

Таблица 2

Собственные векторы ( $\times 1000$ ) матрицы смешанных моментов транспонированной матрицы заготовок шкурок водяной полевки в четырех областях Западной Сибири с 1948 по 1982 г.

Год	Собственные векторы					
	I	II	III	IV	V	VI
1948	204	-282	-58	98	-81	126
1949	249	-355	30	90	-27	-130
1950	291	-353	39	283	53	-26
1951	258	-258	-83	139	106	-191
1952	192	-27	-172	11	235	-221
1953	189	63	-175	-103	-23	-77
1954	206	53	-195	-229	-229	45
1955	126	90	-183	-178	-134	34
1956	181	66	-71	-119	-187	136
1957	168	64	88	-171	-41	257
1958	143	130	139	-168	141	319
1959	170	134	85	-121	385	349
1960	115	276	140	-93	-158	-69
1961	167	173	112	-96	-224	-86
1962	37	162	173	-37	-201	-392
1963	-83	138	-74	-211	228	-283
1964	-65	147	-56	-215	312	-258
1965	-65	145	-175	247	64	-22
1966	-90	71	-183	173	6	68
1967	-55	267	-78	351	143	125
1968	-66	262	-169	358	-57	98
1969	-145	128	-204	212	-160	-74
1970	-181	-2	-97	143	-99	-48
1971	-70	104	274	111	-67	-173
1972	-9	22	450	259	40	16
1973	-60	-41	363	41	156	110
1974	-149	-45	245	-66	262	-129
1975	-209	-126	-77	-51	163	-47
1976	-250	-227	-133	-121	121	41
1977	-206	-171	-138	-129	89	220
1978	-203	-150	-144	-156	-24	-13
1979	-224	-173	56	-101	-167	-113
1980	-178	-126	238	-127	-285	-4
1981	-175	-75	57	58	-221	248
1982	-212	-125	-25	-40	-118	167

Дисперсия, %

$\lambda_j$  | 56,3 | 8,0 | 6,5 | 4,2 | 3,1 | 2,7

с 1.5 и 1.6. Так как число лет — 35 — оказалось меньше, чем число районов, — 85, то методом главных компонент обрабатывалась транспонированная матрица, т. е. объектами являлись районы, а признаками — го-

ды. Поэтому повыми временными рядами, отвечающими причинам, вызывающим общность динамик заготовок, оказались собственные векторы (табл. 2) (1.5), а вклады районов отражены в компонентах.

Компоненты от I до VI приведены на рис. 8—10, 12 и 13, б. Разница в знаках вкладов означает, что действие отвечающей данной компоненте причины в этих районах противоположно по направлению. Для каждой компоненты выделены группировки районов с одинаковыми по знаку вкладами. Здесь также не удалось методом статистического моделирования установить для вкладов уровень, начиная с которого следует считать их значимыми. Поэтому приведены все, хотя очевидно, что вклады, близкие к нулю, не несут полезной информации. Что касается I компоненты, то

все районы дали в нее положительный вклад и, следовательно, отвечающая ей группировка совпадает со всей рассматриваемой территорией (см. рис. 8).

На первые шесть собственных векторов пришлось 80,8% общей дисперсии. Каждый собственный вектор обрабаты-



вается как обычный временной ряд (1.2 и 1.6). Результаты обработки и прогноза приведены в табл. 3—8, а траектории этих рядов в пространствах I' и II' их главных компонент (для I—II' и III') изображены на рис. 9, 11, 13. Как видно из рисунков, это разложение напоминает разложение в ряд Фурье.

Из табл. 3 следует, что I собственный вектор матрицы районирования на 79,8% (I' компонента) является трендом, проявляющимся в постоянном падении заготовок, очевидно, по социально-экономическим причинам. В следующих II' и III' сопряженных компонентах I собственного вектора (см. рис. 9, а) обнаружилась нерегулярная составляющая, также по направлению действия общая для всей Западной Сибири [49, 64] и, по-видимому, относящаяся уже к динамике численности,



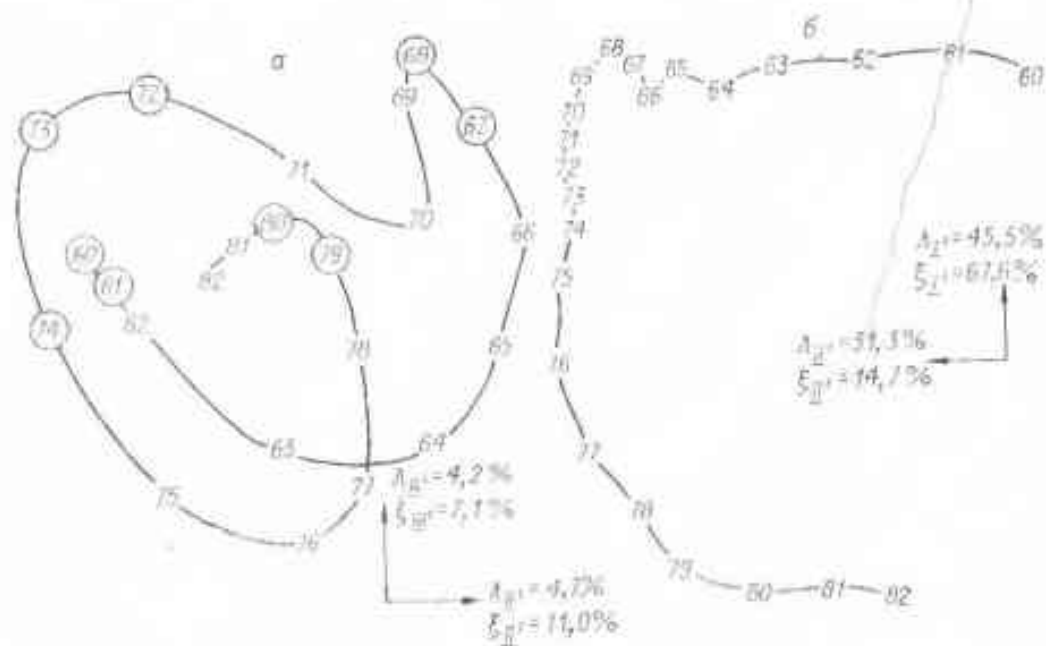


Рис. 9. Траектория I (а) и II (б) собственных векторов матрицы вторых моментов в пространстве II' и III' (а) и I' и II' (б) его главных компонент.

а —  $r_{II', III'}(3) = 0,91$ ; б —  $r_{II', I'}(6) = 0,92$ .  $K = 12$ . Годы высокой численности обведены.

так как на ее траектории заметно влияние всех известных всплесков размножения водяной полевки [7]. На ее глобальный характер указывает то, что она проявляется вне зависимости от какого-либо географического градиента или популяционной структуры вида.

Поведение последующих собственных векторов рассматривается только в фазовых пространствах I' и II' их главных компонент, в которых сосредоточена большая часть дисперсии (см. табл. 3—8). Достаточно нециклическим является поведение II собственного вектора (см. рис. 9, б), хотя он хорошо прогнозируется в силу гладкости и медленного изменения траектории (см. табл. 4). Группировки районов с одинаковыми по знаку вкладами в отвечающую ему II компоненту по неизвестным причинам ориентированы в меридиональном направлении.

Остальные собственные векторы при разложении демонстрируют четкие циклические, иногда затухающие (см. рис. 11, 13, б) колебания. Для III собственного вектора квазипериод колебаний равен 13 годам, а группировки районов одного знака вытянуты в широтном направлении, и одна из них примерно совпадает с лесостепной, а другая — с таежной и степной зонами

Таблица 3

Прогноз I собственного вектора матрицы смешанных моментов транспонированной матрицы заготовок ( $K=12$ ). Приведены первые семь его собственных векторов ( $\times 1000$ )

Шаг	Собственные векторы						
	I'	II'	III'	IV'	V'	VI'	VII'
0	261	-422	361	-291	140	-512	191
1	268	-558	132	-45	-185	23	-304
2	273	-415	-250	246	-221	303	-187
3	276	-165	-483	237	56	-42	370
4	279	44	-473	-63	298	-154	194
5	278	210	-299	-414	168	52	-275
6	279	240	-80	-447	-251	-24	-327
7	280	233	81	-145	-515	-119	267
8	279	248	131	291	-404	-104	283
9	279	236	126	484	35	-134	-427
10	283	166	183	265	378	-214	-223
11	288	88	280	-33	353	188	254
12	282	30	292	-100	132	702	174
	<i>Дисперсия, %</i>						
$\lambda_i$	79,8	4,7	4,2	3,3	2,9	1,5	1,0
	<i>Прогностичность, %</i>						
$\zeta_i$	70,6	11,0	7,1	3,7	0,7	5,1	0,4
	<i>Прогнозируемость, %</i>						
$\eta_i$	99,8	92,2	98,1	81,6	93,3	0	88,4
	<i>Итоговая прогнозируемость, %</i>						
$\eta$	91,8						
	<i>Прогноз</i>						
	-203						

[65, 66]. Интересно, что при районировании Новосибирской области по урожайности сельскохозяйственных культур I компонента также отражает некоторую общую для всей области причину колебаний урожайности, и есть также компоненты, соответствующие группировкам районов, вытянутых с запада на восток и с юга на север [50]. Наибольшая синхронность колебаний у водяной полевки наблюдается между самыми северными (№ 56, 59, 84, 85) и самыми южными (№ 17, 22, 28, 31, 53) районами Западной Сибири.

Период основной циклической составляющей IV собственного вектора (см. рис. 11,б) совпадает с 22-летним периодом магнитного цикла Хэйла на Солнце. Так как число сопряженных компонент интерпретируется нами как число причин, организующих динамику численности животных (1.3), то не исключено влияние солнечной активности [40, 41]. Отметим, что в данном случае речь может идти только о прямом влиянии, так как предполагаемое иногда передаточное звено — осадки и растительность — характеризуется набором других ритмов (2.3).

При анализе траектории V собственного вектора в пространстве его I' и II' компонент (см. рис. 13,а) обращают на себя внимание очень низкие вклады этих компонент в дисперсию исходного ряда. Это означает,

что как бы точно ни спрогнозировали эти компоненты на год вперед, этот прогноз никак не повлияет на прогноз V собственного вектора, несмотря на то, что их доля в общей дисперсии максимальна и составляет 42,8%. Однако если бы гипотетически нам удалось осуществить прогноз I' и II' компоненты на 6 — 7 лет



вперед, то их вклад в прогноз исходного ряда составил бы около 7%. Следовательно, поведение этих компонент с опозданием на 7 лет отражается в поведении исходного ряда. Возможно, это служит указанием на существование внешнего по отношению к динамике численности водяной полевки фактора, имеющего 6—7-летнюю цикличность, тем более, что колебания с таким квази-переходом присутствуют в динамике урожайности пшеницы (2.3).

Причина, обусловившая большую часть дисперсии VI собственного вектора (см. рис. 13,б), начиная с 1976 г. перестает играть заметную роль в динамике численности.

Таким образом, на территории Западной Сибири действует, по крайней мере, одна общая причина,



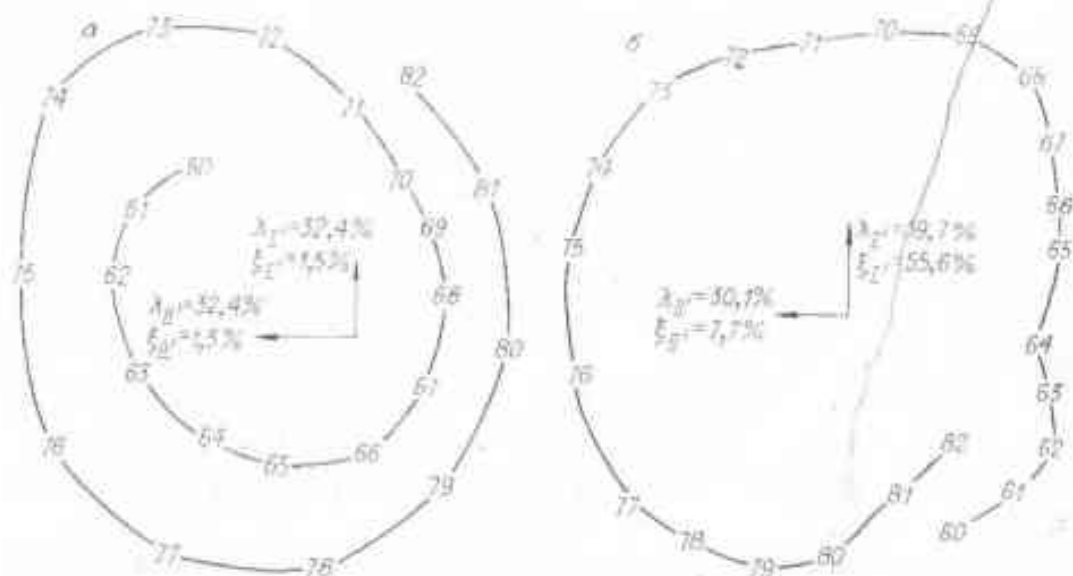


Рис. 11. Траектория III (а) и IV (б) собственных векторов матрицы вторых моментов в пространстве I' и II' его главных компонент.

$$a - r_{I', I'}(3) = 0,97, \quad б - r_{I', II'}(3) = -0,97, \quad K = 12,$$

вызывающая колебания численности водяной полевки (см. рис. 9, а) и три частные (см. рис. 11, 13).

