

БИОИНФОРМАТИКА

УДК 502.5:581.5:582.682.2

СЕЗОННОЕ РАЗВИТИЕ ЧЕРНОПИХТАРНИКА В ТЕМПЕРАТУРНОМ И ГЕОМАГНИТНОМ ПОЛЯХ

©¹Прилуцкий А.Н., ²Фисенко М.И., ²Ефремкин М.С.

¹Ботанический сад-институт ДВО РАН, г. Владивосток

²Уссурийская астрофизическая обсерватория ДВО РАН, г. Уссурийск

e-mail: a.priluckiy@mail.ru; mihail_fisenco@mail.ru

Выполнен сопряженный анализ спектров частот колебаний геомагнитного поля и ритмов сезонного развития древесных растений в чернопихтарнике. Выявлена статистически значимая зависимость частот фазовых переходов в сообществе от состояния геомагнитного поля. Показано, что в экосистемах влияние вариаций геомагнитного поля на растительность маскируют синергетические эффекты температурных полей.

Ключевые слова: аттрактор, геомагнитное поле, растительное сообщество, сезонное развитие, температурное поле.

Введение

Известно, что в неравновесных условиях материя приобретает возможность приспособлять свои движения к флуктуациям внешних факторов (Моисеева, Сысуев, 1981; Ризниченко, 2011). В случае устойчивых сдвигов могут возникать системы, способные к самоорганизации. Когда-то подобного рода процессы привели к появлению жизни. В ходе эволюции живых систем неустойчивость внешней среды так и осталась неперенным условием их существования. Комплекс факторов в которых функционируют биологические системы можно представить в виде физической среды, состоящей из некоторого числа различных полей. Вследствие взаимодействия этих полей параметры экологической системы

непрерывно изменяются. Соответственно, оказываются непостоянными и условия жизнедеятельности связанных с ней биологических объектов. Подстраиваясь к колебаниям факторов среды, они непрерывно изменяют свою структуру и функции. Отсюда ясно, что изучение живых систем без описания сдвигов, которые оставляют в них колебания физических полей – занятие в известной мере бессмысленное.

В развитии живого роль важнейшего экологического фактора принадлежит температуре. Биосфера приобретает температуру вследствие рассеяния и превращения в тепло высококачественных видов энергии, поступающей от Солнца. На территориях с однородной подстилающей поверхностью энтропийные процессы порождают пространственно-временные температурные поля – зоны с более или менее сходным режимом температуры. В конечном итоге, именно эти полевые структуры определяют тип формирующихся экосистем.

Температура – это физическая величина, характеризующая кинетическую энергию частиц макросистемы, находящейся в состоянии термодинамического равновесия. От нее зависят многие свойства воды, скорость биохимических

реакций, направленность окислительно-восстановительных реакций в организмах и в среде обитания. Поэтому еще недавно представление о роли температурных полей в распределении растительности понималось как фундаментальный принцип. Однако теория самоорганизации разрушает эту иллюзию. Сегодня классические концепции динамики растительного покрова, не учитывающие периодичность его пространственно-временной организации и нелинейность развития, рассматриваются как поверхностные.

Еще одним, вполне самостоятельным, планетарным дериватом активности центрального светила являются возмущения, вызываемые в магнитном поле Земли солнечным ветром. Магнитное поле – это особый вид материи, через которую передается силовое воздействие на движущиеся электрические заряды и тела, обладающие магнитным моментом. В настоящее время существование магнитного поля Земли объясняют протеканием токов в электропроводящем веществе ее жидкого внешнего ядра (Рикитаки, 1968). Установлено, что механизм гидромагнитного динамо действует в зоне 0,25–0,3 ее радиуса. На поверхности планеты напряженность поля растет в направлении от экватора к магнитным полюсам с 0,34 до 0,66 Эрстед. На расстоянии до трех радиусов вытянутые вдоль меридианов магнитные силовые линии по форме имеют диполеподобное расположение. В этой области, называемой плазмосферой, геомагнитное поле (ГМП) взаимодействует с корпускулярными потоками намагниченной плазмы, приходящей от Солнца с солнечным ветром. Из-за неоднородности потоков ионизированной материи наблюдаются изменения активности магнитного поля Земли во времени, называемые

геомагнитными вариациями. Вариации различной продолжительности происходят в плазмосфере непрерывно и часто имеют периодический характер.

Среди периодических геомагнитных вариаций наибольший интерес представляют подъемы и спады активности поля, которые повторяются через каждые 27 дней, 90,6 дней, 11 лет и т.д. Эти вариации связаны с существованием долгоживущих активных областей, которые группируются на Солнце в зонах от 10° до 30° гелиографических широт.

Колебания активности ГМП продолжительностью 27 дней соответствует периоду вращения Солнца вокруг оси.

Периодичность продолжительностью 90,6 дня порождается изменением взаимного положения Земли и ее центрального светила в течение года. Изменяя знак приблизительно через каждые 3 месяца, сезонный ход магнитной активности имеет два максимума и два минимума. Максимальному воздействию Солнца Земля подвержена в периоды равноденствия (21 марта и 23 сентября), когда плоскости земного и солнечного экваторов совпадают. Минимумы активности ее магнитного поля наблюдаются в периоды солнцестояния (20 июня и 21 декабря).

Наиболее ярко зависимость ГМП от процессов, протекающих на Солнце, проявляется в 11-летних циклах. В годы, когда на Солнце наблюдается большое число пятен, магнитная активность также достигает наибольшей величины.

К настоящему времени получены доказательства фундаментальной роли магнитных полей в поддержании гомеостаза, ритмов жизнедеятельности, установлена их способность изменять наследственность (Дубов, 1974; Алферов, 1978). Влияние постоянной составляющей

ГМП на растения проявляется в различных формах магнитотропизма и ориентационном эффекте (Богатина, Шейкина, 2010). Показано, что корни прорастающих семян ориентируются в сторону уменьшения градиента поля, а в посевах они располагаются вдоль либо поперек горизонтальной составляющей ГМП. Обнаружено замедление ритмов жизнедеятельности растений в условиях ослабленной напряженности магнитного поля. Изучение минерального питания растений показало, что под воздействием магнитного поля изменяется способность поглощать различные микроэлементы. Однако глубинные механизмы универсальной связи магнитных полей с живым до настоящего времени не выяснены, так как в течение продолжительного времени их влияние на биологические системы недооценивалась.

В последние десятилетия интерес к изучению разнообразных реакций живого на воздействие магнитных полей явно возрастает. Однако активно развивается только медицинская гелиобиология. В других разделах биологии исследователи сводят свою задачу к выяснению характера сдвигов, возникающих в тех или иных функциях организмов в постоянных магнитных полях. Что касается влияния геомагнитных вариаций на растительные сообщества, то эта область экологии до настоящего времени остается белым пятном.

В середине 80-х гг. группа исследователей выработала согласованную концепцию воздействия вариаций ГМП на биологические системы (Комаров и др., 1989; Бреус и др., 1995). Было высказано предположение, что ритмы естественных электромагнитных полей могли играть решающую роль в развитии биологической самоорганизации. На ранних стадиях эволюции периоды ритмов

геомагнитных полей интегрировались во временную структуру биологических систем и становились их эндогенными ритмами. Подтверждение этой гипотезе найдено при статистическом анализе материалов фенологических наблюдений, выполненных в чернопихтарнике. Применение спектрального анализа случайных процессов вскрыло колебательный характер сезонного развития этого сообщества (Прилуцкий, Фисенко, 2010). Выяснилось, что его сезонную динамику определяет несколько независимых периодических процессов. Их основная гармоника изменяется во времени с периодом 90,6 дн., т. е. периодичность в сезонном развитии растительности совпадает с сезонными вариациями ГМП.

