.14). Как видим они совпадают. Коэффициенты полиномиальной формулы А и Б для вогнутой кривой в сумме равны $0,962 + 0,034 \approx 1$, степенной – $\gamma = A+1=0,962$, т. е. являются индексами доминирования φ_n определенного уровня n , который при необходимости несложно определить по формуле (3.7).

7. В [24] исследована зависимость числа заболеваний деменцией (болезнь Альцгеймера) пожилых людей 67 – 92 лет от возраста. Количество заболевших менялось с возрастом от 3000 до 69000 человеко-лет. Как и раньше, используя эти цифры, по формуле (3.1) определены относительные числа больных j_b и возраста j_6 , построен график функции $j_6(j_b)$ и найдены ее аппроксимации, отвечающие параметрам ОЗС – **рис. 3.10**.

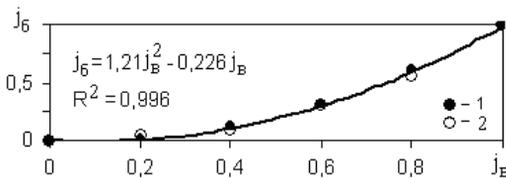


Рис. 3.10. График зависимости j_6 от j_b и его полиномиальная аппроксимация -1; расчет по степенной формуле $j_6 = j_b^{2,21} - 2$

8. Связи между размерными величинами фитомассы, диаметра ствола и густоты насаждений в сосновых молодняках Приангарья детально исследованы в [17]; получены количественные выражения связей, в частности фитомассы (кг) и диаметра (см) в степенном и квадратичном виде, найдены значения численных коэффициентов в этих выражениях для дерева в целом и его фракций (ствола, ветвей, хвои, корней) при разной густоте насаждений ($G = 100, 180, 400, 700, 900$ тыс. стволов на гектар). Установлено [17], что при любой густоте фитомасса, в отличие от продуктивности, с увеличением диаметра растет; максимальный запас фитомассы (оптимум) наблюдается при густоте насаждений 700 тыс. стволов на гектар (G_{700}), с понижением и повышением густоты относительно этой величины, фитомасса убывает. Относительные величины фитомассы j_m разных фракций дерева и дерева в целом при

одинаковых величинах относительного диаметра ствола j_d мало отличаются друг от друга. Примеры графиков зависимости j_m от j_d , рассчитанных по размерным данным [17] при G_{700} (черные кружки) и совокупности G ($G_{сов}$, прямоугольники) с помощью формулы (3.1), для хвойной фракции (а) и дерева в целом (б), представлены на рис. 3.11. Верхняя кривая соответствует G_{700} , нижняя - $G_{сов}$. Как и раньше кривые с высокой достоверностью аппроксимированы как полиномиальными ($R^2 > 0,99$) так и степенными ($R^2 > 0,93$) формулами, дающими идентичные результаты. Белые кружки на верхних кривых относятся к расчету по формуле (3.14) при $\gamma=1+A$. Численные коэффициенты полиномиальных формул А и Б даны на рисунках, их численные коэффициенты в сумме составляют 1, т.е. равны константам ОЗС.

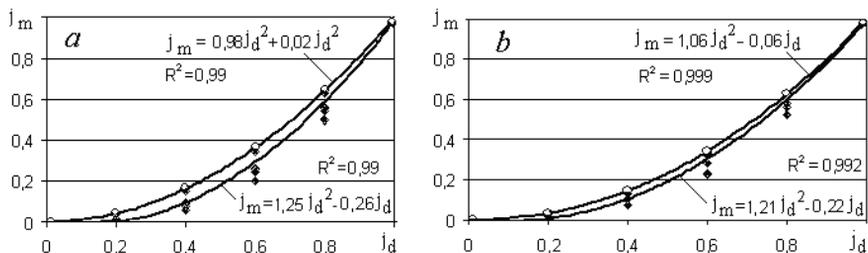


Рис. 3.11. Графики и формулы зависимости j_m от j_d при $G=700$ (верхняя кривая) и $G=100...900$ (нижняя) для хвойной фракции (а) и всего дерева (б).