Частные причины, как уже отмечалось, действуют разнонаправленно и независимо: на одних участках ареала они могут способствовать подъему численности, на других — приводить к падению. В одних местообитаниях, например, большое количество осадков может сократить площадь, пригодную для жизни водяной полевки, а в других, менее увлажненных, ее увеличить [26, 28]. В конечном итоге это явление объясняется физико-географической неоднородностью территории. С этих же позиций можно рассмотреть и влияние геомагнитной напряженности, которое, несмотря на глобальный характер, на поверхности Земли отличается территориальным своеобразием.

Считается, что различие в типах динамики численности животных можно использовать для установления популяционных границ. Результаты обработки показывают, что для решения такой задачи, по-видимому, следует обращаться к отдельным динамическим рядам, отражающим изменение численности животных на небольших территориях.

Для прогноза отдельно по каждому району используются вынесенные на карты (см. рис. 8—13) коэффициенты, характеризующие степень участия района в



Таблица 4

Прогноз II собственного вектора матрицы смешанных моментов транспонированной матрицы заготовок (K=12). Приведены первые семь его собственных векторов ( $\times 1000$ )

Шаг	Собственные векторы						
	I'	II'	III'	IV'	V'	VI'	VII'
0	338	-190	-64	168	96	310	-445
1	359	-129	-156	-111	293	80	-408
2	372	-50	-254	-117	-83	-94	-215
3	371	40	-255	51	-169	241	289
4	357	110	-153	174	309	86	525
5	333	161	27	235	202	-603	118
6	301	216	280	229	-470	-342	-136
7	253	256	557	59	-261	470	4
8	157	340	337	-615	414	33	75
9	17	414	-332	-460	-275	-166	-188
10	-96	428	-408	68	-203	233	30
11	-147	417	-167	318	240	188	-40
12	-182	386	107	327	313	-64	-393
	<i>Дисперсия, %</i>						
$\lambda_j$	45,5	31,3	4,9	4,3	3,1	2,9	2,0
	<i>Прогностичность, %</i>						
$\zeta_j$	67,6	14,7	0,3	1,6	0,4	3,6	5,2
	<i>Прогнозируемость, %</i>						
$\eta_j$	99,1	97,3	58,1	68,4	89,7	56,8	14,2
	<i>Итоговая прогнозируемость, %</i>						
$\eta$	90,3						
	<i>Прогноз</i>						
	-083						

данном типе составляющей динамики заготовок или численности. Например, исходные данные для прогноза по 37-му району (табл. 9) выглядят следующим образом: строки 1981 и 1982 гг. взяты из табл. 2, прогноз — из табл. 3—8, а вклады 37-го района в компоненты — по данным рис. 8—13.

Далее вычислим составляющую динамики заготовок в этом районе, обусловленную первыми шестью компонентами:

$$1981: -0,175 \times 0,14 - 0,075 \times 0,13 + 0,057 \times 0,17 + \\ + 0,058 \times 0,17 - 0,221 \times 0,16 + 0,248 \times (-0,21) = \\ = -0,096,$$



В данном случае полезным фактом в этом направлении служит надежное установление разнонаправленности действия одной и той же причины на динамику численности различных популяций, что не было очевидно и не принималось во внимание при разработке теории регуляции численности животных.

Представления о причинах, регулирующих численность животных, которые будут изложены, как нам кажется, объясняют географическую изменчивость составляющих динамики численности, обнаруженную у водяной полевки, зайца-беляка, белки и горностая. Предполагается, что они включают в себя обратную связь между плотностью популяции и характеристиками ее воспроизводства и чувствительностью этой связи к факторам внешней среды [4, 36, 37, 39, 67—73].



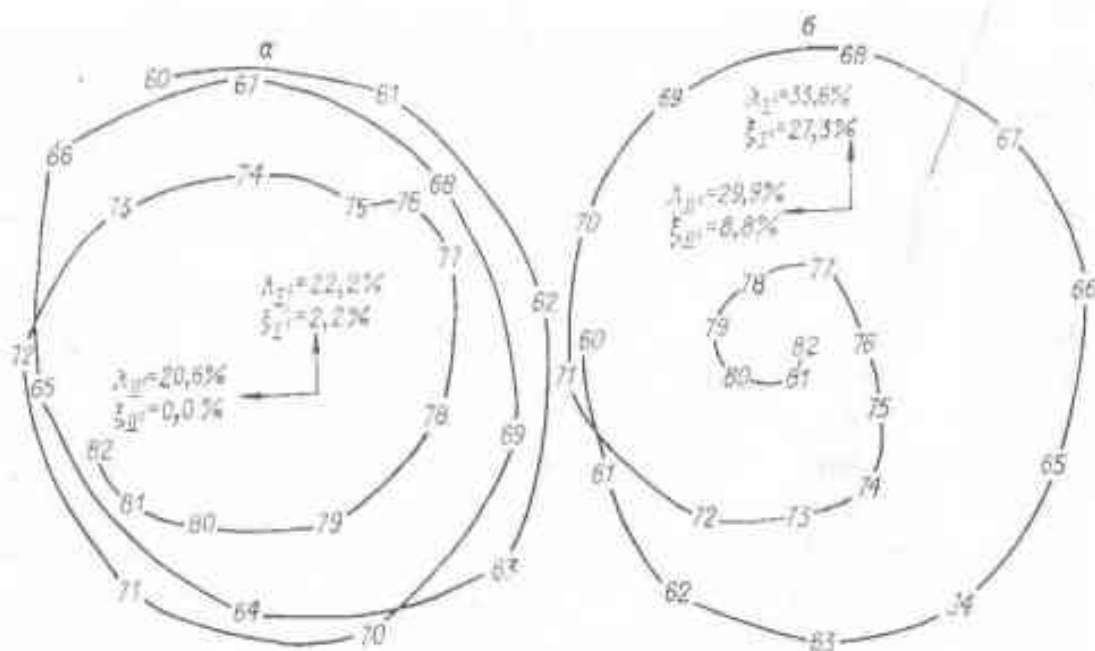


Рис. 13. Траектория V (а) и VI (б) собственных векторов матрицы вторых моментов в пространстве I' и II' его главных компонент.

$$a - r_{II', I'}(2) = -0,97; \quad b - r_{I', II'}(3) = -0,94. \quad K = 12.$$

Подъем численности обеспечивают животные с высокой скоростью роста и полового созревания, а также, по-видимому, в силу этого устойчивые к патогенным организмам. По мере роста численности селективное преимущество переходит к особям, устойчивым к высокой плотности населения, но с меньшим репродуктивным потенциалом. На пик численности популяция выходит по инерции, а далее преобладание в популяции доли животных со сниженным репродуктивным потенциалом приводит к падению численности. Факты, подтверждающие эту гипотезу, известны по наблюдениям за природной популяцией водяной полевки [70—72, 74—78] и по результатам лабораторных исследований [68, 69, 73].

Такое представление о механизме, регулирующем численность животных, позволяет вывести и проверить некоторые свойства флуктуирующих популяций. Так, если генетическая структура популяции обладает инерцией и запаздывает с перестройкой в ответ на изменение плотности, то в постоянной среде в ней возникнут затухающие колебания вокруг положения равновесия. Если среда периодически колеблется, то такая популяция перейдет в режим вынужденных колебаний с частотой

Таблица 5

Прогноз III собственного вектора матрицы смешанных моментов транспонированной матрицы заготовок ( $K=12$ ). Приведены первые семь его собственных векторов ( $\times 1000$ )

Шаг	Собственные векторы						
	I'	II'	III'	IV'	V'	VI'	VII'
0	306	59	-506	201	412	333	220
1	279	221	-179	479	270	-258	-104
2	140	354	224	406	-143	-406	268
3	-106	400	354	171	-169	81	213
4	-321	283	221	-82	219	202	54
5	-408	60	-63	-168	370	-129	576
6	-368	-178	-278	19	118	-441	407
7	-217	-355	-207	280	-272	-217	84
8	-17	-422	126	342	-234	125	253
9	145	-384	345	190	157	249	210
10	281	-267	378	-115	376	-143	219
11	364	-90	125	-382	75	-498	-53
12	337	125	-270	-331	-457	75	559
	<i>Дисперсия, %</i>						
$\lambda_i$	36,6	32,4	9,9	9,0	3,6	2,9	1,4
	<i>Прогностичность, %</i>						
$\xi_i$	44,5	1,5	32,8	4,8	7,8	4,1	0,9
	<i>Прогнозируемость, %</i>						
$\eta_i$	97,6	99,3	78,8	90,2	72,4	77,0	32,6
	<i>Итоговая прогнозируемость, %</i>						
$\eta$	85,9						
	<i>Прогноз</i>						
	-279						

той среды [79]. И наконец, если среда является случайной, то популяция будет демонстрировать незатухающие циклические колебания с собственной частотой, обусловленной соотношением ее внутренних параметров. Очевидно, что чем больше локусов, контролирующих воспроизводство популяции через скорость полового созревания, восприимчивость к инфекциям и т. д., являются полиморфными в данной популяции, тем дольше она запаздывает с перестройкой и тем больше ее генетическая инерция. Следовательно, мы должны

Таблица 6

Прогноз IV собственного вектора матрицы смешанных моментов транспонированной матрицы заготовок ( $K=12$ ). Приведены первые семь его собственных векторов ( $\times 1000$ )

Шаг	Собственные векторы						
	I'	II'	III'	IV'	V'	VI'	VII'
0	328	-140	372	-87	356	-449	403
1	356	-26	375	164	417	90	-471
2	354	111	160	324	77	518	190
3	316	229	-14	367	-254	115	292
4	241	329	-227	306	-238	-237	-264
5	151	394	-354	69	124	-256	27
6	66	425	-230	-230	354	-107	153
7	-34	428	80	-379	244	132	-11
8	-146	396	324	-242	-124	296	-254
9	-257	305	423	65	-238	-23	347
10	-330	175	341	329	-27	-391	18
11	-362	76	-3	434	344	-84	-301
12	-357	-37	-242	269	425	333	353
	<i>Дисперсия, %</i>						
$\lambda_j$	39,7	30,1	5,9	5,6	4,2	3,6	2,6
	<i>Прогностичность, %</i>						
$\xi_j$	55,6	7,7	10,6	0,6	6,9	9,5	5,8
	<i>Прогнозируемость, %</i>						
$\eta_j$	96,6	99,5	62,8	97,2	76,5	54,1	68,9
	<i>Итоговая прогнозируемость, %</i>						
$\eta$	84,5						
	<i>Прогноз</i>						
	-051						

ожидать, что по краям ареала, где гетерогенность ниже [80, 81], колебания численности будут менее выражены, и наиболее длительные и сильные колебания будут наблюдаться в центре ареала.

Примерно такие свойства в поведении квазициклических составляющих динамик численности и обнаружены у ряда перечисленных выше видов. Однако в лабораторном эксперименте с дафниями показано, что амплитуда колебаний численности, наоборот, уменьшается с увеличением степени наследственной гетероген-

Таблица 7

Прогноз V собственного вектора матрицы смешанных моментов транспонированной матрицы заготовок ( $K=12$ ). Приведены первые семь его собственных векторов ( $\times 1000$ )

Шаг	Собственные векторы						
	I'	II'	III'	IV'	V'	VI'	VII'
0	87	5	-467	-349	346	218	498
1	266	39	-535	-94	4	-323	57
2	352	-99	-225	385	-261	-357	30
3	188	-313	220	505	72	-52	284
4	-176	-363	328	-12	385	-121	324
5	-424	-129	84	-333	-36	-394	-21
6	-419	199	-77	-10	-447	-114	94
7	-168	456	5	302	-97	322	178
8	208	426	177	36	368	136	-213
9	404	70	279	-345	29	-123	-293
10	246	-321	100	-293	-412	286	-76
11	-89	-414	-218	58	-93	557	-193
12	-271	-182	-329	232	365	-77	-587
	<i>Дисперсия, %</i>						
$\lambda_j$	22,2	20,6	15,0	11,6	9,2	6,7	3,9
	<i>Прогностичность, %</i>						
$\xi_j$	2,2	0,0	42,5	15,1	14,4	4,1	12,6
	<i>Прогнозируемость, %</i>						
$\eta_j$	62,9	97,5	88,7	58,3	36,7	46,2	37,7
	<i>Итоговая прогнозируемость, %</i>						
$\eta$	69,9						
	<i>Прогноз</i>						
	036						

ности популяций [82]. Мы полагаем, что в данном случае наблюдались колебания, близкие к собственной частоте, так как в колебаниях абиотической среды скорее всего не содержалось необходимой для включения в режим вынужденных колебаний периодически повторяющейся причины. То есть эта модель воспроизводит колебания, характерные для периферии ареала вида, если соотносить эти результаты с нашими.