Обнаруженное явление позволило авторам истолковать сезонное развитие чернопихтарника как процесс формирования диссипативной структуры. Последняя, стремясь к менее вероятному состоянию, эволюционирует с уменьшением энтропии. В повышении уровня ее организации определенную роль играют вариации ГМП. В связи с чем, можно надеяться, что изучение зависимости сезонного развития сообществ от геомагнитных вариаций будет способствовать выяснению роли изменений магнитного поля Земли в эволюции ее растительного покрова. Очевидно, в будущем развитие теории самоорганизации приведет к необходимости модернизировать концептуальную базу экологии. Но уже сейчас нужна новая интерпретация данных о поведении растений во временных температурных и в геомагнитных полях, влияние которых на растительность, несомненно, обладает синергетическим эффектом.

Исходя из вышеизложенного, объектом исследования избрана иерархия систем, образованная центральным светилом, плазмосферой Земли и надорганизменной растительной макросистемой – флорой чернопихтарников. Последняя входит в эту иерархию в качестве подсистемы, функционирующей в режиме вынужденных колебаний.

Объект, материалы и методы исследования

Для характеристики ритмов развития сообщества использованы материалы фенологических наблюдений, выполнявшихся в чернопихтовых лесах БСИ ДВО РАН. Исследования охватывают интервал времени 2000–2007 гг. Динамику состояния изучаемого сообщества оценивали числом фазовых переходов, происходящих в нем ежедневно в течение каждого вегетационного периода (ЧФП).

Особенности сезонного климата района исследований характеризовали по данным, приведенным на сайте «География. Климат Владивостока» (old.pgpb.ru/cd/terra/vlad/vlad_03htm).

В качестве показателя солнечной активности использовали числа Вольфа, публикуемые Центром анализа данных по влиянию Солнца (Бельгия) [Электронный ресурс] (<http://sidc.oma.be/DATA/yearssn.dat>).

Ход активности ГМП в период наблюдений отражали величины суммарных среднесуточных К-индексов, установленных магнитной станцией «Владивосток», расположенной в с. Горнотаежное Уссурийского р-на Приморского кр.

Повторяющиеся во времени процессы выявляли и исследовали методами статистического анализа. Упорядоченность колебаний, происходивших в исследуемых подсистемах, характеризовали функцией когерентности γ . Значения γ вычислялись

по формуле:

$$\gamma_{xy}^2(f) = \frac{|G_{xy}(f)|^2}{G_{xy}(f) G_{yy}(f)}$$

где: G – односторонние спектры.

Динамику состояния сообщества устанавливали по результатам расчета вероятностей отклонения величин фенодат от средних значений, вычисленных для их взвешенных распределений. Как известно, стационарное состояние системы на практике идентифицируется нормальным распределением. В случае ее отклонения от естественного состояния в распределениях существенных признаков возникает асимметрия (Зайцев, 1983). В настоящей работе данная закономерность была использована в целях выяснения направления и величины сдвигов во временной организации чернопихтарника, возбуждаемых вариациями геомагнитного и температурного полей.

Расчеты выполняли для каждой фазы в отдельности. О степени динамической устойчивости фазы судили по скошенности ее распределения. Направление эволюции фаз устанавливали по знаку отклонения на основе концепции автооптимизации биологических систем (Зайцев, 1983).

Результаты

В течение периода исследований активность деятельности Солнца снижалась. Фаза максимума цикла пришлась на октябрь 1999–июнь 2002 гг. Первый максимум наблюдался в апреле 2000 г., вторичный – в ноябре 2001 г. Минимальное число пятен наблюдалось в 2006–2007 гг. По данным Центра анализа данных по влиянию Солнца, за восемь лет числа Вольфа уменьшились со 119 до 7,5. В 2001 г. на солнечном диске наблюдалось в среднем 111 пятен, в 2002 – 104, в 2003 – 63,7 в 2004 – 40,4, в 2006 – 15,2, в 2007 – 7,5.

Значения коэффициентов

кросс-корреляции, отражающих зависимость сезонных явлений (ЧФП) в чернопихтарнике от ГМП, в своем многолетнем ходе в основном повторяли динамику чисел Вольфа. В 2000 г. величина этого показателя составляла 0,69, в 2001 – 0,67, в 2002 – 0,70, в 2003 – 0,69, в 2004 – 0,69, в 2006 – 0,64, в 2007 – 0,68. Вычисленные значения корреляции удостоверяют зависимость флористической системы от активности ГМП. Сопряженный характер рассматриваемых параметров указывает на то, что в сезонном развитии флоры управляющие функции Солнца опосредованы геомагнитным полем. А некоторое снижение величин коэффициентов корреляции показывает, что по мере уменьшения числа пятен на Солнце рассматриваемые связи слабеют. При этом ритм развития чернопихтарника становится все менее упорядоченным.

Анализ спектров частот колебаний ГМП и ЧФП выявил высокое сходство движений, происходящих в этих подсистемах. Чаще всего совпадают гармоники периодом 90,6;

14,1; 7,1; 4,7 и 2,1 дня (табл. 1). Совпадение первой гармоники периодом 90,6 дня постоянно. Период второй гармоники ГМП варьирует в пределах 18,1–35,4 дня. Однако ее средняя частота (26,7 дня) близка к периоду обращения Солнца вокруг оси (27 дней).

Связь между ГМП и флористической системой наблюдается в широкой полосе частот. Влияние вариаций ГМП на ритм сезонного развития чернопихтарника достигает максимума через 88–141, 26–35, 12–15 и т.д. дней (табл. 2). В периоды высокой и низкой активности Солнца частота взаимодействий возрастает.

Амплитуды колебательных движений в системе ГМП – растительное сообщество увеличиваются по мере роста активности Солнца. Когда оно успокаивается, размах колебаний уменьшается.

Как известно, именно амплитуда колебательных процессов отвечает за объединение явлений различной природы в системы. В системе, образованной ГМП и растительным сообществом, максимальные амплитуды частот фазовых

Таблица 1

Периоды гармоник в вариациях геомагнитного поля (ГМП) и в ритмах сезонного развития флористической системы фанерофитов чернопихтарников (ЧФП) с 2000 по 2007 г.

Годы	Периоды гармоник в спектрах вариаций ГМП и ЧФП, дней													
	ГМП	90,6	18,1	0	14,1	0	3,1	0	0	2,6	2,1	0	0	1,6
2000	ЧФП	90,6	35,4	0	14,1	7,1	0	0	0	2,5	2,1	0	0	0
	ГМП	90,6	22,8	0	14,1	7,1	5,1	4,2	3,7	2,9	2,2	2,0	0	0
2001	ЧФП	90,6	37,2	0	14,1	7,1	5,4	0	0	2,9	2,5	0	1,8	0
	ГМП	90,6	30,7	14,1	10,1	7,1	4,7	3,9	2,8	2,4	2,0	1,9	1,7	0
2002	ЧФП	90,6	35,4	23,6	10,1	7,1	4,7	3,9	0	0	0	0	1,7	0
	ГМП	124,0	35,4	23,6	14,1	7,4	4,7	3,9	0	0	2,1	0	1,8	0
2003	ЧФП	90,6	35,4	0	10,1	0	3,5	0	0	0	2,1	0	1,8	0
	ГМП	90,6	30,7	18,1	10,1	7,1	5,0	0	3,5	2,4	0	0	1,8	0
2004	ЧФП	90,6	35,4	0	14,1	7,9	4,4	0	2,9	2,5	2,0	0	1,7	1,5
	ГМП	90,6	26,2	16,1	11,8	6,4	4,7	0	3,2	0	0	0	1,8	0
2006	ЧФП	90,6	30,7	9,1	7,5	5,9	4,7	0	3,4	2,8	2,3	0	0	1,6
	ГМП	90,6	22,8	18,1	10,1	7,1	5,0	3,5	3,2	2,7	0	0	1,8	0
2007	ЧФП	90,6	37,2	14,1	10,1	7,1	5,0	4,4	0	2,7	2,0	0	0	1,5
	ГМП	90,6	30,7	14,1	10,1	7,1	5,0	4,4	0	2,7	2,0	0	0	1,5

Взаимный спектральный анализ вариаций геомагнитного поля (ГМП) и ритмов сезонного развития флористической системы фанерофитов чернопихтарников (ЧФП) в период с 2000 по 2007 гг.