Следующая группа примеров относится к криогенным системам и геохронологии.

9. На рис. 3.12 даны графики хода относительной деформации мерзлой супеси при одноосном сжатии. Исходные данные для его построения - результаты испытаний мерзлой супеси на одноосное сжатие при разных температурах ($t, ^\circ\text{C}$) и давлениях (P , МПа): $t = -20$, $P_1 = 6.8$, $P_2 = 6$ [7] – вариант а; и $t = -4.5$, $P_3 = 0.7$, $P_4 = 0.6$ [18] – вариант б. Максимумы и минимумы деформации (ϵ): 1) $12.5 \cdot 10^{-2}$ и $7.4 \cdot 10^{-2}$ – при $P_1 = 6.8$ МПа; 2) $8 \cdot 10^{-2}$ и $4.8 \cdot 10^{-2}$ – при $P_2 = 6$ МПа; 3) $2.48 \cdot 10^{-3}$ и $1.9 \cdot 10^{-3}$ – при $P_3 = 0.7$ МПа; 4) $1.8 \cdot 10^{-3}$ и $1.5 \cdot 10^{-3}$ – при $P_4 = 0.6$ МПа; максимум и минимум времени (τ , час) - 12 и 1. Таким образом, все опыты разбиты на четыре серии: 1 и 2 в варианте а; 3 и 4 в варианте б. Результаты расчетов представлены на рис. 3.12 в виде графиков

хода нормализованной деформации j_c в нормализованном времени j_τ . Значки – экспериментальные данные, кривая рассчитана по полиномиальной формуле (13) при $A = -0,71$.

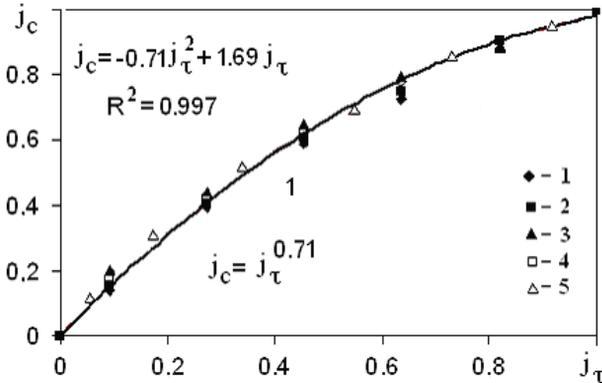


Рис. 3.12. Ход относительной деформации мерзлой супеси при одноосном сжатии j_c в относительном времени j_τ при разных температурах и давлениях, 1...4 – обозначения серий опытов (пояснения в тексте), 5 – расчет по формуле (3.14) при $\gamma = 0,71$. Записаны полиномиальная и степенная формулы в нормализованных переменных, использованные в расчетах.

Рис. 3.12 демонстрирует соответствие численных коэффициентов А, Б и γ сформулированным выше правилам их определения и хорошую сходимость фактических значений j_c с вычисленными по обеим формулам.

Показатель степени γ в (3.14) удобно определять независимо от коэффициента А в (3.13), используя формулу (3.15). В столбцах табл. 3.8 показана последовательность (слева направо) такого расчета γ .

Таблица 3.8. Значения ε , $\ln(j_\varepsilon)$, $\ln(j_\tau)$ и ψ , при разных τ (час).

τ	ε	$\ln(j_\varepsilon)$	$\ln(j_\tau)$	ψ
1	0.07	0.00	0.00	-
2	0.08	0.09	0.14	0.83
4	0.09	0.27	0.39	0.72
6	0.10	0.45	0.59	0.67
8	0.11	0.64	0.73	0.71
10	0.12	0.82	0.88	0.62
12	0.13	1.00	1.00	$\gamma = 0.71$

В нижнем правом углу таблицы помещена величина γ , рассчитанная как среднее арифметическое из вышележащих значений ψ . Как и полагалось, она идентична $\gamma = -A$

Для перехода к формулам с физическими переменными, достаточно в формулы с нормализованными (абстрактными) переменными подставить их выражения согласно (3.1). Количество таких формул равно числу вариантов с разными максимумами и минимумами переменных. В данном примере их 4. В частности, степенная формула в первом варианте имеет вид:

$$\varepsilon = 0.074 + (0.125 - 0.074)[(\tau-1)/(12-1)]^{0.71}$$

Так же составляются и остальные формулы, меняются только краевые члены ряда ε .