Таблица 8

Прогноз VI собственного вектора матрицы смешанных моментов транспонированной матрицы заготовок ( $K=12$ ). Приведены первые семь его собственных векторов ( $\times 1000$ )

Шаг	Собственные векторы						
	I'	II'	III'	IV'	V'	VI'	VII'
0	250	-150	486	-436	423	-13	51
1	284	109	530	37	-416	446	-98
2	175	325	255	486	-108	-147	526
3	-26	414	-33	436	137	-2	-470
4	-234	339	-93	54	519	278	154
5	-373	142	-63	-204	-12	584	17
6	-407	-97	-50	-54	-360	163	339
7	-286	-323	21	152	-203	-201	81
8	-66	-437	6	298	91	5	-338
9	177	-397	-54	272	231	332	213
10	351	-198	-279	202	-77	431	-97
11	374	14	-447	-55	88	-15	378
12	293	228	-348	-326	-319	-40	-182
	<i>Дисперсия, %</i>						
$\lambda_i$	33,6	29,9	9,6	6,7	4,8	4,1	3,1
	<i>Прогностичность, %</i>						
$\xi_i$	27,3	8,8	29,4	17,0	11,2	0	0,1
	<i>Прогнозируемость, %</i>						
$\eta_i$	92,8	84,6	72,0	42,0	63,3	84,3	77,4
	<i>Итоговая прогнозируемость, %</i>						
$\eta$	64,5						
	<i>Прогноз</i>						
	-067						

Таблица 9

Исходные данные для прогноза динамики заготовок по 37-му району (в относительных единицах)

Наименование данных	Собственные векторы					
	I'	II'	III'	IV'	V'	VI'
1981 г.	-0,175	-0,075	0,057	0,058	-0,221	0,248
1982 г.	-0,212	-0,125	-0,025	-0,040	-0,118	0,167
Прогноз	-0,203	-0,083	-0,279	-0,051	0,036	-0,067
Вклады 37-го района в компоненты	0,14	0,13	0,17	0,17	0,16	-0,21



### 2.3. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ГЛАВНЫХ КОМПОНЕНТ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ КВАЗИЦИКЛИЧЕСКИХ СОСТАВЛЯЮЩИХ В ДИНАМИКЕ УРОЖАЙНОСТИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

В метеорологических временных рядах и данных по урожайности сельскохозяйственных культур на сегодняшний день обнаружено более сотни квазициклических составляющих. Чуть ли не каждой точке наблюдений отвечает свой набор циклов. Систематизировать эти составляющие и выявить какие-либо инварианты пока не удалось [14, 13]. Ряд авторов считает, что квазициклические явления отсутствуют как в метеорологических рядах [52, 83, 84], так и в рядах по урожайности, например в регулярности наступления засух [85], а «большая часть, если не вся, изменчивости климата имеет своим источником стохастические изменения самой климатической системы» [87, с. 92—93].

Сторонники квазициклических составляющих приводят многочисленные примеры квазипериодичности в температурных рядах [11, 14, 88, 89], региональных индексах засух [15], колебаниях увлажненности на большей части европейской территории СССР [90] и урожайности сельскохозяйственных культур [91—93]. Особенно отстаивается ими двухлетняя (или квазидвухлетняя) цикличность, обнаруженная на очень многих гидрометеорологических рядах [94—98]. Однако по поводу статистических оценок и методов, которыми выявляются квазициклические составляющие, высказываются сомнения [99]. Критический разбор методов изучения временных рядов с использованием спектрального анализа и разложения в ряд Фурье, а также интерпретаций получаемых этими методами результатов приводится в работах [8, 9, 12, 100].

Подавляющим большинством экологов квазициклическость колебаний численности животных не подвергается сомнению [3—5, 7, 24—29, 43—44, 55—63, 79]. Поэтому, как следует из обзора, постановка проблемы прогноза в метеорологии и экологии заметно отличается. И это несмотря на то, что поиск квазициклических составляющих в метеорологических временных рядах и данных по урожайности проводился с привлечением более мощных статистических методов и вычислительных средств.

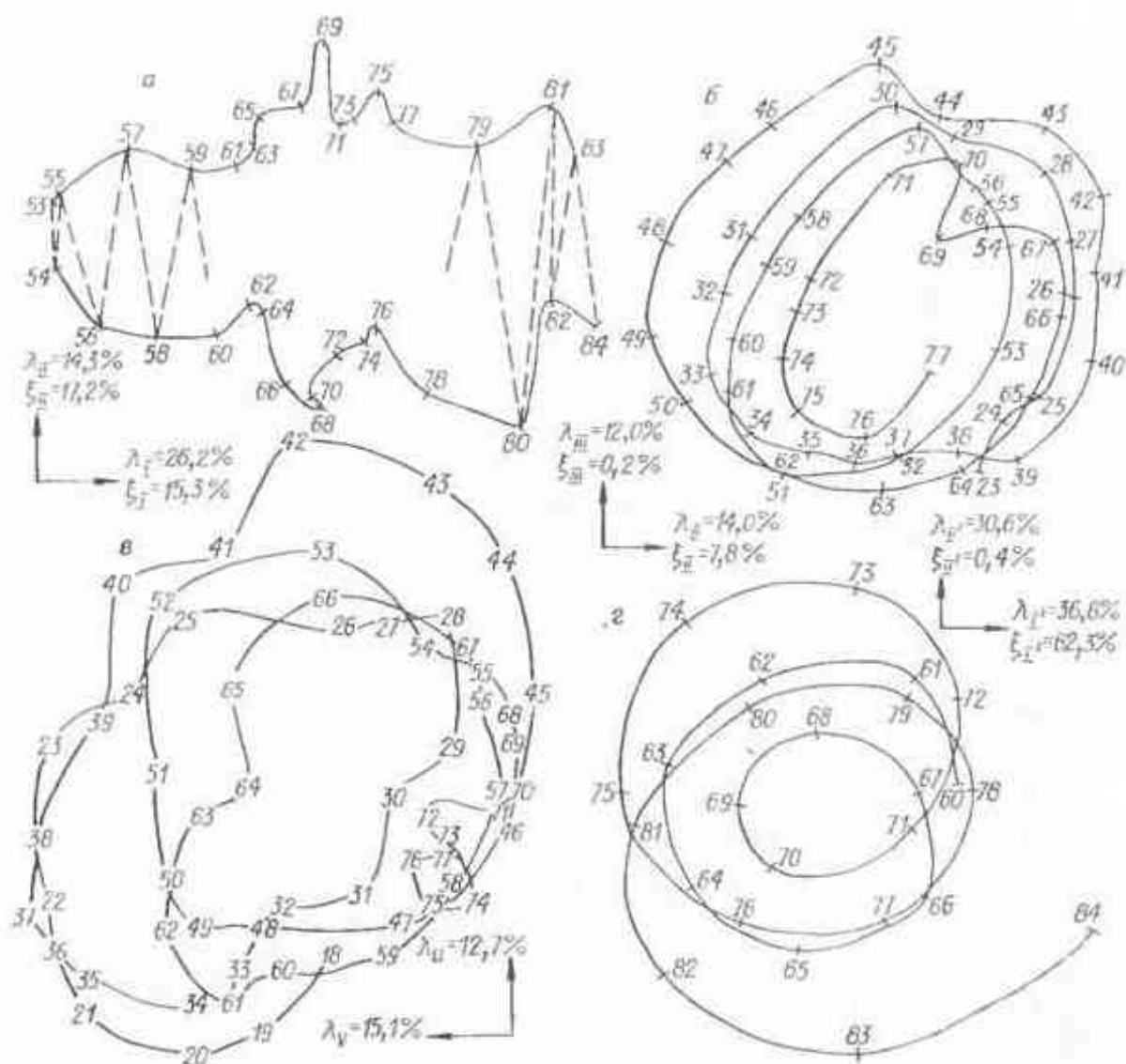


Рис. 14. Траектория динамики урожайности.

а — пшеницы в Новосибирской области в фазовом пространстве I и II главных компонент (I компонента — тренд, II — 2-летние колебания),  $K = 15$ ,  $r_{I,I}(1) = 0,99$ ,  $r_{II,II}(1) = -0,96$ ; б — зерновых в Канаде в пространстве II и III главных компонент,  $K = 15$ ,  $r_{II,III}(3) = -0,93$ ; в — зерновых в Канаде в фазовом пространстве синусоидальных фильтров,  $K = 10$ ,  $T = 11$ ; г — пшеницы в Новосибирской области в фазовом пространстве — VI главной компоненты и ее первых двух компонент,  $K = 15$ ,  $\lambda_{VI} = 7,1\%$ ,  $\xi = 25,5\%$ ,  $K = 7$ ,  $r_{I,II'}(2) = 0,94$ .

Для данной работы методом главных компонент проанализирована динамика урожайности пшеницы в Новосибирской и Омской областях и динамика урожайности зерновых в Канаде с 1908 по 1977 г. [101]. Ряды предварительно центрировались и нормировались.

Первая компонента из-за положительности всех коэффициентов в I собственном векторе в обоих случаях оказалась трендом, на который пришлось 29,7% общей дисперсии в Канаде и 26,2% — в Новосибирской области (51,7 и 15,3% вклада в исходный ряд). Заме-

тим, кстати, что при разложении в ряд Фурье и обработке спектральным анализом приходится прибегать к специальным дополнительным процедурам подбора и исключения тренда в виде скользящей средней или многочлена нужной степени. В методе главных компонент тренд выявляется в ходе основной обработки, что, безусловно, более удобно.

Вторая компонента в Новосибирской области демонстрирует четкую двухлетнюю цикличность (рис. 14) [38]. Ее реальность не вызывает сомнений. Если посчитать среднюю урожайность по области за четные и нечетные годы отдельно, то разница между ними за рассматриваемый период составит 2,5 ц/га ( $t = 2,77$ ;  $P < 0,01$ ). Очевидно, что это та же двухлетняя цикличность, которая ранее обнаружена многими другими авторами, начиная с А. И. Воейкова в 1891 г. [91—95]. Что касается квазидвухлетней цикличности с периодом 26—28 мес [10, 14, 96—98], то, хотя некоторые авторы используют эти термины как синонимы [102], за прошедшие 32 года у нее не раз должна была произойти смена знака, чего в действительности не наблюдается (см. рис. 14). Следовательно, либо это разные цикличности, и в этом ряду квазидвухлетняя так явно не проявляется, либо ее период более близок к двум годам, чем это обычно считается.

Вторую и третью компоненты в Канаде образовала 12—16-летняя квазицикличность (см. рис. 14, б). Ее реальность также не вызывает сомнений. Циклы достаточно правильны и за время наблюдений повторились 4 раза. Компоненты сопряжены, следовательно, отвечают одной и той же порождающей колебания причине.

Эта же цикличность (см. рис. 14, в) выявляется с помощью спектрального анализа ( $K = 10$ ), что лишний раз демонстрирует общность обоих методов обработки.

Как известно, циркуляция атмосферы в какой-то мере является единым процессом для всего Северного полушария, поэтому было бы логичным ожидать соответствия между наборами циклов в рассматриваемых рядах. Однако ни двухлетняя, ни квазидвухлетняя цикличности в урожайности зерновых в Канаде не проявляются. Что касается 12—16-летней цикличности, то примерно такие колебания обнаружены в атмосферных осадках для пяти барико-циркулярных районов, охватывающих Европу, Западную Сибирь и Ка-

захстан [90], в колебаниях ледовитости Баренцева моря [89] и в температурных рядах центральной Англии [11, 88]. Третья и четвертая компоненты ( $\lambda_{III+IV} = 17,5\%$ ) в Новосибирской области также соответствуют некоторым медленным колебаниям с примерно таким же квазипериодом. Однако за время наблюдений прошло всего полтора не слишком правильных цикла, так что мы не можем, строго говоря, утверждать ни то, что это действительно квазицикличность, ни тем более то, что это та же самая квазицикличность, которая проявилась в Канаде. Естественно, что нельзя и исключить подобное предположение. В настоящее время вклад в среднеобластную урожайность этой составляющей, чем бы она ни вызывалась, достаточно мал и ее можно не принимать во внимание.