Годы	Периодичность максимального влияния магнитного поля на флористическую систему, дней							Амплитуды колебаний	
								Низких частот	Высоких частот
2000	88,4	27,1	18,6	10,2	7,2	3,9	2,1	624	50
2001	117,8	26,2	12,8	7,4	4,7	3,1	2,1	452	50
2002	0	35,4	0	8,8	4,7	3,9	0	529	47
2003	141,4	35,4	15,0	10,1	7,1	4,7	2,4	209	41
2004	141,4	35,4	14,7	9,7	6,4	0	2,6	385	47
2006	117,8	32,1	0	9,3	4,7	3,4	0	173	30
2007	124,0	27,1	19,6	9,7	6,4	3,2	2,2	324	32

переходов возникают в низкочастотной области. В табл. 2 эти области выделены полужирным шрифтом. В области высоких ЧФП амплитуды согласованных колебаний на порядок ниже. Из двух пар гармоник, наиболее тесно связывающих флористический комплекс чернопихтарника с ГМП в систему, одну, продолжительностью 18–35 дней, формируют вариации ГМП, вызываемые вращением Солнца вокруг оси. Фактором,

который вынуждает систему колебаться с частотой 88,4–141,4 дня, является, по-видимому, изменение взаимного положения рассматриваемых небесных тел в пространстве.

Сезонный ход значений взаимной корреляции характеризуют данные расчетов, выполненных для 2000 г. (рис. 1). Максимальное значение (0,74) наблюдалось в момент вступления сообщества в вегетацию.

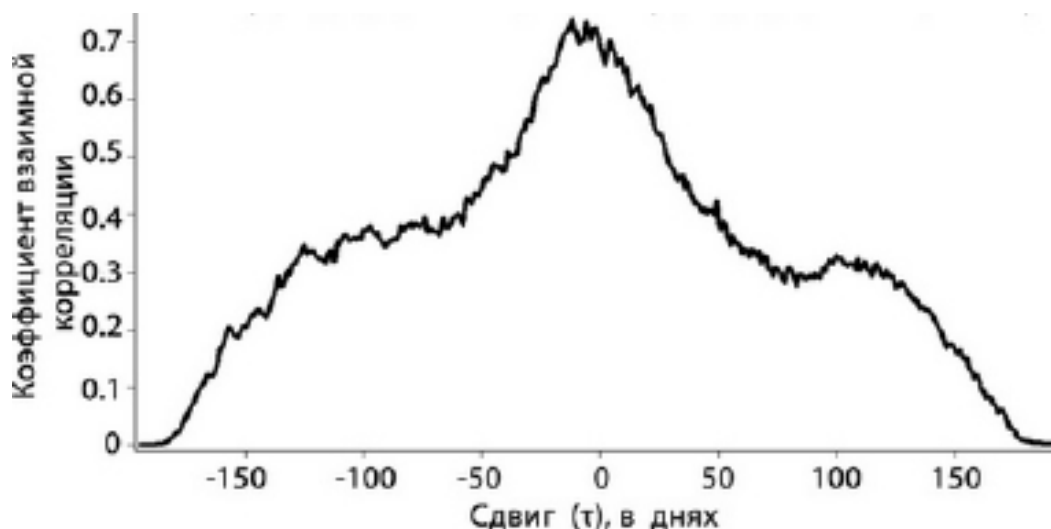


Рис. 1. Годовой ход коэффициента взаимной корреляции активности ГМП и ЧФП в чернопихтарнике в 2000 году.

Вслед за этим в течение 180 дней происходил спад до минимального значения (0). Но на кривой годового хода рассматриваемого показателя, спустя 90–100 дн. после вступления флористической системы в вегетацию, в области, соответствующей периоду летнего солнцестояния, наблюдается второй пик. Ошибка белого шума, вычисленная для годового хода взаимной корреляции, равна 0,07. Из чего следует, что обнаруженная гармоника статистически значима. Ее появление вызвано колебательным характером годовой динамики системы, а из симметрии формы кривой вытекает заключение о синфазности этих колебаний.

Графики изменения значений γ в 2000–2007 гг. демонстрируют многолетнюю динамику когерентности процессов, протекающих в системе (рис. 2). На рис. 2 можно видеть, что в этот период величины γ варьируют преимущественно в области ординаты 1. Такой сезонный ход кривой величин γ означает, что

движения, происходящие в магнитосфере и в растительных сообществах, были почти всегда хорошо согласованы во времени. Только в 2001 г. кривая когерентности, флуктуируя в диапазоне от 1 до 0, имеет сильно изрезанные хвосты. Очевидно, в 2001 г. рассматриваемые процессы колебались с большой разницей фаз.

Статистическая оценка сезонного хода динамической устойчивости чернопихтарника произведена на основе материалов фенологических наблюдений, выполнявшихся в 2007 г. В период с апреля до середины июня величина критерия согласия $K(\lambda)$ не превышала критического уровня (табл. 3). То есть, с момента вступления растений в вегетацию и до фазы окончания цветения фазовые переходы в сообществе осуществлялись в соответствии правилом распределения плотности вероятностей. Форма кривой распределения была симметричной. Но коэффициенты вариации несколько ниже, а соотношение M/σ выше нормы. Возможно,

Таблица 3

Статистика рядов распределения фенофаз фанерофитов чернопихтарника в 2007 г.

Фазы сезонного развития	Число фенодат в фазе	Дата середины фазы $M \pm m_m$	Календарная дата середины фазы	σ	$K_{As} \pm m_{As}$	Критерий согласия $K-SDist$		V%	M/ σ
						$K(\lambda)$	$Dmax(p=0.01)$		
Появление зеленого конуса	98	56,6±0,80	25,04	7,92	-0,07±0,24	0,127	0,164	14	7
Начало цветения	93	86,8±2,99	26,05	28,68	0,80±0,25	0,102	0,169	33	3
Окончание цветения	90	103,7±3,68	11,06	34,91	1,15±0,25	0,140	0,171	34	3
Окончание прироста по высоте	96	126,5±2,04	05,07	19,99	1,64±0,24	0,196	0,166	16	6
Заложение почек	96	156,6 ±1,78	04,08	17,40	0,02±0,25	0,130	0,166	11	9
Начало созревания плодов	96	186,6 ±3,58	03,09	33,96	-1,34±0,25	0,173	0,166	18	5
Начало осеннего окрашивания листьев	86	212,8±0,92	29,09	8,59	-0,70±0,26	0,184	0,172	4	25
Начало листопада	91	224,8±0,78	11,10	7,46	0,26±0,25	0,102	0,171	3	30