Выполненное обобщение позволило установить, что ход во времени деформации, по крайней мере, мерзлой супеси **не зависит от температуры и давления** в большом диапазоне их изменения. Это позволяет сократить количество опытов и их стоимость за счет экспериментирования с температурной и барической зависимостями деформации.

9. В книге [7] опубликованы графики зависимости предельно-длительной прочности смерзания глинистых и песчаных грунтов с фундаментом от температуры по результатам экспериментов российских и американских исследователей, выполненных в разных условиях (разные грунты, температуры, материал фундамента, способы его погружения). Диапазоны изменения температуры: 0 – -6 °С, прочности смерзания: 0 – 0,3 МПа у глинистых грунтов и 0 – 0,4 МПа у песчаных. Поскольку разброс данных для разных условий невелик, мы ограничились анализом только максимальных и минимальных величин. На рис. 3.13 приведены графики зависимости максимальных и минимальных значений относительной длительной прочности смерзания j_{nc} грунтов от относительной температуры j_t . Величины j_{nc} и j_t выпуклых кривых рассчитаны по формуле (3.1), а для вогнутых кривых – по формуле (3.2). Все кривые аппроксимированы полиномом (3.13) с достоверностью $R^2 \approx 0,96...0,97$.

У глинистых грунтов $A=-0,79$; $B=1,76$ – выпуклые кривые и $A=0,61$; $B=0,37$ – вогнутые кривые. У песчаных грунтов $A= -1,27$; $B=2,25$ – выпуклые кривые и $A=1,04$; $B=0,07$ – вогнутые. Во всех случаях $A+B \approx 1$. Значки 3 на вогнутых кривых относятся к $j_{лс}$, рассчитанным по формуле (3.14) при $\gamma = A+1$. Они практически лежат на кривых, рассчитанных по формуле (3.13).

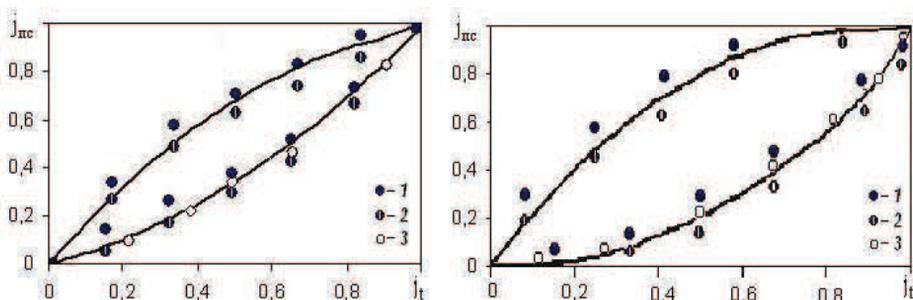


Рис. 3.13. Зависимость прочности смерзания $j_{лс}$ глинистых (слева) и песчаных (справа) грунтов $j_{лс}$ от температуры j_t в безразмерном виде (1- максимальные и 2-минимальные значения $j_{лс}$, 3 –расчет по формуле (3.14), кривые – аппроксимации вида (3.13).

Таким образом, соблюдены все сформулированные выше условия и предпосылки, при которых действительны формулы (3.13) и (3.14).

10. На рис. 3.14 показано распределение температуры мерзлого грунта по глубине скважины в пос. Сковородино. Оба показателя выражены в относительных величинах, соответственно j_t и j_h , рассчитанных по формулам (3.1) – рис. 3.14 а и (2) – 3.14 б. Исходные данные расчета -максимальные и минимальные размерные температуры (t °C): $-1,46$; $-0,51$ и глубины (h , м): 5 и

28 взяты из книги [22].