При обработке спектральным анализом ряда июньских осадков за последние 20 лет по югу Новосибирской области была выявлена цикличность с квазипериодом 6—7 лет, ранее проявлявшаяся лишь в начале века [103]. Наиболее близко в нашем разложении этому квазипериоду соответствует лишь VI компонента (см. рис. 14, *г*). Однако общее поведение исходного ряда (засухи в 1963, 1969, 1976 и 1981—1982 гг., рекордные урожаи в 1972, 1979—1980, 1984 гг.) заставляет предполагать, что 6—7-летняя квазицикличность является чуть ли не ведущей в динамике урожайности в Новосибирской области в последние годы.

Чем объяснить такое несоответствие? Вернемся к вопросу о показателях, измеряющих «вес» компоненты (они уже обсуждались в разделе 1.6). Во-первых, если рассматривать вклад не в общую дисперсию  $\lambda_j$ , а в изменчивость исходного ряда  $\xi_j$ , то для VI компоненты, имеющей максимальный переходный коэффициент  $\alpha_{05} = -0,473$ , он составит 25,5%. Во-вторых, полученная оценка относится ко всему интервалу наблюдений в предположении стационарности ряда, а 6—7-летняя квазицикличность проявляется только в последние годы. Действительно, при разложении VI компоненты в пространстве ее I' и II' компонент получается раскручивающаяся спираль (см. рис. 14, *г*). Следовательно, эта квазицикличность усиливается. В 1984 г. ее вклад в среднеобластную урожайность составил 2,3 ц/га, тогда как вклад двухлетней цикличности был равен всего лишь 0,6 ц/га. Это подтверждает вывод,

согласно которому показатель  $\xi_j$  является более адекватным для оценки «весомости» компонент, чем  $\lambda_j$ .

Из анализа рис. 14, *г* можно сделать еще один важный вывод. Несмотря на то, что 6—7-летняя квазициклическая нестационарна, она, очевидно, прогнозируема. Также очевидно, что, хотя невозможно предсказать, когда закончится увеличение размаха колебаний и начнется его уменьшение, само это увеличение происходит достаточно плавно и не может существенно отразиться на прогнозе на ближайшие годы. Таким образом, метод главных компонент может быть использован и для анализа закономерностей в нестационарных процессах.

Для выявления возможных территориальных различий в циклических составляющих этим же методом обработаны данные урожайности яровой пшеницы с 1946 по 1983 г. по 11 госсортоучасткам (ГСУ): Северному (1), Маслянинскому (2), Венгеровскому (3), Картгатскому (4), Мошковскому (5), Новосибирскому (6), Ордынскому (7), Барабинскому (8), Доволенскому (9), Чистоозерному (10), Карасукскому (11), расположенным во всех основных природно-климатических зонах области (рис. 15). Все ряды центрировались, нормировались и обрабатывались методом главных компонент и процедурой линейной фильтрации, эквивалентной спектральному анализу с окном Бартлетта (1.4). Так как при обработке главными компонентами тренд ( $\lambda_1 = 20,8\%$ ) выявился только у Доволенского ГСУ, то никаких дополнительных операций по исключению тренда не проводилось. Ширина окна  $K$  для каждого периода  $T$  выбиралась по формуле  $K = \max(T - 1, 3)$ . Особое внимание было обращено на периоды в 2; 6 и 15—18 лет, так как именно такие колебания, по-видимому, наиболее характерны для Новосибирской области и Западной Сибири в целом [38, 90, 92, 103]. Отвечающие этим периодам спектральные мощности вынесены на карту области (см. рис. 15).

При разложении на главные компоненты 2- и 6-летние колебания проявились на многих госсортоучастках (рис. 16, 17, *в* и 18, *г*). Однако достоверных различий по  $F$ -критерию в мощности этих колебаний по территории области при спектральном анализе не обнаружено, хотя и имеется некоторая тенденция к усилению этих колебаний на юге и севере области

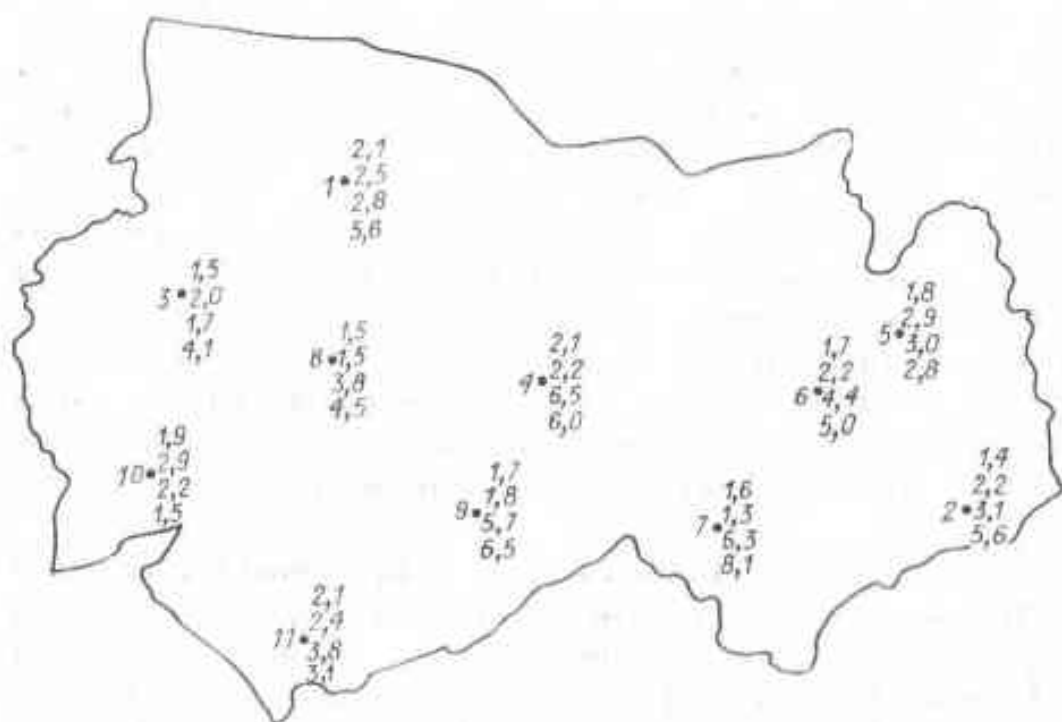


Рис. 15. Спектральные плотности динамики урожайности пшеницы на госсортоучастках Новосибирской области, соответствующие периодам 2, 6, 15 и 18 лет (сверху вниз).

(см. рис. 15). Что касается 15—18-летних колебаний, то их мощность достоверно выше в центральной части области (Новосибирский, Кургатский и Ордынский ГСУ). Таким образом, территориальные различия в степени проявления квазициклических составляющих действительно существуют и, следовательно, вопрос заключается в том, каким образом процессы, выходящие далеко за границы Новосибирской области, столь по-разному проявляют себя в динамике урожайности на ее довольно ограниченной территории. Предполагается, что таким объяснением может быть взаимодействие квазициклических составляющих в атмосферных осадках с подстилающей поверхностью, которая выступает как фильтр, гася одни колебания и усиливая другие [42].

Для примера сравним геоморфологическое строение Венгеровского и Барабинского ГСУ с Кургатским, Новосибирским, Ордынским ГСУ. Среднегодовые суммы осадков и коэффициентов увлажнения близки [65, 66], но 15—18-летние квазициклические составляющие у первых сглажены. Сглаженные длиннопериодные колебания приурочены к территории с тяжелым механическим составом подстилающих пород озерно-аллюви-

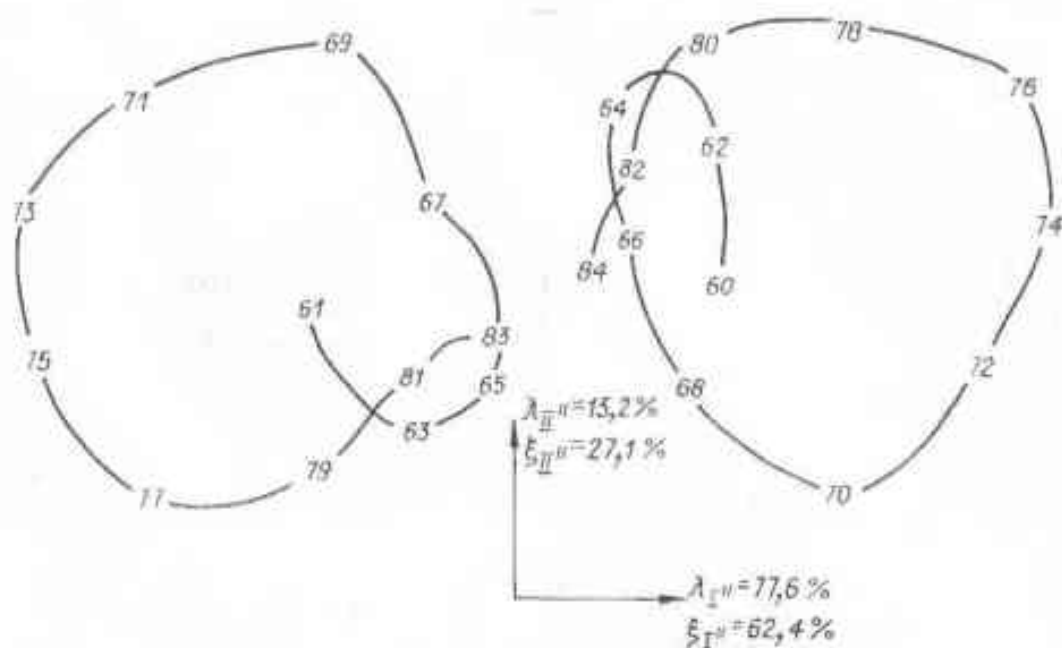


Рис. 16. Двухлетняя циклическая составляющая урожайности пшеницы на госсортоучастках Новосибирской области. Траектория  $\Pi'$  компоненты ( $K = 7$ ,  $\lambda_{\Pi'} = 13,6\%$ ,  $\xi_{\Pi'} = 5,8\%$ ) от I компоненты ( $\lambda_I = 61,9\%$ ) динамики урожайности всех госсортоучастков Новосибирской области в фазовом пространстве ее I' и II' компонент.  $K = 7$ .

ального происхождения крупной Кулундинско-Барабинской впадины. Здесь происходит задержка влаги на небольшой глубине (от 0,5 до 2 м), и поэтому накопленные осадки более коротких квазипериодических составляющих могут нейтрализовать воздействие длиннопериодных. Кургатский, Новосибирский, Ордынский и Доволенский ГСУ расположены на хорошо дренированной территории: Кургатский — в ложе древней речной долины р. Кургат, отчетливо выраженной в современном рельефе и сложенной аллювиальными отложениями, а Ордынский и Новосибирский — на II и III + II террасах р. Оби. На приведенных участках глубина залегания грунтовых вод от 8 до 10 м, задержки влаги не происходит, и это отсутствие носителей «памяти» позволяет проявиться длиннопериодным колебаниям в атмосферных осадках. Доля длиннопериодных колебаний урожайности пшеницы для всех ГСУ незначительна и не превышает, как правило, 25% от общей дисперсии исходного ряда. Так как процесс выражен слабо и обычно его дисперсия не превышает уровень «белого шума» (см. табл. 1), то реальность длиннопериодных колебаний в атмосферных осадках часто подвергается сомнению.