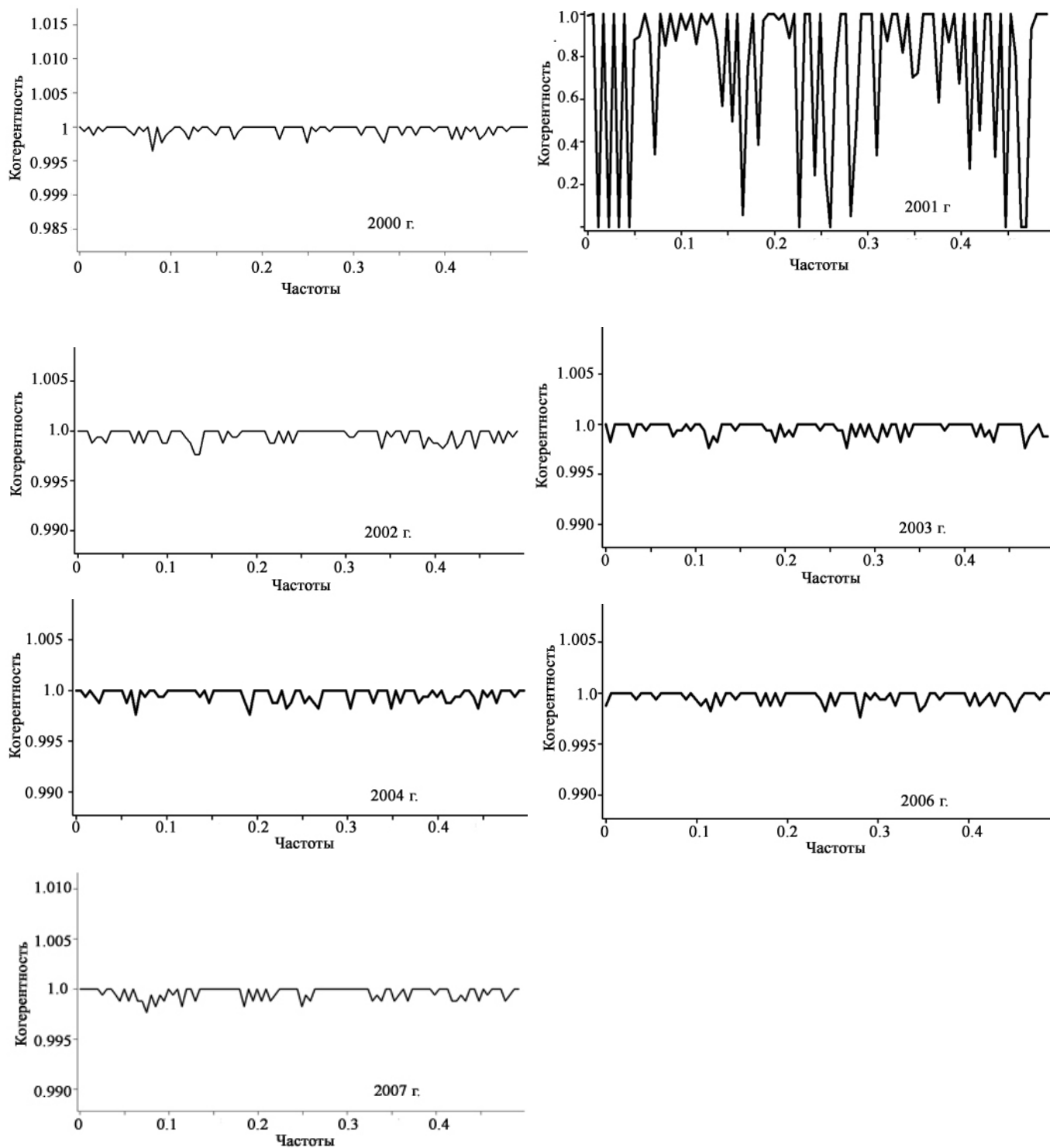


Рис. 2. Графики когерентности взаимодействия геомагнитного поля и флористической системы в период с 2000 по 2007 гг.

в сообществе в это время реализовывалось несколько разнонаправленных тенденций. Нельзя исключить, что в апреле их интегрированное выражение проявлялось в слабой тенденции к сдвигу сроков распускания листьев на более поздний период.

В мае эта тенденция исчезла, и уже в фазе начала цветения в распределениях

фенодат возникла положительная асимметрия. Другие статистические признаки к началу цветения, напротив, приняли значения, типичные для нормального распределения. Величины коэффициента вариации и отношение M/σ составляли в это время, соответственно, 33% и 3. Следовательно, в течение всего периода цветения сообщество, оставаясь

в равновесном состоянии, находилось под влиянием некоего оператора, оттеснявшего время цветения всех растений к началу вегетационного периода. В течение мая–июня степень скошенности кривой распределения возрастала. Значения KA_s увеличились от 0.80 при прохождении фазы начала цветения до 1,15 в фазе окончания цветения.

В начале июля асимметрия в распределении фенодат продолжала увеличиваться. К 05, 07, когда члены сообщества прекращали прирост в высоту, KA_s достиг максимального значения – 1,64. Именно в это время величина критерия согласия $K(\lambda)$ впервые превысила критический уровень (табл. 3).

Иными словами, в фазе окончания прироста растений по высоте сообщество вышло из стационарного состояния. Однако вариабельность фенодат резко уменьшилась, а отношение M/σ , напротив, значительно возросло. Очевидно, в июле сообщество вследствие сильного воздействия внутреннего оператора находилось вне естественного оптимума.

К концу июля – началу августа у растений, входивших в состав сообщества, происходило заложения почек. К этому времени величина критерия согласия $K-SDist$ опустилась ниже критического уровня, а распределение приобрело симметрию. Однако продолжительность периода, в течение которого сообщество находилось в стационарном состоянии, было непродолжительным. Низкие значения показателей вариабельности фенодат показывают, что восстановление симметрии не может служить признаком прекращения воздействия оператора. Устойчивость системы оставалась низкой, так как уже спустя месяц, к началу фазы созревания плодов, величина критерия согласия вновь превысила критический уровень. При этом показатель асимметрии

приобрел отрицательный знак, а его абсолютная величина резко увеличилась. В течение всего сентября распределение существенно отличалось от нормального. Причем в конце сентября резко увеличилось соотношение M/σ .

К нормальному типу распределения фенодат чернопихтарник возвратился только в октябре, с началом листопада. В этой фазе ряд распределения приобрел слабую положительную асимметрию, низкие показатели вариабельности фенодат и очень большую величина M/σ .

Обсуждение

Развитию растений умеренной зоны характерна сезонная периодичность, которая, как полагают, полностью зависит от температурных условий. Вегетационный период начинается с раскрытия почек, а заканчивается осенним окрашиванием листьев. У большинства древесных растений процессы жизнедеятельности при температурах воздуха ниже $+5 - +10^{\circ}C$ прекращаются. Поэтому продолжительность вегетационного периода устанавливают по датам перехода температуры через указанный уровень, который считают пороговым. Территория Владивостока исключения не составляет. Как и везде, вступление растений в вегетацию и их переход в состояние покоя регламентируется здесь вышеуказанным пороговым уровнем температуры. Но на полуострове Муравьева-Амурского динамика погодно-климатических условий не совпадает с принятым календарным делением. В среднем начало и конец сезонов определяется следующими датами: зима (12 ноября–26 марта), весна (27 марта–22 мая), лето (23 мая–11 октября), осень (12 октября–11 ноября). Аномалии в климатическом режиме территории порождают процессы, идущие над Тихим океаном и во внутриконтинентальных

районах Восточной Азии. Зимой на северо-востоке Азии формируется область высокого давления, называемая азиатским максимумом. Над Тихим океаном в это время образуется область низкого давления, именуемая экваториальным минимумом. Большая разница давления приводит к тому, что из области азиатского максимума через территорию Приморского края на юго-восток устремляется мощный поток холодного сухого воздуха – зимний муссон. Северо-западные ветры продолжаются здесь до конца марта. Последние морозы прекращаются на юге Приморья в среднем 21 апреля, но при затяжной весне могут случаться до 14 мая. Осенью заморозки начинаются со середины третьей декады октября. Продолжительность безморозного периода составляет 153 дня, периода с температурой выше 10°C – 140 дней. Температурный режим крайне неустойчив и традиционные способы определения продолжительности вегетационного периода ненадежны. В различных источниках установленная для Владивостока величина этой биоклиматической характеристики варьирует в пределах от 150 до 193 дней.