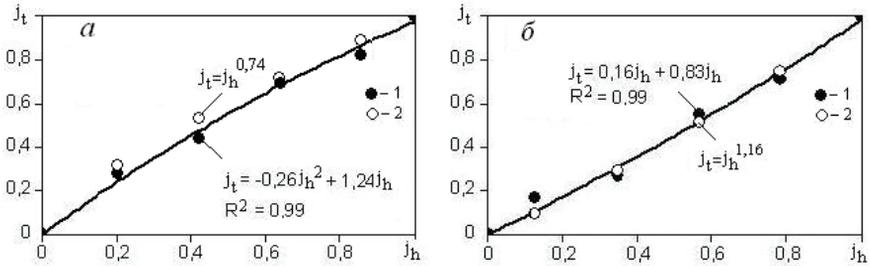


Рис. 3.14. Выпуклый (а) и вогнутый (б) графики зависимости j_t от j_h и их полиномиальная (1) и степенная (2) аппроксимации.

11. В [11] показана идентичность зависимости относительной температуры кристаллизации воды $j_t = t / t_3$ от относительного давления $j_p = P / P_3$ и концентрации солей в водных растворах $j_k = K / K_{эв}$, содержащихся в порых горных пород, где $t_{эв}$, $P_{эв}$ и $K_{эв}$ - эвтектические значения температуры, давления и концентрации солей, в данном контексте имеющие смысл максимальных величин в формуле (3.1). На рис. 3. 15 представлены график и степенная формула этой зависимости.

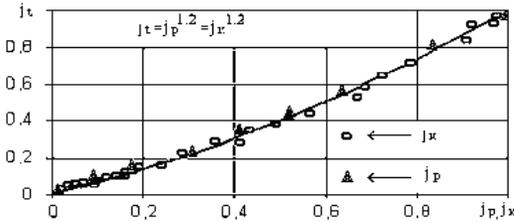


Рис. 3.15. Зависимость j_t от j_p и от j_k

Согласно пояснениям к формулам (3.13) и (3.14) показатель степени 1,2 в формуле на графике является членом ряда ОЗС, величина которого $\varphi = 0,2$, а зависимость j_t от j_p или от j_k можно записать и в степенном $j_t = j_p^{1,2}$, и в полиномиальном $j_t = 0,2 j_p^2 + 0,8 j_p$ виде. Графики этих уравнений практически сливаются

12. Автором совместно с Л.Т. Роман [11] определялись коэффициенты теплопроводности (λ , ккал/м· час· °С) талых и мерзлых грунтов разного состава. Эти данные опубликованы в виде таблиц зависимости размерных λ от состава грунта, его теплового состояния и коэффициента водонасыщения. Дальнейший анализ показал, что эта зависимость тоже аппроксимируется формулами (3.13)-(3.14). Для примера на рис. 3.16 приведены графики связи нормализованных значений коэффициентов теплопроводности j_λ и водонасыщения j_w талых и мерзлых грунтов. Графики и их аппроксимации на рис. 3.16 также подтверждают выдвинутые теоретические положения: зависимость $j_\lambda(j_w)$ не зависит от состава грунта; сумма численных коэффициентов полиномов $A+B \approx 1$; расчеты по формулам (3.13) и (3.14) дают близкие результаты, причем показатель степени $\gamma = A+1$.

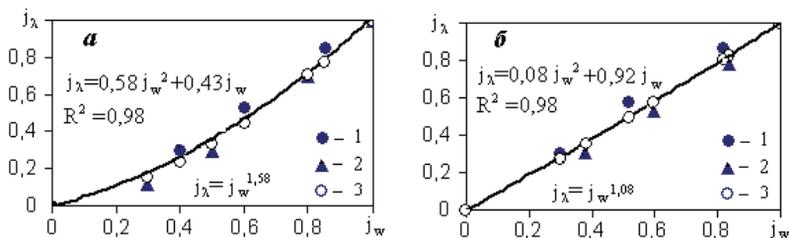


Рис. 3.16. Зависимость j_λ от j_w талых (а) и мерзлых (б) глинистых грунтов (1) и торфа (2), рассчитанная по полиномиальной (кривые) и степенной (3), формулам.