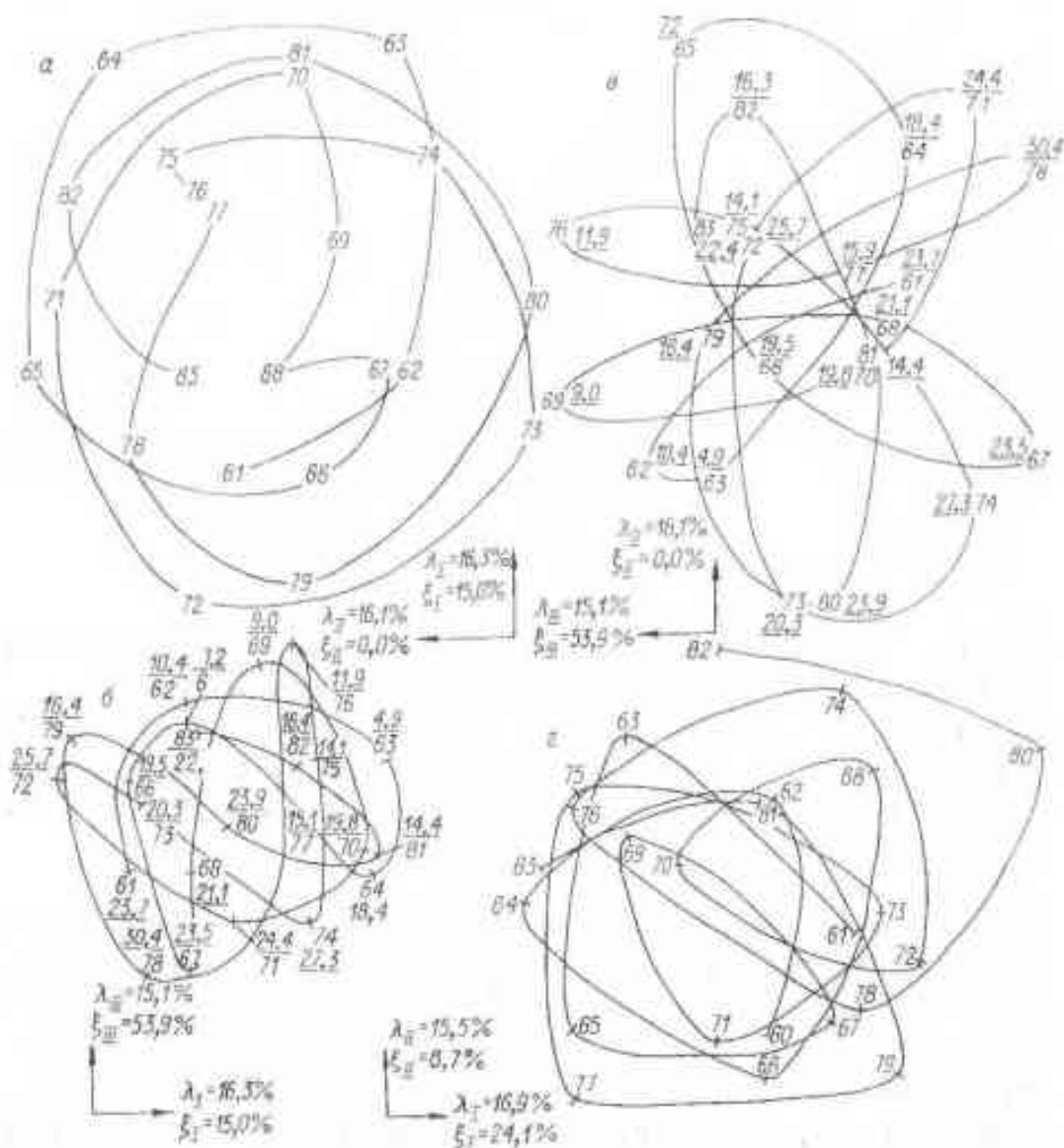


Рис. 17. Траектория динамики урожайности пшеницы Мовчовского (а — б) и Чистоозерного (в) госсортоучастков в фазовом пространстве главных компонент.

Компоненты: а — I и II,  $r_{II,I}(1) = 0,93$ ; б — I и III,  $r_{I,III}(3) = -0,72$ ; в — II и III,  $r_{II,III}(4) = -0,8$ .  $K = 15$ . Подчеркнутые числа — урожайность, ц/га. а — I и II,  $r_{II,I}(2) = 0,95$ ,  $K = 14$ .

На госсортоучастках двухлетия цикличность выражена менее заметно, чем в среднеобластной урожайности. Так, для того чтобы ее обнаружить, пришлось разложить III' компоненту от I компоненты, снятой с динамик по всем госсортоучасткам и отражающей общую причину колебаний урожайности для всей области (см. рис. 16). В итоге доля двухлетней цикличности в I компоненте составила всего 5,4%. Причиной этому может быть как более высокая культура земледелия на госсортоучастках, так и то, что они равномерно распо-



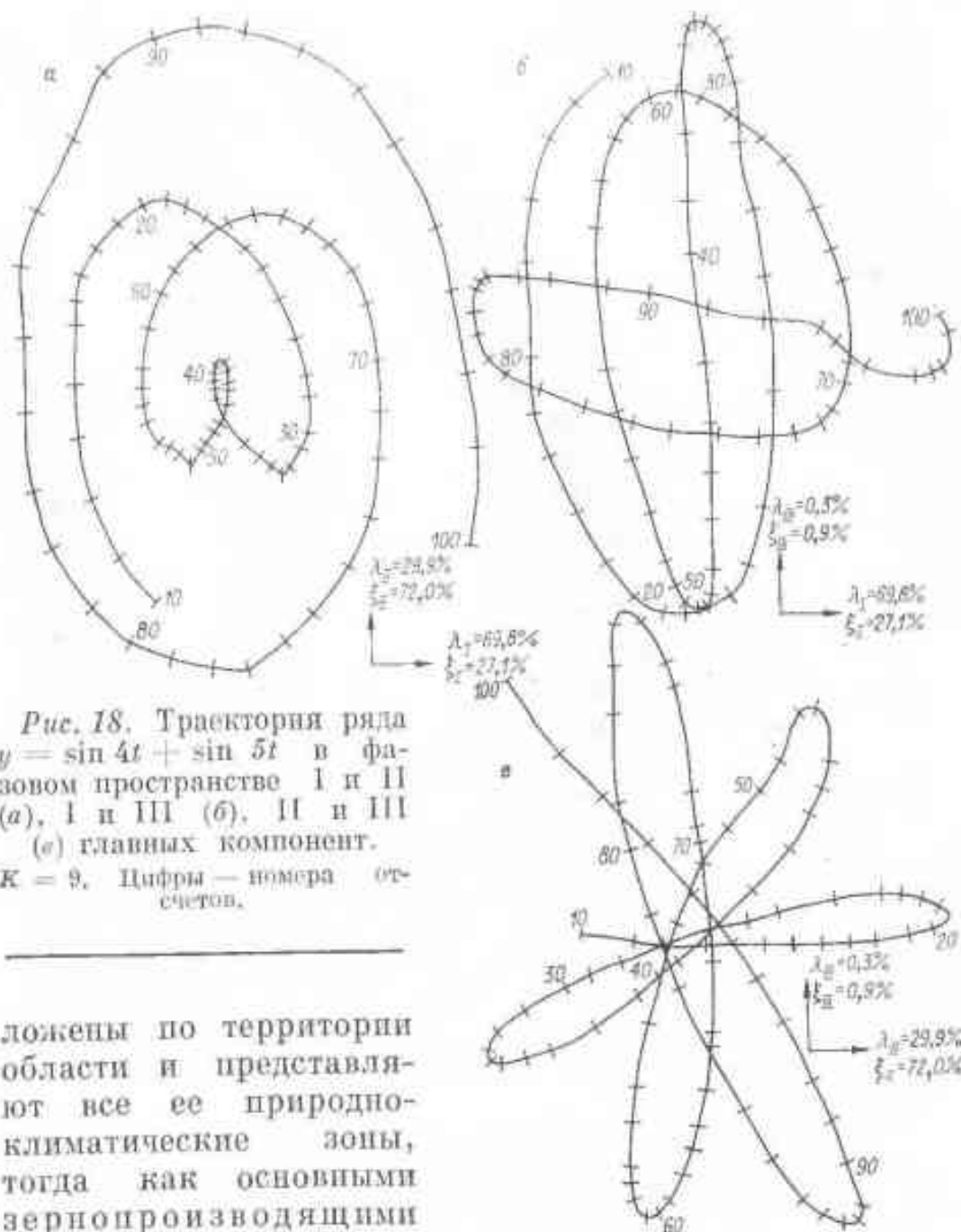


Рис. 18. Траектория ряда  $y = \sin 4t + \sin 5t$  в фазовом пространстве I и II (а), I и III (б), II и III (в) главных компонент.  $K = 9$ . Цифры — номера отсчетов.

ложены по территории области и представляют все ее природно-климатические зоны, тогда как основными зернопроизводящими районами являются ее степные южные районы, где двухлетняя цикличность выражена несколько сильнее.

Несмотря на наличие общих для всех ГСУ цикличностей, динамика урожайности некоторых из них со статистической точки зрения является более детерминированной, чем других. В этом отношении особенно выделяется Мошковский. На рис. 17 приведена траектория динамики урожайности этого госсортоучастка в фазовом пространстве I, II и III компонент (ряд не нормировался). Траектория явно закономерна и напоминает знакомые из курса физики фигуры Лиссажу,

которые, как известно, получаются паложением двух кратных одному и тому же периоду колебаний [104]. Чтобы убедиться в том, что эта аналогия не случайна, методом главных компонент обработан ряд, состоящий из суммы двух синусоид с соотношением периодов 4 : 5. В пространстве I, II и III компонент были получены похожие траектории (см. рис. 18).

Вторая компонента Мошковского ГСУ сопряжена с I, а IV — с III и, следовательно, отвечают за те же колебания. Поэтому не удивительно, что в фазовых пространствах компонент (см. рис. 17, б, в) обособились годы урожайные и неурожайные. Пятую компоненту ( $\lambda_V = 8,0$ ,  $\xi_V = 5,9\%$ ) образовала четкая двухлетняя цикличность. Таким образом, нельзя не прийти к выводу, что основная часть динамики урожайности исследуемого ГСУ состоит из суммы трех синусоид. Один период равен двум годам, два других близки между собой и равны приблизительно 5,5—6 и 6—7 годам. Подобную сумму или более сложную суперпозицию нескольких колебаний будем называть энцикличностью.

С точки зрения обработки следует заметить, что спектральный анализ при больших  $K$  даст один пик на промежуточной частоте, при малых  $K$  нельзя быть уверенным в том, что какие-то из пиков не являются ложными. Метод главных компонент в данном случае оказался информативнее, чем спектральный анализ, хотя и он не слишком приспособлен для анализа энцикличности.

Мы полагаем, что уникальность по детерминированности траекторий Мошковского ГСУ объясняется тем, что, с одной стороны, он отличается от всех других избыточным устойчивым увлажнением (более 450 мм в год), с другой — имеет глубину залегания почвенно-грунтовых вод такую же, как у ГСУ, расположенных на террасах р. Оби, — 8—10 м. Более того, территория представляет собой значительно расчлененную овражно-балочной сетью высокую, волнисто-холмистую равнину, что обеспечивает быстрый сток поверхностных вод [65, 66]. Поэтому практически всем квазициклическим составляющим в межгодовых колебаниях осадков предоставлена возможность проявиться в урожайности зерновых культур.

Динамики урожайности остальных сортоучастков выглядят более стохастичными, хотя и в них проявляются 2- и 6-летние колебания. Для примера приведем траекторию динамики урожайности Чистоозерного ГСУ в пространстве I и II компонент (см. рис. 18, а). Очевидна 6-летняя квазицикличность, модифицируемая двухлетней. К сожалению, статистический аппарат не позволяет выявить структуру их взаимодействия. Третью компоненту ( $\lambda_{III} = 14,5$ ,  $\xi_{III} = 10,4\%$ ) образовала двухлетняя цикличность.

Методом главных компонент обработаны данные по урожайности пшеницы на 10 ГСУ Омской области. Прогноз осуществлялся отдельно для каждой компоненты по следующей схеме. Для каждого года рассматривалась его предыстория ( $K = 13$ ), исключая текущий год. Далее полученная матрица обрабатывалась с помощью дискриминантного анализа. В качестве обучающих выборок взяты предшественники шести явно засушливых и восьми явно благоприятных для урожая лет, причем три из них (1982—1984 гг.) использовались в качестве контроля. Так как общее число лет было меньше размерности матрицы, то она предварительно обрабатывалась опять методом главных компонент и для дискриминантного анализа оставлены первые три компонента. Наилучшее разделение между засушливыми и благоприятными годами произошло, вопреки нашим ожиданиям, не по I, а по II компоненте, снятой с ГСУ (рис. 19). Первая компонента представляла собой тренд, общий для всей области, а во II дали вклад с разными знаками ГСУ, расположенные в южной и степной зонах Омской области: Москаленский, Щербакульский, Оконешниковский, Черлакский и расположенные севернее, на террасах р. Иртыш, — Тевризский, Тарский, Большереченский, — очевидно, более увлажненных по сравнению с первыми в любые годы. Прочие ГСУ дали небольшой вклад в эту компоненту. Информативной для областного прогноза оказалась разница в урожайности между перечисленными ГСУ. На ее фазовом портрете обнаружили 6—7-летние колебания, которые известны по динамическим рядам урожайности Новосибирской области. По-видимому, в засушливые годы происходит резкое падение урожайности на степных и южных ГСУ, а в увлажненные — более резкий подъем, тогда как в ГСУ, расположенных