Продолжительность периода вегетации растений в чернопихтарнике мы установили по данным наблюдений над сезонным развитием двух видов: *Sorbaria sorbifolia* (L.) A. Br. и *Dasiphora fruticosa* (L.) Rydb. Из числа 100 фанерофитов первый вид выделяется самым ранним вступлением в вегетацию. У второго признаки осеннего окрашивания листьев появляются наиболее поздно. В результате анализа рядов фенодат временем начала вегетационного периода во Владивостоке принято считать 3 апреля. Этот день 2003 г. за весь период наблюдений оказался самой ранней датой раскрытия почек *Sorbaria sorbifolia*. Датой окончания вегетации стало 6 октября - самая поздняя за

период наблюдений дата начала осеннего окрашивания листьев *Dasiphora fruticosa*. Таким образом, вегетация растительности в районе Владивостока может продолжаться в течение 186 дней.

Приведенный выше обзор зависимости сезонного развития растительности полуострова от климатических условий выполнен в рамках традиционных подходов к проблеме. Каких либо противоречивых моментов в существующей концепции взаимодействия растительности и температурного поля не обнаружено. Система сложившихся представлений основана на статистических выкладках, и на первый взгляд выглядит завершенной и внутренне непротиворечивой. В этих представлениях для участия геомагнитного поля в формировании сезонной динамики растительности просто не остается места. Таким образом, стандартный подход к анализу биоклиматической ситуации подталкивает к выводу о том, что данные о влиянии вариаций ГМП на ритм развития флоры чернопихтарника не следует принимать в расчет. Но, в то же время, заключение о влиянии ГМП на ритм развития растительности нельзя игнорировать, т. к. оно, как и предшествующее, обосновано с применением статистического аппарата. Очевидно, для снятия противоречия необходим поиск нового подхода к проблеме. В конце концов, оказалось, что изъяны современной концепции взаимодействия растительности и среды выявляются при простом сравнении условий жизнедеятельности растений и их поведения в весенний и осенний периоды.

Как указывалось выше, весной и осенью вегетация начинается или прекращается после того, как температура воздуха преодолет пороговый уровень. Однако флора чернопихтарников (как и любая флора зоны умеренного климата)

включают в себя группу видов, которые не всегда подчиняются этому правилу. Эти, так называемые холодостойкие, виды вступают в вегетацию в апреле, задолго до того, как установится благоприятный режим температур. У некоторых из них в зоне воздействия заморозков находится не только фаза раскрытия почек, но и фаза цветения (рис. 3). Между тем, поздние заморозки, хотя и редкие, случаются даже в мае. Причем фатальных повреждений аборигенным древесным растениям они не наносят, в том числе видам, не входящим в группу «холодостойких». Этот факт свидетельствует об упрощенности современного представления о роли факторов среды, определяющих продолжительность вегетационного периода.

Итоги анализа поведения растений в осенний период только подкрепляют данное заключение. Характерная особенность суточного хода температуры воздуха в сентябре и октябре – сравнительно низкие ночные и относительно высокие дневные температуры воздуха. Но заморозки

начинаются только после 25 октября. Принимая во внимание способность «холодостойких» видов к нормальному развитию в условиях пониженных температур, мы могли бы ожидать, что вегетация растений, входящих в эту группу, продолжится, по крайней мере, до третьей декады октября. В действительности ничего подобного мы не наблюдаем. Как указывалось выше, к 6 октября период вегетации заканчивается. С этого времени начинается «золотая осень». В ассимилирующих органах всех видов, образующих сообщество, происходят процессы гидролиза. Деструкция высокомолекулярных соединений и отток продуктов их разрушения в запасные органы обеспечивает переход растительных организмов в состояние покоя. Процесс протекает без использования ресурсов среды, поэтому октябрь можно рассматривать как свободную экологическую нишу. В соответствии с правилом обязательного заполнения свободных экологических ниш, в сообществе должны были бы



Рис. 3. Зона воздействия заморозков у некоторых видов растений: А – *Alnus hirsuta* (Spach) Turcz. ex Rupr. (фаза растяжения сережек); Б – *Salix caprea* L. (развертывание вегетативного побега, нарастание листовых пластинок и рост сережки) в области неблагоприятных температур

протекать процессы ее заполнения. Однако никто никогда не отмечал признаков изменения видового состава сообществ или фенотипического состава популяций, которые бы вели к удлинению вегетационного периода за счет сдвига даты его окончания на более поздние сроки. Напротив, в итоге статистических расчетов для фазы начала листопада установлена положительная асимметрия (табл. 3). Иными словами, в октябре появляется тенденция к еще большему сокращению продолжительности периода вегетации.

Анализируя динамику величин статистических показателей и их соотношений, можно найти и другие противоречия концепции сезонного развития флоры в температурном поле. Кроме этого, можно объяснить причины возникновения этих противоречий и наметить способы их устранения.

Для сезонного развития растительных сообществ характерна высокая концентрация фенодат в быстрых фазовых переходах. Статистическим выражением такой динамики системы является низкая вариабельность частот. На протяжении большей части периода вегетации в чернопихтарнике фенодаты варьируют в диапазоне 3–18%. Между тем, низкая вариабельность служит отличительным признаком систем, функционирующих в контролируемом режиме, откуда следует, что в данной экосистеме действуют операторы. Причем, контролируется почти весь вегетационный период. Лишь в мае–июне степень варьирования фенодат возрастает и устанавливается на уровне 33%, характерном для независимых процессов. По всей вероятности, в этот период, по времени совпадающем с фазой цветения, сообщество утрачивает чувствительность к действию некоторых операторов. Но уже с июля диапазон варьирования вновь

уменьшается и в дальнейшем снижается в направлении окончания вегетации. В рядах распределений фенодат, построенных для фаз осеннего окрашивания листьев и листопада, коэффициент вариации не превышает 5%. Иными словами, заключительный этап вегетации флористическая система проходит под самым жестким контролем.

Оценка динамики устойчивости сообщества с помощью статистик рядов распределения фенодат выявляет в сезонном развитии флористической системы несколько областей. Переход из одной области в другую обусловлен сдвигами в ее состоянии, а вслед за сменой состояния изменяется режим функционирования фитоценоза. Характеристический признак управляемых областей вегетационного периода – асимметрия распределения фенодат. Создают ее некие организующие факторы, операторы, под влиянием которых в сообществе возникает тенденция к сдвигам сроков фазовых переходов, поэтому критерием для выделения областей специфического состояния сообществ служит знак асимметрии. Положительный знак указывает на тенденцию к сдвигу фазовых переходов на более ранние сроки. Отрицательный знак появляется в случаях сдвигов фазовых переходов на более позднее время. И, наконец, в областях локализации операторов скошенность в распределении фенодат отсутствует.