13. В [8] выявлена связь температуры начала кристаллизации t_k связанной воды у грунтов разного состава и влажности (W , д. ед.) с температурой переохлаждения $t_{пер}$, изменяющейся от -1,5 до -4, 5°C, аппроксимированная линейной формулой с размерными численными коэффициентами, меняющимися в широком диапазоне грунтовых условий. Нами эта связь представлена в более удобном (универсальном) относительном виде - рис. 3.17, как функция $j_{пер} = (t_{пер} - -1,5)/(-4,5 - -1,5)$ от $j_k = (t_k - t_{к.1})/(t_{к.2} - t_{к.1})$, где $t_{к.2} \dots t_{к.1}$ -диапазон изменения t_k , свой для каждого грунта - табл. 3.9

Таблица 3.9. Значения W , $-t_{к,2}$ и $-t_{к,1}$ ($^{\circ}C$) в опытах [8]

Грунты	1.Суглинок	2.Суглинок	3. Супесь	4. Супесь	5 Песок
	$W= 0,21$	$W= 0,26$	$W= 0,22$	$W= 0,3$	$W= 0,2$
$t_{к,2}$ и $t_{к,1}$	0,52 и 0,4	0,35 и 0,25	0,32 и 0,22	0,22 и 0,12	0,12 и 0,08

Значками на рис. 3.17 показаны фактические данные для пяти образцов грунта разного состава (по табл. 3.9); кривая а – ее полиномиальная аппроксимация; кривая б – степенная. Обе дают сходные результаты. Численные коэффициенты отвечают сформулированным в начале раздела правилам.

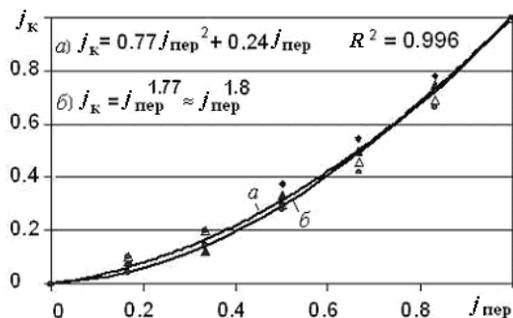


Рис. 3.17. Зависимость j_k от $j_{пер}$

14. На рис. 3.18 приведены относительные значения возраста поверхностных грунтовых отложений на севере (Салехард) и юге (Сладково) Тюменской области, рассчитанные по формуле (3.1). Размерные величины возраста (τ , лет назад –л.н) и глубины (h , м) отложений взяты по [9, 10]. Минимумы этих величин примерно равны нулю, а максимумы - $h_{max} = 0,78$ м, $\tau = 6310$ л.н. в Салехарде и $h_{max} = 2,16$ м, $\tau = 5262$ л.н. в Сладково. Графики зависимости j_{τ} от j_h , имеют форму вогнутой кривой (для Сладково – почти прямой линии, что характерно при $A \rightarrow 0$) и с хорошей достоверностью ($R^2 = 0,998$) описываются как полиномиальной, так и степенной формулами с

численными коэффициентами равными константам ОЗС. Причем, как и полагалось, $A+B \approx 1$, а $\gamma = A+1$.

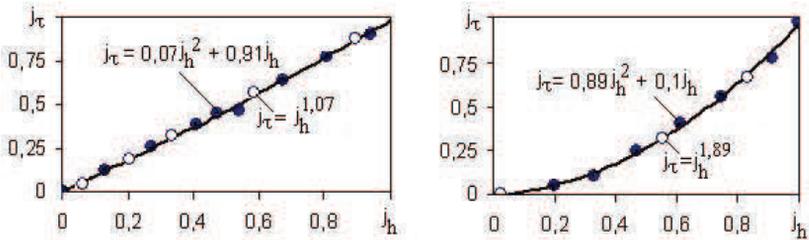


Рис. 3.18. Зависимость относительного возраста грунтовых отложений (j_τ) от относительной глубины (j_h) в Салехарде (слева) в Сладково (справа)