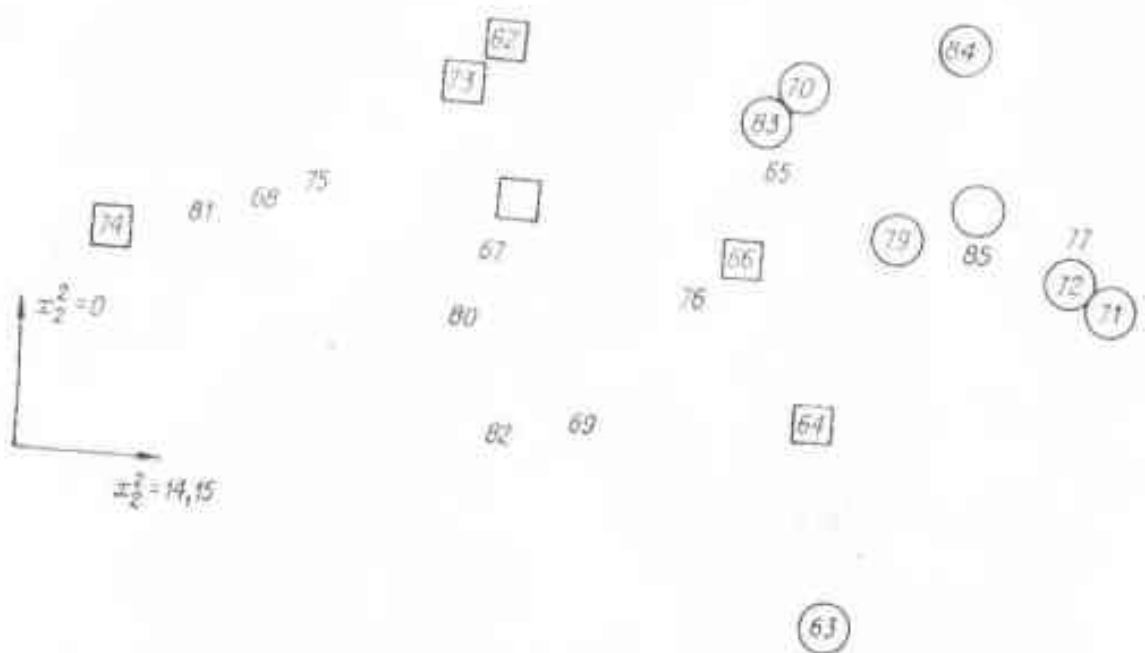


Рис. 19. Прогноз дискриминантным анализом урожайности пшеницы в Омской области по данным госсортоучастков. Включены в квадрат годы-предшественники явно неурожайных лет, в окружность — предшественники урожайных ( $P = 0,003$ ), в геометрических центрах тяжести этих выборок годы не проставлены. Не помещены предшественники лет, средних по урожайности.

на террасах, в увлажненные годы урожайность может даже несколько снижаться. Поэтому разница между ними является удачным индикатором условий года, не зависящим от изменений урожайности по другим причинам, например из-за уровня агротехники или химизации. Прогнозируемая точка, изображающая предысторию 1986 г., попала в область урожайных лет, следовательно, прогноз на 1986 г. благоприятен (см. рис. 19). Похожая схема прогноза методом дискриминантного анализа содержится в работе [105].

При обработке ряда чисел Вольфа методом главных компонент [41] выяснилось, что этот ряд можно представить в виде произведения двух других, причем один является строго циклическим с периодом, равным  $11 \pm 0,4$  лет, а другой, модулирующий первый, имеет весьма отдаленное сходство с правильными 80—90-летними колебаниями, часто приписываемыми ряду Вольфа.

Объяснить вскрытые квазициклические составляющие в урожайности зерновых культур солнечно-земными связями затруднительно, они и не совпадают по периодам с циклическостью солнечной активности, и не кратны ей. Вполне удовлетворительное объяснение, как нам кажется, заключено в предположении Э. Ф. Лесгафта об обусловленности двухлетней квазициклическости автоколебательными процессами в течениях Северной Атлантики [94, 106]. В обобщенном виде оно может объяснять и прочие квазициклические составляющие. Перемещения тепловых аномалий по гигантским океаническим круговоротам могут быть основными источниками долгосрочных аномалий погоды, так как в результате запаздывания реакций океан оказывается своего рода «запоминающим устройством», хранящим отпечатки атмосферных воздействий за некоторый период прошлого времени. Поэтому следует ожидать запаздывающего воздействия океана на атмосферу [107, 108]. Соответственно течения в океанах являются набором природных осцилляторов, и перекачка энергии из одних в другие должна порождать именно квазипериодические междугодовые составляющие в атмосферной циркуляции.

В воспроизведенном взаимодействии между макропроцессами в океане и атмосфере в системе североатлантической циркуляции на электромеханической модели получен автоколебательный процесс с периодом в пределах 4—7 лет [109]. На эмпирическом материале по наблюдениям за температурой поверхностного слоя воды в северной части Атлантического океана за период с 1876 по 1965 г. получены следующие спектральные плотности флуктуаций температуры: один год, немногим более двух лет, 4—5 и 30—35 лет [110]. Некоторые из приведенных колебаний напоминают квазициклические составляющие урожайности пшеницы Омской и Новосибирской областей.

Дополнительным аргументом в пользу реальности обнаруженных квазициклических составляющих служат долгопериодические изменения скорости вращения Земли, которые вызываются механическим воздействием атмосферы на Землю и квазипериоды которых близки двум и шести годам [111, 112]. По-видимому, увеличение доли 6-летней квазициклической составляющей в урожайности зерновых культур (см. рис. 14, г) связа-

но с тем, что в 1972 г. закончилось замедление вращения Земли, начавшееся в 1935 г., и вращение Земли стало ускоряться. Предполагается, что это приводит к установлению нового климатического и гидрологического режимов и в период с 1972 по 2005 г. ( $\pm 5$  лет) повторяемость процессов с меридиональной формой атмосферной циркуляции  $C$  будет ниже, а с формами  $W + E$  выше нормы [111]. Отсюда раскручивающаяся спираль примерно с начала 1972 г. (см. рис. 14,  $g$ ), по-видимому, и указывает на установление этого нового климатического режима.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

«Базой для разработки методов прогноза всегда служили теоретические представления о динамике численности популяций, совершенствовавшиеся по мере расширения и углубления знаний об экологии и физиологии отдельных видов» [6]. В работе при прогнозировании численности животных, по существу, использовано только представление об инерционности процесса, обусловленной тем, что популяция никогда не бывает полностью приспособленной к меняющимся условиям среды. Перестройка генетической структуры популяции всегда запаздывает, и груз «генетического запаздывания» становится инерционной составляющей динамики численности.

Представления об инерционности гидрометеорологических явлений послужили основанием для обработки методом главных компонент динамических рядов и по урожайности. В колебаниях урожайности присутствуют те же самые элементы, модифицирующие период и амплитуду колебаний в конкретных географических точках, что и в динамике численности животных. Подстилающая поверхность (особенности рельефа, фильтрующие свойства почв) играет роль носителя памяти. С более общих позиций механизм, обеспечивающий колебания, представляет собой многоуровневую автоколебательную систему, взаимодействие между элементами которой (течениями в океанах и атмосферой Земли, вращением Земли и атмосферой и т. д.) инерционно, и эта инерционность находит свое отражение в динамических рядах по урожайности сельскохозяйственных культур. Безусловно, что положенные в основу прогноза и анализа указанных явлений представления об их инерционности не являются достаточными и более глубокая проработка причин и взаимосвязей, лежащих в природе явлений, приведет к более точным алгоритмам прогноза. Тем не менее следует отметить, что в структуре временных рядов, даже на уровне сигнала, может содержаться информация, полезная для прогноза и для понимания внутренней природы механизмов, обеспечивающих колебания.

Положенный в основу пакета прикладных программ метод главных компонент удобен тем, что с его помощью можно решать и другие задачи, например, связанные с изучением возрастной структуры популяции животных [74, 113—115], различных форм изменчивости [4, 70—72, 74—76, 78, 105, 116—119], а также с определением генетических дистанций между популяциями [120]. И хотя достоинства метода главных компонент (интерпретируемость компонент в качестве отражения действия независимых причин, возможность исследования процесса в фазовых пространствах компонент, выявление циклических составляющих и т. д.) не являются прерогативой данного метода, однако очевидно, что в любом случае он способен значительно дополнить информацию, получаемую другими методами.

Разработанный пакет прикладных программ имеет самостоятельную ценность и может быть включен в систему автоматизированного прогноза вредителей сельскохозяйственных культур, экологического мониторинга и его средствами можно обрабатывать наряду с предложенными нами и другие характеристики окружающей среды и внутренних состояний популяции. На привлечение новых переменных нет практически никаких ограничений, так как метод главных компонент и дискриминантный анализ, положенные в основу пакета, позволяют уменьшить число значимых переменных без существенной потери информации и исследовать объекты и процессы в пространствах меньшей размерности. Важнейшим моментом в использовании этих двух методов статистического анализа является то, что они могут дополнять друг друга и, как было показано, промежуточные результаты обработки методом главных компонент могут служить «статистическим сырьем» для дискриминантного анализа.

В качестве основного инструмента анализа в нашей работе использованы фазовые портреты — двумерные проекции многомерных представлений большой размерности (10—15-мерные) временных рядов (1,2). В литературе пока используются только трехмерные представления [44] при изображении обычных и странных (хаотических) аттракторов динамических систем с приложениями в химии, гидрометеорологии и т. д. Очевидно, использование трехмерных проекций представлений большой размерности является только вопросом техники.



Исходя из общей теории динамических систем [121], по внешнему виду аттракторов можно судить о степени прогнозируемости рассматриваемых рядов. В случае условно-периодических движений, к которым, по-видимому, относятся некоторые из изученных нами циклическостей, траектория системы в многомерном фазовом пространстве проходит по поверхности некоторого тора, задаваемого законами сохранения. Особенно интересно, что проекция такой траектории на плоскость обязана приводить к фигурам Лиссажу (2.3). Так как преемственность гидрометеорологических процессов обеспечивается законами сохранения массы, теплообмена и обмена количеством движения, очень вероятно, что на них распространяются изложенные выше представления. И, следовательно, физический смысл поверхности тора, на котором разыгрываются достаточно трафаретные и преемственные события передачи энергии, это — вероятностная область, ограничивающая или, наоборот, допускающая их реализацию.

Для практических приложений крайне интересна также теорема Колмогорова — Арнольда — Мозера (КАМ-теорема), в которой утверждается [121], что при добавлении к ряду случайного шума происходит не размазывание траекторий по фазовому пространству, как, казалось бы, естественно ожидать, а перескакивание траекторий с одного аттрактора на другой, задаваемый начальными условиями. Моменты перескока принципиально непрогнозируемы, а с возрастанием шума возрастает частота перескоков.

\* \*  
\*

Авторы благодарны профессору И. Я. Полякову, В. Н. Воробьеву за ценные пожелания относительно спектра приложения метода обработки, О. З. Кагановой, И. Е. Бененсону, Д. В. Речкину и А. Г. Васильеву за доброжелательное и действенное оппонирование по ходу работы, В. И. Евсикову и О. А. Иванову за всестороннюю помощь, а также сотрудникам ГП ВЦ СО АН СССР за внимательное и бережное отношение к пользователям, которое в немалой степени способствовало успешному проведению необходимых вычислительных работ.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Палимов В. В.* Анализ оснований экологического прогноза. Паттерн-анализ как ослабленный вариант прогноза // Человек и биосфера.— М.: Изд-во МГУ, 1983.— Вып. 8.— С. 31—47.
2. *Монин А. С.* Прогноз погоды как задача физики.— М.: Наука, 1969.— 183 с.
3. *Уитт К.* Экология и управление природными ресурсами: Пер. с англ.— М.: Мир, 1971.— 463 с.
4. *Уильямсон М.* Анализ биологических популяций: Пер. с англ.— М.: Мир, 1975.— 271 с.
5. *Гладкина Т. С., Поляков И. Я.* Предпосылки многолетнего прогноза уровня численности вредных грызунов в Закавказье // Тр. ин-та ВИЗР.— 1973.— Вып. 39.— С. 10—32.
6. *Поляков И. Я.* Логика этапов разработки проблемы прогнозов в защите растений // Тр. ин-та ВИЗР.— 1976.— Вып. 50.— С. 5—23.
7. *Грозов И. М., Поляков И. Я.* Полевки (Microtinae) // Фауна СССР. Млекопитающие.— Л.: Наука, Ленингр. отд-ние, 1977.— Т. 3, вып. 8.— 504 с.
8. *Монин А. С., Вулис И. Я.* О спектрах долгопериодных колебаний геофизических характеристик.— М.: Наука, 1971.— 22 с.
9. *Пановский Г. А., Брайер Г. В.* Статистические методы в метеорологии: Пер. с англ.— Л.: Гидрометеоиздат, 1972.— 209 с.
10. *Кондратович К. В.* Долгосрочные гидрометеорологические прогнозы в Северной Атлантике.— Л.: Гидрометеоиздат, 1977.— 183 с.
11. *Поляк И. И.* Методы анализа случайных процессов и полей в климатологии.— Л.: Гидрометеоиздат, 1979.— 255 с.
12. *Яглом А. М.* Корреляционная теория стационарных случайных функций.— Л.: Гидрометеоиздат, 1981.— 279 с.
13. *Герман Дж. Р., Голдберг Р. А.* Солнце, погода и климат: Пер. с англ.— Л.: Гидрометеоиздат, 1981.— 319 с.
14. *Макленкен К. Г., Данцеротти Л. Дж.* Спектральный анализ длинных временных рядов // Солнечно-земные связи, погода и климат: Пер. с англ.— М.: Мир, 1982.— С. 342—348.
15. *Митчелл Дж. М., Стокман Ч. У., Меко Д. М.* Доказательство 22-летнего ритма засух в западной части США, связанных с солнечным циклом Хэйла, начиная с XVII в. // Там же.— С. 152—171.
16. *Оттис Р., Энноксон Л.* Прикладной анализ временных рядов: Пер. с англ.— М.: Мир, 1982.— 428 с.