Сформулированные представления служат основанием для выделения трех областей локализации операторов и четырех управляемых ими областей сезонного развития флоры. Основным организующим элементом системы является летний оператор, область локализации которого более или менее точно совпадает с периодом заложения почек. Средняя дата фазы приходится на

4 августа. Система в это время достигает стационарного состояния ($K_{As} = 0,02 \pm 0,25$). Влияние летнего оператора на сроки фазовых переходов прослеживается как в первой, так и во второй половине вегетационного периода. В мае–июне объектами его влияния являются фазы начала цветения, окончания цветения и окончания прироста по высоте. С августа по сентябрь летний оператор контролирует фазы созревания плодов и начала осеннего окрашивания листьев. Точные позиции двух других операторов не очевидны. Как указывалось выше, асимметрия распределения в области локализации оператора равна нулю. Если судить по статистикам фазы зеленого конуса, позиция весеннего оператора находится за пределами вегетационного периода, т. е. приходится на конец марта–начало апреля. Осенний оператор локализуется в интервале двух фаз – осеннего окрашивания листьев и листопада. Характер взаимодействий весеннего, летнего и осеннего операторов в зонах контакта позволяет предположить, что обширные области вегетационного периода находятся под их совместным влиянием.

Приведенное выше описание динамики состояния флористической системы представляет собой, по существу, структурную модель процесса ее сезонного развития. Наличие этой модели позволяет приступить к решению следующих задач – выяснить природу операторов и установить принцип функционирования всей системы в целом.

Как и все динамические системы, экосистемы возникают в областях критических состояний колебательных режимов – в аттракторах. В южном Приморье критическим является момент перехода почв от режима прогревания к режиму остывания. В течение первой

половины вегетационного периода температура почвы увеличивается. Распределения фенодат в это время имеют положительную асимметрию, которая усиливается по мере приближения к середине лета (табл. 3). Максимального значения температура корнеобитаемого слоя почвы достигает в конце июля–начале августа (Назаркина, 2009). В это же время сообщество растений вступает в фазу заложения почек, а распределение фенодат становится симметричным. Отсутствие скошенности в распределении фенодат фазы заложения почек свидетельствует о том, что к середине лета изучаемая экосистема достигает стационарного состояния. Во второй половине лета почва начинает остывать, а в распределениях фенодат вновь появляется асимметрия. Но с началом выхолаживания экосистемы она становится отрицательной, а величины коэффициентов асимметрии убывают в направлении осени. Судя по динамике статистик рядов распределения фенодат, в сезонном развитии флористической системы роль летнего оператора выполняет аттрактор с отталкивающими свойствами – репеллер. По всей вероятности, за понятием «репеллер» кроется процесс, физический смысл которого состоит в перераспределении вещества под действием термодинамических сил, действующих в температурном поле. Иными словами, эффект летнего оператора вызывает процесс, аналогичный термодиффузии. В специальной литературе последний известен как эффект Сорэ: возникновение потока вещества в неравномерно нагретой смеси из-за наличия в системе градиента температуры. Но в данном случае перенос происходит не в пространстве, а во времени. Вероятно, в экосистеме этот эффект находит свое биологическое выражение в выработке и отборе холодостойких форм видов. Появление и распространение

последних в сообществах порождают тенденцию к сдвигу сроков прохождения фенофаз в направлениях от самого теплого времени года (начало августа) к холодным сезонам года.

Осенью, в конце сентября, процесс переноса затухает (табл. 3). Точная дата этого события определена путем статистического анализа материалов многолетних наблюдений. Приходится она на 23 сентября (Прилуцкий, Фисенко, 2010), т.е. совпадает с днем осеннего равноденствия, или (что одно и то же) осенним максимумом активности ГМП. Это совпадение служит основанием для следующих обобщений:

1. в природных экосистемах максимумы годового хода вариаций ГМП функционируют как аттракторы, притягивающие фенодаты процессов сезонного развития растений, находящиеся в их фазовых пространствах;

2. существование свободной экологической ниши в октябре объясняется притягивающим эффектом осеннего максимума вариаций ГМП, который устанавливает предел продолжительности вегетации древесных растений конец сентября–начало октября.

Пункты 1 и 2 служат основанием рассматривать второй годовой максимум вариаций ГМП, позиция которого совпадает с днем весеннего равноденствия, т.е. с 21 марта, как еще один (третий) аттрактор системы. Теоретически именно с этого дня должен начинаться вегетационный период. В действительности же вегетация начинается 3 апреля, т.е. почти на полмесяца позже.

Существенное расхождение гипотетической и фактической дат вступления растительности п-ва Муравьева-Амурского в вегетацию не опровергает этой гипотезы. Как указывалось выше, в течение марта

территория полуострова, как и весь юг Дальнего Востока, остается под влиянием зимнего муссона, приносящего массы холодного воздуха из Восточной Сибири. В южной части Приморского края заморозки случаются даже в мае. Иными словами, переход температур через пороговый уровень происходит с большим запозданием, поэтому способность довольно многочисленной группы видов вступать в вегетацию в апреле приобретает смысл выхода за пределы экологической ниши и вторжение в зону аномально низких температур. В качестве движущей силы этого явления можно назвать только один фактор – влияние весеннего геомагнитного аттрактора. Последний притягивает близлежащие фенодаты в свое фазовое пространство, сдвигая их на более ранние сроки.

Однако данные рассуждения содержат утверждение, противоречащее результатам статистического анализа. Выше статистики фазы зеленого конуса были истолкованы как указание на возможность сдвигов фенодат апреля на более поздние сроки. Для устранения этого противоречия в концепцию экосистемы вводится представление о валентности видов по отношению к воздействию ГМП. Иными словами, мы допускаем, что реакция различных видов на вариации ГМП неодинакова. Виды, которые слабо реагируют на воздействие ГМП, фактически остаются вне зоны влияния магнитных аттракторов. Возможность их выживания определяют, преимущественно, вариации температурного поля, т.е. низкие температуры. В популяциях этих видов естественный отбор поддерживает фенотипы, поздно вступающие в вегетацию. То есть, микроэволюция ведет к сдвигу дат вступления в вегетацию на более поздние сроки. Действительно, группа «теплолюбивых» видов в составе

чернопихтарников есть. Она включает представителей родов *Fraxinus*, *Celastrus*, *Lespedeza*, *Maackia*, *Phellodendron*, *Tilia*, *Vitis* и др. Всего 17 видов.

Группа холодостойких растений включает 15 видов, для которых характерны ранние сроки раскрытия почек. В нее входят виды из родов *Alnus*, *Corylus*, *Lonicera*, *Populus*, *Salix*, и т. д. Повидимому, это свойство приобретено ими в продолжительной эволюции вследствие давления весеннего аттрактора. Однако дата вступления в вегетацию едва ли может быть критерием степени холодостойкости, т.к. объединяющиеся в сообщества виды имеют разное происхождение и различный эволюционный возраст. Объективную оценку отношения растений к режиму температуры можно получить только эмпирическим путем. Очевидным признаком холодостойкости (а, следовательно, высокой валентности к воздействию магнитного поля), является способность проникать в приполярные области и образовывать там устойчивые популяции. Флора чернопихтарников включает виды из трех родов, представленных в тундровых сообществах: *Salix*, *Betula* и *Larix*. Характерной особенностью всех трех родов является низкий уровень видоспецифичности и слабость барьеров межвидовой совместимости. Не исключено, что состояние этих родов вызвано особенностями экологических условий у северных границ ареалов, т.к. физическая среда экстремальна там не только по режиму температуры, но и по вариациям магнитного поля. В высоких широтах отклонения ГМП во время магнитных бурь могут достигать $5 \cdot 10^{-2}$ Эрстед. Интенсивность магнитных бурь в средних широтах колеблется в пределах $1 \cdot 10^{-2}$ – $1 \cdot 10^{-3}$. Присутствие популяций родов *Salix*, *Betula* и *Larix* в

области повышенных вариаций ГМП служат основанием предположить, что современное состояние этих родов связано с воздействием магнитных вариаций на аппарат наследования признаков. Однако в статистиках рядов распределения проявляются и защитные реакции флористической системы на возможность изменения наследственного аппарата отдельных членов сообщества.