15. Газовые гидраты – льдоподобные образования, широко распространенные в холодных зонах Земли – в толще вечной мерзлоты и под океаническим дном. При понижении давления они разлагаются (диссоциируют) на газ и воду. На рис.3.19 показана связь относительного давления диссоциации (j_p) гидратов соединений углерода с водородом (пропана-1, метана-2) и с кислородом (диоксид углерода-3) с относительной температурой (j_T). Размерные исходные данные взяты из [10]. Пределы изменения температуры (T , К) гидратов: 253,2 ... 272,3 - метана; 264,3... 272,2 - пропана и 249,1... 272,2 - диоксида углерода; давления (P , МПа), соответственно: 0,39...2,34; 0,025...1,41 и 0,08 ...1,09. В этих пределах наблюдались метастабильные состояния [10] - переохлаждение жидкой фазы воды. Т.е., функция j_p от j_T представляет и самостоятельный интерес, как уравнение связи температуры и давления переохлаждения воды. Расчет относительных величин на рис.7 выполнен по формуле (3.1).

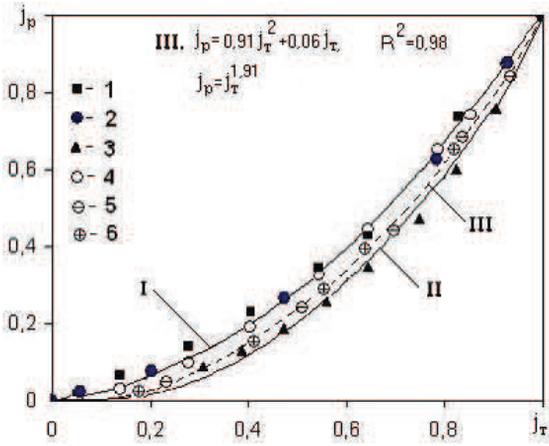


Рис. 3.19. Зависимость j_p от j_T для гидратов пропана (1) и метана (2) – кривая I; диоксида углерода (3) – кривая II; всех трех газовых гидратов – пунктирная кривая III с квадратичной и степенной аппроксимациями, (дополнительные пояснения в тексте).

Зависимость j_p от j_T аппроксимирована формулой (3.13) в трех вариантах с разными коэффициентами: отдельно для гидратов соединений углерода с водородом (кривая I) и с кислородом (кривая II), а также для всех трех газовых гидратов (пунктирная кривая III). Коэффициенты A, B и R^2 в первом случае составили: 0,8, 0,2, 0,999; во втором: 1,11, -0,14, 0,993; в третьем: 0,91, 0,06, 0,98. Сумма A и B во всех случаях примерно равна 1. Значки 4 - 6 в вариантах I, II и III, соответственно, относятся к значениям j_p , рассчитанным по степенной формуле (3.14) с показателем степени z , равным согласно правилам, сформулированным выше: 1,8 в варианте I; 2,11 в варианте II и 1,91 в варианте III. Как видно из графиков, сходимость расчетов j_p по формулам (3.13) и (3.14) хорошая.

Заключение

Взаимодействие элементов природных объектов можно рассматривать как дихотомию доминанты – наиболее значащего по “весу” элемента, и суммы всех остальных (субдоминанты). Формулы взаимосвязей параметров природных

систем, выраженных в относительных величинах, в большинстве случаев имеют полиномиальный или степенной вид, а их численные коэффициенты равны константам ОЗС (индексам доминирования). Т.е., можно говорить об универсальности предлагаемых моделей и достаточно общих закономерностях взаимосвязей параметров природных систем разного генезиса, проявляющихся через ОЗС. Приведенные примеры показывают, что предлагаемая методика является хорошим междисциплинарным инструментом для обобщения результатов наблюдений за природными системами, упорядочивающим и удешевляющим их исследования и хозяйственное освоение.