17. Мещерская А. В., Руховец Л. В., Юдин М. И., Яковлева Н. И. Естественные составляющие метеорологических полей. — Л.: Гидрометеоиздат, 1970. — 199 с.
18. Ренинская Р. И. Естественные функции поля давления // Тр. ин-та/ЛГМИ. — 1974. — Вып. 43. — С. 132—144.
19. Дуйцева М. А., Головинов Л. С. Анализ поля геопотенциала  $H_{100}$  Северного полушария посредством естественных ортогональных функций // Тр. ин-та/ГГО. — 1975. — Вып. 159. — С. 58—68.
20. Винников К. Я. Спектр пространственно-временных флуктуаций осредненной по широтным кругам средней месячной температуры воздуха Северного полушария за период 1881—1969 гг. // Тр. ин-та/ГГО. — 1976. — Вып. 374. — С. 95—120.
21. Аксарина Е. А., Пасов В. М. Закономерность распределения метеорологической составляющей урожая яровой пшеницы // Тр. ин-та/ВНИИГМИ-МПД. — 1977. — Вып. 36. — С. 41—50.
22. Клещенко Л. К. О параметрах циркуляции для статистического анализа атмосферных процессов и прогноза погоды // Тр. ин-та/ВНИИГМИ-МПД. — 1973. — Вып. 47. — С. 52—63.
23. Яковлева Н. И. Пространственная структура аномалий урожая яровой пшеницы и метеорологических характеристик по территории СССР // Тр. ин-та/ГГО. — 1979. — Вып. 428. — С. 17—24.
24. Формозов А. И. Очерк экологии мышевидных грызунов, носителей туляремии // Материалы по грызунам. — М., 1947. — Вып. 1. — Нов. сер. Отд. зоол. Вып. 7(XXII). — 94 с.
25. Млекопитающие Якутии/Тавровский В. А., Егоров О. В., Кривошеев В. Г. и др. — М.: Наука, 1971. — 660 с.
26. Соломонов Н. Г. Очерки популяционной экологии грызунов и зайца-беляка в Центральной Якутии. — Якутск: Якут. кн. изд-во, 1973. — 248 с.
27. Ивантер Э. В. Популяционная экология мелких млекопитающих таежного Северо-Запада СССР. — Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1975. — 246 с.
28. Соломонов Н. Г. Экология водяной полевки в Якутии. — Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1980. — 136 с.
29. Формозов А. И. Колебания численности промысловых животных. — М.; Л.: Колз, 1935. — 108 с.
30. Ефимов В. М. О структуре пакета прикладных программ для обработки биологических данных // Вредители зерновых и овощных культур в Западной Сибири. — Новосибирск, 1983. — С. 34—38. — (Науч.-техн. бюл. СО ВАСХНИЛ; Вып. 18).
31. Ефимов В. М., Речкин Д. В. ЯКОБИ — входной язык пакетов прикладных программ статистической обработки биологических данных // Математическое обеспечение сельскохозяйственных исследований на базе «Электроника-60». — Новосибирск, 1985. — С. 12—17. — (Науч.-техн. бюл. СО ВАСХНИЛ; Вып. 48).
32. Речкин Д. В. Реализация входного языка ЯКОБИ для мини-ЭВМ «Электроника-60». Пакет STATIS // Там же. — С. 18—24.
33. Браверман Э. М., Мучник И. Б. Структурные методы обработки эмпирических данных. — М.: Наука, 1983. — 464 с.

34. *Кендл М., Стюарт А.* Многомерный статистический анализ и временные ряды. — М.: Наука, 1976. — 736 с.
35. *Агеев М. И., Алик В. П., Маркин Ю. И.* Библиотека алгоритмов 516 — 1006. — М.: Сов. радио, 1976. — 136 с. — (Справочное пособие; Вып. 2).
36. *Ефимов В. М., Галактионов Ю. К.* Разложение на главные компоненты динамики заготовок шкур млекопитающих и их интерпретация // Экология горных млекопитающих: (Инф. материалы). — Свердловск: УНЦ АН СССР, 1982. — С. 41—43.
37. *Ефимов В. М., Галактионов Ю. К.* О возможности прогнозирования циклических изменений численности млекопитающих // Журн. общ. биологии. — 1983. — № 3. — С. 343—352.
38. *Ефимов В. М., Галактионов Ю. К., Гусев С. М.* Некоторые закономерности динамики урожайности зерновых культур в Новосибирской области // Докл. ВАСХНИЛ. — 1983. — № 4. — С. 10—11.
39. *Галактионов Ю. К.* Опыт анализа методом главных компонент динамики численности животных // Прогноз и учет вредителей сельскохозяйственных культур. — Новосибирск, 1984. — С. 13—24. — (Науч.-техн. бюл. СО ВАСХНИЛ; Вып. 22).
40. *Ефимов В. М.* Обработка временных рядов методом главных компонент // Там же. — С. 32—40.
41. *Ефимов В. М., Речкин Д. В.* Исследование ритмической структуры гелиофизических рядов методом главных компонент // Долгосрочное прогнозирование гидрометеорологических условий. — Новосибирск, 1985. — С. 29—34. — (Науч.-техн. бюл. СО ВАСХНИЛ; Вып. 36).
42. *Галактионов Ю. К., Ефимов В. М., Киншт А. В., Гусев С. М.* Циклические составляющие урожайности яровой пшеницы Новосибирской области // Долгосрочное прогнозирование гидрометеорологических условий. — Новосибирск, 1985. — С. 32—36. — (Науч.-техн. бюл. СО ВАСХНИЛ; Вып. 36).
43. *Либенцкая Е. В.* Материалы к модели популяции белки Восточного Саяна: 1. Первичный анализ динамики численности популяции белки и урожайности кедров // Вестн. Моск. ун-та. Биол., почвовед. — 1976. — № 5. — С. 3—10.
44. *Schaffer William M.* Stretching and folding in lynx fur returns: evidence for a strange attractor in nature? // Am. Nat. — 1984. — Vol. 124, N. 6. — P. 798—820.
45. *Завалишин Н. Н.* Циклические компоненты в динамике планетных конфигураций // Циклическая увлажненность юга Западной Сибири. (Природа и прогноз). — Новосибирск, 1983. — С. 20—38. — (Науч.-техн. бюл. СО ВАСХНИЛ; Вып. 45).
46. *Андерсон Т.* Статистический анализ временных рядов: Пер. с англ. — М.: Мир, 1976. — 755 с.
47. *Бриллинджер Д.* Временные ряды. Обработка и теория: Пер. с англ. — М.: Мир, 1980. — 536 с.
48. *Ефимов В. М., Галактионов Ю. К.* Анализ сходства динамик численности животных методом главных компонент и его использование для приближенного определения границ популяций // Популяционная изменчивость вида и проблемы охраны генофонда млекопитающих: Тез. докл. Всесоюз. сов. — М.: ВТО АН СССР, 1983. — С. 60—61.
49. *Галактионов Ю. К.* Районирование Тюменской области по сходству динамик численности водяной полевки методом глав-

ных компонент // Биологические проблемы Севера: Тез. докл. X Всесоюз. симпозиум; Ч. 2.— Магадан: Ин-т биол. пробл. Севера ДВ ИЦ АН СССР, 1983.— С. 14—15.

50. Гусев С. М., Ефимов В. М. Районирование сельскохозяйственных культур по урожайности в Новосибирской области // Вести. с.-х. наук.— 1985.— № 3 (342).— С. 37—41.

51. Ермаков С. М., Михайлов Г. А. Статистическое моделирование.— М.: Наука, 1982.— 294 с.

52. Борзенкова И. И., Винников К. Я., Янута В. Г. Оценка влияния пространственного осреднения на спектр временных рядов месячных сумм осадков // Тр. пн-та ГГИ.— 1977.— Вып. 247.— С. 99—106.

53. Дроздов О. А. Засухи и динамика увлажнения.— Л.: Гидрометеоиздат, 1980.— 94 с.

54. Журбенко И. Г. Об ограниченности информационной насыщенности датчиков случайных чисел // VIII симпозиум по пробл. избыт. в информ. системах: Тез. докл.; Ч. 1.— Л.: ЛИАП, 1983.— С. 6—7.

55. Северцов С. А. Динамика населения и приспособительная эволюция животных.— М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1941.— 316 с.

56. Чиркова А. Ф. Распространение, биология и промысел водяных крыс на севере европейской части СССР // Пушное дело.— 1928.— № 13—14.

57. Жарков П. В., Теплов В. П. Данные по биологии водяной крысы в Татарской республике // Работы Волжско-Камской краевой биологической станции.— Казань, 1931.— Вып. 1.

58. Зверев М. Д., Пономарев М. Г. Биология водяных крыс и отравленные приманки в борьбе с ними // Изв. Сиб. краевой станции защиты растений от вредителей.— Новосибирск, 1930.— Т. 4(7), вып. 1, зоол.— 22 с.

59. Наумов С. П. Экология зайца-беляка // Материалы к познанию фауны и флоры СССР.— М., 1947.— Нов. сер. Отд. зоол. Вып. 10 (XXV).— 207 с.

60. Тагоровский В. А. Распространение и некоторые особенности динамики численности пушно-промысловых млекопитающих в Якутии // Исследования по экологии, динамике численности и болезням млекопитающих Якутии.— М.: Наука, 1964.— С. 3—59.

61. Кирис И. Д. Белка.— Киров: Волго-Вят. кн. изд-во, Киров. отд-ние, 1973.— 447 с.

62. Ашихмина Е. В., Куликов А. Н., Скалецкая Е. И., Фрисман Е. Я. Математическое моделирование динамики величины заготовок для локальной популяции маньчжурской белки (*Sciurus vulgaris mantchuricus*) // Журн. общ. биологии.— 1982.— № 5.— С. 705—711.

63. Давыдов П. И., Туманов И. Л. Куны Северо-Запада СССР.— Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1976.— 256 с.

64. Ефимов В. М., Галактионов Ю. К. Географическая изменчивость некоторых характеристик динамики численности млекопитающих // Термиология, орнитология и охрана природы: Тез. докл. XI Всесоюз. симпозиум «Биологические проблемы Севера»; Вып. 3.— Якутск: ЯФ СО АН СССР, 1986.— С. 30—32.

65. Почвенно-климатический атлас Новосибирской области.— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1978.— 121 с.

66. *Комасов А. М., Кухарская В. Л., Черникова М. И.* Климат и гидрология // Новосибирская область. Природа и ресурсы.— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1978.— С. 25—42.
67. *Ефимов В. М., Галактионов Ю. К.* Эколого-генетические модели регуляции численности млекопитающих // Грызуны.— Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1983.— С. 379—381.
68. *Гречаный Г. В.* Регуляция численности животных как эколого-генетический процесс // Генетические и биохимические механизмы регуляции функционирования живых систем.— Иркутск: Иркут. гос. ун-т, 1984.— С. 3—16.
69. *Гречаный Г. В.* Плотность населения как фактор регуляции генетической структуры и численности популяции животных: Сообщение I. Зависимость плодовитости от плотности имаго и ее изменение под действием отбора у *Drosophila melanogaster* Mg. // Генетика.— 1984.— Т. 20, № 7.— С. 1132—1138.
70. *Галактионов Ю. К., Шушпанова Н. Ф.* Возможность регистрации фаз динамики численности водяной полевки по фенотипической структуре популяции // Прогноз и учет вредителей сельскохозяйственных культур.— Новосибирск, 1984.— С. 24—32.— (Науч.-техн. бюл. СО ВАСХНИЛ; Вып. 22).
71. *Галактионов Ю. К., Ефимов В. М., Буеракова Н. М.* Изменчивость морфофизиологических индикаторов и показателей билатеральной асимметрии в связи с фазой динамики численности водяной полевки // Интегрированная защита растений от болезней и вредителей.— Новосибирск, 1985.— С. 94—107.
72. *Шушпанова Н. Ф.* Исследование плодовитости, эмбриональной смертности и морфофизиологических особенностей водяной полевки на разных фазах динамики численности // Там же.— С. 107—115.
73. *Гречаный Г. В., Никитин А. Я., Соснова И. А.* Плотность населения как фактор регуляции генетической структуры и численности популяций животных: Сообщение II. Наследственная обусловленность динамики численности моноклональных популяций дафний // Генетика.— 1986.— Т. 22, № 6.— С. 983—988.
74. *Галактионов Ю. К.* Дискретный полиморфизм по скорости роста в природной популяции водяной полевки // Вредные грызуны, фитонематоды Западной Сибири и борьба с ними.— Новосибирск, 1981.— С. 17—26.— (Науч.-техн. бюл. СО ВАСХНИЛ; Вып. 37).
75. *Галактионов Ю. К., Ефимов В. М., Шушпанова Н. Ф.* Изменчивость фенотипической структуры популяции водяной полевки в зависимости от фазы динамики численности // Грызуны.— Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1983.— С. 69—71.
76. *Галактионов Ю. К.* Изменчивость неметрических признаков черепа водяных полевок в связи с фазой динамики численности // Вид и его продуктивность в ареале: Материалы 4-го Всесоюз. совещ.; Ч. I.— Свердловск: УНЦ АН СССР, 1984.— С. 18—19.
77. *Шушпанова Н. Ф.* Изменчивость некоторых характеристик размножения водяной полевки на разных фазах динамики численности // Там же.— С. 85.
78. *Галактионов Ю. К., Шушпанова Н. Ф.* Различия по неметрическим краниальным признакам между выборками из

популяции водяных полёвок (*Arvicola terrestris* L.) на разных фазах динамики численности // Генетика популяций.— М.: ВТО АН СССР, 1985.— С. 211—213.