Для распределений фенодат в областях локализации аттракторов характерны низкая вариабельность и повышенное соотношение M/σ (табл. 3). Напротив, в распределениях управляемых областей высокие коэффициенты вариации сочетаются с низкими значениями M/σ . Повидимому, магнитные аттракторы не только притягивают протекающие в сообществах процессы, но и упорядочивают их, сближая моменты фазовых переходов между собой, т.е. информируют флористическую систему. Вероятно, аналогичную работу выполняет и температурный градиент, который отодвигает моменты фазовых переходов к границам вегетационного периода. Но на общей продолжительности активного периода эти сдвиги не отражаются. В соответствии со вторым началом термодинамики увеличение порядка в системе в одной части системы должно обеспечиваться нарастанием хаоса в другой ее части. Частью временной системы, в которой количество информации уменьшается, является период цветения (Прилуцкий, 2009).

По данным многолетних наблюдений, в чернопихтарнике интервал нормы вступления фанерофитов в фазу цветения ($M \pm \sigma$) длится 55 дн., что составляет менее 30% продолжительности вегетационного периода. В течение этого времени в фазу цветения вступает 74% видов сообщества. Сходным соотношением данных параметров (69 дн. и 75% видов)

характеризуется и фаза окончания цветения. Высокая насыщенность сообщества видами, цветущими в период с 6 мая по 14 июля, требует объяснения. По существу требуется найти ответы на два вопроса: во-первых, выявить движущую силу сукцессии и, во-вторых, вскрыть ее механизм.

Ответ на первый вопрос затруднения не вызывает. Высокая концентрация фазовых переходов в узкой области вегетационного периода может возникнуть только в итоге продолжительной адаптивной эволюции. Между тем, движущей силой эволюции любой биологической системы является естественный отбор. Таким образом, поиск ответа на второй вопрос сводится к выявлению факторов отбора. Первый, наиболее очевидный фактор, – наличие резерва времени для прохождения генеративного цикла в течение одного года. По-видимому, этот фактор может влиять на итоги отбора, но едва ли его роль является решающей. В состав чернопихтарника входят 26 видов, цветение которых происходит за пределами интервала нормы. Из них 13 видов вступают в фазу цветения ранее фенологической нормы, и столько же – позже. И, тем не менее, положение уклоняющихся видов в сообществе устойчиво. Очевидно, существуют другие факторы, благоприятствующие цветению растений именно в этом интервале времени.

В теории самоорганизации возможность существования живых организмов прямо связывают с неравновесным состоянием системы. Внутри организмов растений основную работу по поддержанию концентрационных и температурных градиентов производит ток воды через ткани и органы, т.е. транспирация (Прилуцкий, 2005). Поэтому крайне важно, чтобы в периоды активной жизнедеятельности растения вода поступала в его организм

непрерывно. Корни способны активно поглощать воду в диапазоне температуры почвы от 12°C до 30°C, но в силу чисто физических законов на интенсивность поглотительной деятельности корней влияет градиент температуры в системе атмосфера – почва. С.И. Радченко (1966) установил, что поглотительная способность корней наиболее высока в случаях, когда температура почвы на 9°C ниже температуры воздуха.

Исчерпывающего представления об условиях водного питания растений в чернопихтарниках весной и в начале лета в настоящее время нет. Дело в том, что в это время из-за быстрого прогревания деятельной поверхности экосистемы лесного типа распадаются на две части. Растения нижних ярусов, корни которых находятся в зоне проникновения суточной тепловой волны, развиваются в условиях изотермического распределения температуры. Глубже, в зоне проникновения годовой тепловой волны, где сосредоточена основная масса корней деревьев главного яруса, почва еще долго остается холодной. Между тем, в мае воздух продолжает быстро нагреваться. По данным В.И. Таранкова (1967), в мае средняя дневная температура воздуха составляет 14,7°C, в то время как почва в слое 30–70 см прогревается только до 4°C. В течение всего мая и в начале июня древостой развивается в условиях инверсионного распределения температур. К концу мая вертикальный градиент температуры увеличивается, даже в средних значениях, до 13°C. В отдельные дни разница между температурой воздуха и температурой почвы в зоне размещения корней деревьев основного яруса достигает 23°C. Такая разница температуры создает условия для физиологической засухи. В.И. Таранков полагает, что в лесных экосистемах Приморского края нарушение

водного питания растений глубокими температурными инверсиями случается нередко.

В условиях глубоких инверсий под пологом леса формируются отрицательные градиенты упругости водяного пара. В такие моменты парообразная влага переносится по градиенту упругости пара в холодную почву и конденсируется на почвенные частицы либо прямо на корнях (Абрамова и др., 1966). В экспериментах, проведенных в дубняках, явные признаки конденсации воды в корнеобитаемом слое почвы регистрируются только начале июня. В отдельные дни при ясной погоде масса почвенных испарителей возрастает, а из их монолитов в водосборники стекает жидкая вода (Прилуцкий, 1973). Но если в дубняках это явление наблюдается в течение 3–4 дней в году, то в чернопихтарниках продолжительность периода с конденсационным типом влагооборота может быть на порядок больше. Очевидно, именно в такие периоды деревья основного яруса древостоя оказываются в условиях физиологической засухи. Руководствуясь представлением об особенностях жизнедеятельности растений в условиях конденсационных режимов, мы вправе считать конец мая–начало июня периодом, крайне неблагоприятным для поглощения воды из почвы. Но именно на это время приходится время цветения большинства членов сообщества (средняя дата фазы начала цветения 26 мая, средняя дата фазы окончания цветения - 10 июня). Очевидно, в филогенезе чернопихтарников отбор поддерживал виды, время цветения которых совпадало с периодом господства конденсационного типа влагооборота. Но отбор может идти в этом направлении только в случае, если изменения метаболизма, вызываемые

физиологической засухой в фазе цветения, благоприятствуют нормальному течению полового процесса. Поскольку водный дефицит однозначно относят к числу повреждающих факторов, данное предположение может восприниматься как парадоксальное. Но нужно помнить, что по соотношению статистик высокая варибельность фенодат истолкована как признак ослабления влияния геомагнитного поля. А значит отбор видов, цветущих в период господства конденсационного режима, освобождает половой процесс от воздействия вариаций геомагнитного поля.

Итоги статистического анализа служат основанием представить современные чернопихтарники в виде недостаточно сбалансированной флористической системы, в которой адаптивные сдвиги протекают одновременно в противоположных направлениях. Далеко зашедшая эволюция такого сообщества может привести его к распаду на две флоры – «холодостойкую» и «теплолюбивую». Известно, что 10,5–10,2 тыс. лет назад на юге Дальнего Востока началось интенсивное потепление климата (Короткий и др., 1996). Увеличение продолжительности теплого сезона сократило дистанцию между днем весеннего равноденствия и началом вегетации. Очевидно, следствием потепления было усиление влияния весеннего аттарактора на растительность и, как следствие, углубление эволюционных перестроек.