Литература

1. Арефьев С. П., Коновалов А. А. О деформационной модели радиального прироста древесных растений // Вестник Тюменского Государственного университета, 12, 2012. – С. 56-64
2. Артемьева, А. В., Бузыкин, А. И. и др. Оценка продуктивности древостоя // Факторы продуктивности леса. Новосибирск: Наука, 1989 – С. 129-146.
3. Бобкова, К. С., Тужилкина, В. В. и др. Ресурсная характеристика древесной зелени *Pinus Silvestris* (Pinaceae) в лесах северо-востока европейской России // Растит. ресурсы, т.44, вып.1, 2008. – С. 51-59.
4. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике. М.: Наука, 1980.975 с
5. Будыко М.И. Климат и жизнь. М.: Гидрометиздат, 1971, 475 с
6. Ваганов Е.А., Шашкин А.В., Свицерская И.В., Высоцкая Л.Г. Гистометрический анализ роста древесных растений. Новосибирск: Наука, 1985. 102 с.
7. Вялов С.С. Реология мерзлых грунтов. М.: Стройиздат, 2000, 464 с.
8. Гречищев С.Е., Павлов А.В., Гречищева А.В. Закономерности формирования переохлаждения поровой влаги при объемном замерзании дисперсных грунтов. Мат. Третьей конференции геокриологов России, т. 1. М.: МГУ, 2005, стр. 38-45.
9. Зах В.А. Многослойное поселение Паром 1 у Салехарда // Вестник археологии, антропологии и этнографии. Тюмень: ИПОС СО РАН, 1997. Вып.1. С.24-35
10. Иванов С.Н., Рябогина Н.Е. Материалы палинологического исследования торфяника Станичный Рям // Проблемы взаимодействия человека и природной среды. Тюмень: ИПОС СО РАН, 2003. Вып. 4. С.54-62
11. Коновалов, А. А. Деформационная модель развития экогеосистем // Новосибирск: "Гео". 2011. – 146 с
12. Коновалов А.А., Гашев С.Н., Казанцева М.Н., Закономерности распределения биотических таксонов на территории Западно-Сибирской равнины // Вестник ТГУ. Т. 6. 2013 С. 48–57.
13. Коновалов А. А. Общие закономерности развития экогеосистем (деформационная модель). Saarbrücken, Germany. Palmarium academic publishing, 2012. 252 с.
14. Кошкин Н.И., Ширкевич М.Г. Справочник по элементарной физике. М.: Наука, 1974. - 255 с.
15. Ландшейдт Т. Космическая функция золотого сечения, 1992 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://astrologic.ru/library/golden.htm>.
16. Ледаева А.С. Обоснование оптимального раскрытия хлыстов методом линейного программирования. Автореферат дисс. на соиск. уч. степени канд. техн. наук. Санкт-Петербург, 2007. 29 с.

17. Пшеничникова Л.С. Продуктивность сосновых молодняков разной густоты // Факторы продуктивности леса. Новосибирск: Наука, 1989. С. 36-52.
18. Роман Л.Т. Мерзлые торфяные грунты как основания инженерных сооружений. Новосибирск: Наука, 1987. 193 с.
19. Сороко Э.М. Структурная гармония систем // Минск: Наука и техника, 1984 –265 с.
20. Стахов, А. П. Введение в алгоритмическую теорию измерения. М.: Советское Радио, 1977. – 288 с.
21. Физико-географический атлас Мира. Л.: Гидрометеиздат, 1964, 275 с
22. Фролов Н.М. Температурный режим гелиотермозоны. М.: Недра, 1966, с. 156.
23. www.pogoda.ru.net/monitor/php.
24. Bermejo-Pareja F, Benito-León J, Vega S et al (2008). Incidence and subtypes of dementia in three elderly populations of central Spain. J. Neurol. Sci. 264, p. 63–72.

**More
Books!** 



yes
I want morebooks!

Покупайте Ваши книги быстро и без посредников он-лайн - в одном из самых быстрорастущих книжных он-лайн магазинов!
Мы используем экологически безопасную технологию "Печать-на-Заказ".

Покупайте Ваши книги на
www.morebooks.de

Buy your books fast and straightforward online - at one of the world's fastest growing online book stores! Environmentally sound due to Print-on-Demand technologies.

Buy your books online at
www.morebooks.de

OmniScriptum Marketing DEU GmbH
Bahnhofstr. 28
D - 66111 Saarbrücken
Telefax: +49 681 93 81 567-9

info@omniscrptum.com
www.omniscrptum.com

OMNIScriptum 