79. Макфедьен Э. Экология животных: Пер. с англ.— М.: Мир, 1965.— 375 с.

80. Майр Э. Популяции, виды и эволюция: Пер. с англ.— М.: Мир, 1974.— 460 с.

81. Левоншин Р. Генетические основы эволюции: Пер. с англ.— М.: Мир, 1978.— 351 с.

82. Гречинский Г. В., Пикинин А. Я., Сосунова И. А. Плотность населения как фактор регуляции генетической структуры населения и численности популяций животных: Сообщение III. Динамика численности генетически гомогенных и гетерогенных популяций дафний // Генетика.— 1986.— Т. 22, № 6.— С. 989—994.

83. Целак К. Колебания климата в северо-восточном предгорье Альп // Труды симпозиума по физической и динамической климатологии (август 1971): Тез. докл.— Л.: Гидрометеоиздат, 1974.— С. 407—414.

84. Шнейерс Р. Статистический анализ данных о температуре в Брюсселе-Никле с 1883 по 1969 г. // Там же.— С. 404—406.

85. Давыдов Н. И., Педь Д. А. Состояние и перспективы изучения и прогноза засух в Советском Союзе // Метеорология и гидрология.— 1983.— № 5.— С. 26—30.

86. Алехин Ю. М. О некоторых проблемных вопросах динамико-статистического метода прогнозирования // Тр. института ГИММ.— 1975.— Вып. 56.— С. 3—21.

87. Митчелл Дж. М. Изменяющийся климат // Энергия и климат: Пер. с англ.— Л.: Гидрометеоиздат, 1981.— С. 80—97.

88. Гриб Н. К., Поляк Н. П. Временная изменчивость среднегодовых значений температуры воздуха // Тр. института ГГО.— 1976.— Вып. 374.— С. 71—91.

89. Григорьева А. С., Строкина Л. А. Колебания в ходе температур высоких широт Северного полушария // Там же.— 1977.— Вып. 247.— С. 114—118.

90. Дроздов О. А., Григорьева А. С. Многолетние циклические колебания атмосферных осадков на территории СССР.— Л.: Гидрометеоиздат, 1971.— 158 с.

91. Четвериков Н. С. Статистические и стохастические исследования.— М.: Госстатиздат, 1963.— 300 с.

92. Колосков П. П. Климатический фактор сельского хозяйства и агроклиматическое районирование.— Л.: Гидрометеоиздат, 1971.— 328 с.

93. Дегтярев Г. В. Погода, урожай и качество зерна яровой пшеницы.— Л.: Гидрометеоиздат, 1981.— 216 с.

94. Кудрявая К. И., Серяков Е. И., Скриптунова Л. И. Морские гидрологические прогнозы.— Л.: Гидрометеоиздат, 1974.— 310 с.

95. Вительс Л. А. Синоптическая метеорология и гелиогеофизика: Избр. труды.— Л.: Гидрометеоиздат, 1977.— 255 с.

96. Гордиенко А. И., Слепцов-Шелесвич Б. А. Межгодовая изменчивость индексов атмосферной циркуляции // Тр. института ГГО.— 1979.— Вып. 428.— С. 55—56.

97. Куликов Г. П., Никитин А. Е. Статистические характеристики квазидвухлетних колебаний геопотенциала в Север-

ном полушарии // Тр. Гидрометцентр СССР.— 1983.— Вып. 226.— С. 56—60.

98. *Варламов С. М.* Моделирование двухлетних колебаний тропосферной циркуляции умеренных широт // *Метеорология и гидрология.*— 1983.— № 1.— С. 5—13.

99. *Питтлок А. Б.* Связь солнечных циклов и погоды — не результат ли удачных опытов самовнушения? // *Солнечно-земные связи, погода и климат: Пер. с англ.*— М.: Мир, 1982.— С. 209—221.

100. *Фортуе М. П.* Одна стохастическая модель, связанная с проблемой предсказуемости климатических процессов // *Физика атмосферы и проблема климата.*— М.: Наука, 1980.— С. 139—161.

101. *Раушер Ю. Л.* Климат и урожайность зерновых культур.— М.: Наука, 1981.— 164 с.

102. *Хромов С. П., Мамонтова Л. И.* Метеорологический словарь.— Л.: Гидрометеиздат, 1974.— 568 с.

103. *Конов А. А., Завалишин Н. П., Понько В. А.* Опыт прогноза характера лета 1982 г. в Северной Кузнице // *Цикличность увлажнения юга Западной Сибири.*— Новосибирск, 1983.— С. 49—58.— (Науч.-техн. бюл. СО ВАСХНИИ; Вып. 45).

104. *Лиссажу* фигуры // *БСЭ.*— 3-е изд.— 1973.— Т. 14.— С. 494.

105. *Андреев В. Л.* Классификационные построения в экологии и систематике.— М.: Наука, 1980.— 142 с.

106. *Лесгафт Э. Я.* Влияние температуры Гольфстрима на общий ход атмосферной циркуляции в Европе в зимнее время // *Изв. РГО.*— 1899.— Т. 35.

107. *Монин А. С., Каменкович В. М., Корт В. Г.* Изменчивость Мирового океана.— Л.: Гидрометеиздат, 1974.— 262 с.

108. *Монин А. С.* Введение в теорию климата.— Л.: Гидрометеиздат, 1982.— 246 с.

109. *Дуванин А. И.* О модели взаимодействия между макропроцессами в океане и атмосфере // *Океанология.*— 1968.— Т. 8, вып. 4.— С. 571—580.

110. *Potaychuk S. J.* Some results of the statistical analysis of the long-term variability of water temperature in North Atlantic // *Rapports et Proces — Verbaux des Reunions.*— 1972.— Vol. 162.— P. 154—158.

111. *Сидоренков Н. С., Северенко П. В.* К вопросу о многолетних колебаниях атмосферной циркуляции // *Метеорология и гидрология.*— 1983.— № 11.— С. 20—25.

112. *Куликов К. А.* Вращение Земли.— М.: Недра, 1985.— 159 с.

113. *Галактионов Ю. К., Ефимов В. М., Фалеев В. И., Шушпанова Н. Ф.* Использование метода главных компонент в определении возраста водяных полевок // *Вклад молодых ученых и специалистов в развитие сельскохозяйственного производства в честь 60-летия ВЛКСМ: Тез. докл.*— Тюмень: НГО, 1978.— С. 8—9.

114. *Галактионов Ю. К., Ефимов В. М., Фалеев В. И., Шушпанова Н. Ф.* Изучение возрастной структуры популяции и возрастной изменчивости водяных полевок методом главных компонент // *Изучение Уральских гор: (Информ. материалы).*— Свердловск: УНЦ АН СССР, 1979.— С. 15—17.



115. *Ефимов В. М., Галактионов Ю. К.* Применение многомерного статистического анализа в популяционных исследованиях // Грызуны: Материалы V Всесоюз. совещ.— М.: Наука, 1980.— С. 61—62.

116. *Фалеев В. П.* К изучению географической изменчивости крапнометрических показателей водяной полевки (*Arvicola terrestris* L.) методом главных компонент // Изв. Сиб. отд. АН СССР, Сер. биол. наук.— 1982.— Вып. 3.— С. 92—96.

117. *Галактионов Ю. К., Ефимов В. И., Шущпанова Н. Ф., Фалеев В. П.* Соотношение быстро и медленно растущих водяных полевок в зависимости от фазы динамики численности // Экология горных млекопитающих: (Информ. материалы).— Свердловск: УНЦ АН СССР, 1982.— С. 17—18.

118. *Животовский Л. А.* Интеграция полигенных систем в популяциях.— М.: Наука, 1984.— 183 с.

119. *Галактионов Ю. К.* Возможности совместной обработки методом главных компонент // Фенетика популяций: Материалы III Всесоюз. совещ.:— М.: ВТО АН СССР, 1985.— С. 7—9.

120. *Galaktionov O. K., Efimov V. M., Lemza S. V., Goltsova T. V.* Principal components and nonmetric scaling in dermatoglyphic investigations // *Am. G. Phys. Anthropol.*— 1982.— Vol. 56, № 1.— P. 74—75.

121. *Балеску Р.* Равновесная и неравновесная механика.— М.: Мир, 1978.— Т. 2.— 399 с.

# ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие . . . . .	3
1. ОБРАБОТКА ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ . . . . .	5
1.1. Метод главных компонент. Краткие сведения . . . . .	—
1.2. Обработка одного временного ряда . . . . .	6
1.3. Сопряженность компонент и их интерпретация . . . . .	8
1.4. Общность обработки временного ряда методами линейной фильтрации, спектрального анализа и главных компонент . . . . .	9
1.5. Обработка совокупности временных рядов. Районирование . . . . .	12
1.6. Использование метода главных компонент для прогнозирования стационарных временных рядов . . . . .	13
1.7. Достоверность. Датчики случайных чисел . . . . .	15
1.8. Выбор лага . . . . .	19
2. АНАЛИЗ И ПРОГНОЗ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ . . . . .	20
2.1. Использование закономерностей поведения траекторий динамики заготовок шкурок животных в фазовых пространствах компонент для прогноза численности . . . . .	—
2.2. Районирование территории Западной Сибири по главным компонентам динамики заготовок шкурок водяной полевки и пример приложения общей схемы прогноза . . . . .	27
2.3. Использование метода главных компонент для изучения квазипериодических составляющих в динамике урожайности зерновых культур . . . . .	45
Заключение . . . . .	59
Литература . . . . .	62

Научное издание

Ефимов Вадим Михайлович  
Галактионов Юрий Константинович  
Шушпанова Наталья Федоровна

АНАЛИЗ И ПРОГНОЗ  
ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ  
МЕТОДОМ  
ГЛАВНЫХ КОМПОНЕНТ

Редактор издательства *В. В. Волковинцер*  
Художественный редактор *В. В. Седунов*  
Художник *Н. А. Пискун*  
Технический редактор *Т. Н. Драгун*  
Корректоры *Г. И. Шведкина, Н. М. Горбачева*

---

Н/К

Сдано в набор 17.12.87. Подписано в печать 19.04.88. МН-02586. Формат 84×108<sup>1/32</sup>. Бумага типографская № 1. Обыкновенная гарнитура. Высокая печать. Усл. печ. л. 3,8. Усл. вр.-отт. 4. Уч.-изд. л. 4. Тираж 2000 экз. Заказ № 1223. Цена 80 коп.

---

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Наука», Сибирское отделение, 630099 Новосибирск, ул. Советская, 18,  
4-я типография издательства «Наука», 630077 Новосибирск, ул. Станиславского, 25.

80 коп.

ЕФИМОВ Вадим Михайлович (математик), ГАЛАКТИОНОВ Юрий Константинович и ШУШПАНОВА Наталья Федоровна (биологи) представляют исследовательскую группу, которая более десяти лет изучает закономерности динамики численности и структуры популяций и географического распространения животных с использованием современных математических методов. Опубликовано свыше 30 совместных работ.

В монографии излагаются новые подходы и результаты, полученные авторами при обработке биологических и агрометеорологических временных рядов методами многомерного статистического анализа. Используя эти методы, авторы глубже и с единых позиций смогли исследовать внутреннюю структуру временных рядов и оценить возможности их прогноза. Для наглядности построены фазовые портреты динамик численности различных видов животных и многолетних изменений погодных условий в связи с их влиянием на урожайность пшеницы. Выдвинуты гипотезы происхождения обнаруженных квазициклических составляющих.



«НАУКА»

СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