Опираясь на статистики распределений, приведенные в табл. 3, можно попытаться установить среднюю дату цветения сообщества древесных растений чернопихтарника в период партизанского (позднеюрмского) похолодания климата (20–10,2 тыс. лет). Мы допускаем, что за почти 10 тыс. лет сукцессии в холодном и относительно

сухом климате флористическая система достигла стационарного состояния и к началу потепления развивалась в линейном режиме, поэтому к моменту развития голоценовых смен фенодаты фазы цветения в чернопихтарниках распределялись во времени согласно нормальному закону. Судя по статистикам распределения фенодат фаз начала и окончания цветения, приведенным табл. 3, потепление не повлияло на их временную структуру. Но появление асимметрии показывает, что период массового цветения растений начал смещаться в направлении начала года. Как известно, направление изменения типа распределения в сторону нормального обычно совпадает со знаком асимметрии. Поскольку в современном сообществе ряды распределения фенодат начала и окончания цветения имеют положительную асимметрию, то в случае его возврата к прежнему состоянию основная масса фенодат приобретет большую величину, поэтому средняя дата периода цветения сдвинется на более позднее время. По нашим данным, в фазу начала цветения сообщество вступает 6 апреля (37-й день от начала условного года), продолжительность фазы 126 дней. Фаза окончания цветения начинается 16 апреля (47-й день от начала условного года), продолжительность фазы - 169 дней. Разделив продолжительность фаз на два, и прибавив полученные значения к датам начала соответствующих фаз, мы устанавливаем моды распределений. Мода распределения фазы начала цветения пришлась на 8 июня (100-ый день), фазы окончания цветения - на 9 июля (132-ой день). Чтобы установить среднюю дату цветения фанерофитов в позднем плейстоцене (дату массового

цветения), вычисленные значения мод складываем и делим на два. Вычисленная дата - 24 июня (116-ый день) удовлетворительно совпадает с периодом летнего солнцестояния. Совпадение дат цветения фанерофитов и солнцестояния в период последнего похолодания едва ли случайно. Как указывалось выше, на это время приходится один из двух годовых минимумов вариаций ГМП. Возможно, 10-15 тыс. лет назад, в период плейстоценового похолодания, этот минимум магнитной активности играл роль весеннего аттрактора изучаемой экосистемы. Иными словами, в древнем сообществе, как и в настоящее время, сукцессия шла в направлении уменьшения воздействия вариаций геомагнитного поля на фазу цветения.

Заключение

В течение продолжительного времени как сезонное развитие растений, так и эволюцию их наследуемых ритмов объясняли исключительно динамикой температуры внешней среды. Выявление статистически значимой зависимости частот фазовых переходов от колебаний активности геомагнитного поля вскрыло неполноту этих взглядов. Оказалось, что современные теории приписывают температурным полям эффекты, порождаемые в экосистемах воздействиями двух разных периодических явлений, возбуждаемых деятельностью Солнца. А именно - сезонных колебаний температуры и годовых вариаций геомагнитного поля, самостоятельную роль которых маскируют синергетические связи.

Геомагнитная активность остается одним из малоизученных факторов среды, воздействующих на растительные системы. Предлагаемые гипотезы не

решают всех затронутых проблем и даже не опираются на абсолютно убедительные доказательства их справедливости. Однако уже ясно, что механизмы воздействия геомагнитного поля и температуры на сообщества растений, и их эффекты, неодинаковы. Поэтому в будущей модели информационной системы – фитоценоза – каждому из этих факторов должна быть отведена роль самостоятельного параметра порядка.

Л и т е р а т у р а

Абрамова М.М., Судницын И.И., Цельникер Ю.Л. Влагопотребление и водный режим вяза мелколистного на мелиорированном солончаковом солончаке в условиях полупустыни // Почвоведение. 1966. – № 6. – С. 23–36.

Алферов О.А., Мельников Н.М. Влияние ослабленных магнитных полей на мутагенез // Применение магнитных полей в медицине, биологии, сельском хозяйстве: Межвузовский тематический сборник. Саратов: Изд-во Саратовского ун-та, 1978. – С. 204.

Богатина Н.И., Шейкина Н.В. Влияние магнитных полей на растения // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Сер. «Биология, химия». – Т. 23 (62). – 2010. – № 4. – С. 45–55.

Бреус Т.К., Халберг Ф., Корнилиссен Ж. Влияние солнечной активности на физиологические ритмы биологических систем // Биофизика. 1995. – Т. 40. – С. 37–50.

Дубов А.П. Геомагнитное поле и жизнь. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 176 с.

Зайцев Г.Н. Оптимум и норма в интродукции растений. – М.: Наука, 1983. – 267 с.

Комаров Ф.И., Бреус Т.К., Рапопорт С.И., Мусин М.М., Наборов И.В. Гелиофизические факторы и их воздействие на циклические процессы в биосфере // Итоги науки и техники. Сер.: Медицинская география. –

М.: ВИНТИ, 1989. – Т. 18. – 175 с.

Короткий А.М., Гребенникова Т.А., Пушкарь В.С. Климатические смены на территории юга Дальнего Востока в позднем кайназое (миоцен–плейстоцен). – Владивосток: ДВО РАН, 1996. – 55 с.

Моисеева Н.И., Сысуев В.М. Временная среда и биологические ритмы. – Л.: Наука, 1981. – 126 с.

Назаркина А.В. Экологические условия лесообразования в долинах рек Сихотэ-Алиня // Леса российского Дальнего Востока: 150 лет изучения: Матер. Всероссийской конф. посл. 100-летию со дня рожд. Колесникова Бориса Павловича. – Владивосток: Дальнаука, 2009. – С. 76–79.

Прилуцкий А.Н. Структура водного баланса в дубняках южного Приморья // Гидроклиматические исследования в лесах советского Дальнего Востока. – Владивосток: 1973. – С. 125–129.

Прилуцкий А.Н. Биоценоз как система, распределенная во времени // Вестник СВНЦ РАН. 2009. – №3. – С. 64–77.

Прилуцкий А.Н., Фисенко М.И. Информационный подход к изучению фитоценозов // Бюлл. БСИ ДВО РАН [Электронный ресурс]: науч. журн./ Ботанический сад-институт ДВО РАН. – Владивосток, 2010. – Вып. 6. – С. 3–13. <http://botsad.ru/jornal/namber6/3-13/pdf>

Радченко С.И. Температурный градиент среды и растения. – М.–Л.: Наука, 1966. – 389 с.

Ризниченко Г.Ю. Лекции по математическим моделям в биологии. – М.; Ижевск: Изд-во РХД, 2011. – 560 с.

Рикитаки Т. Электромагнетизм и внутреннее строение Земли. – Л.: Недра, 1968. – 331 с.

Таранков В.И. Микроклимат в хвойно-широколиственных лесах южного Приморья // Комплексные стационарные исследования лесов Приморья. – Л.: Наука, 1967. – С. 17–46.

**SEASONAL DEVELOPMENT OF THE
ABIES HOLOPHYLLA MAXIM FOREST
IN TEMPERATURES AND GEOMAGNETIC
FIELDS**

¹Priluckiy A.N., ²Fisenco M.I., ²Efremkin M.S.

¹*Botanical Garden-Institute FEB RAS,
Vladivostok, Russian Federation*

²*Ussuriisk Astrophysical Observatory FEB
RAS, Gornotaezhnoe Village, PrimorskiiKrai,
Russian Federation*

Key words: attractor, geomagnetic field, plant community, seasonal development, temperature field.

Conjoint analysis of Spectra is frequency fluctuations in the geomagnetic field and the rhythms of seasonal development of woody plants in the Abiesholophylla Maxim forest. Revealed statistically significant frequency dependence of phase transition in a community from the State of the geomagnetic field. It has been shown that in ecosystems influence of variations of the geomagnetic field on vegetation mask the synergistic effects of temperature fields.

Tabl. 3. Il. 2. Bibl. 17.