

ЭКОЛОГО-ГОМОЛОГИЧЕСКИЕ РЯДЫ РАЗНЫХ МАСШТАБОВ

© 2000 Г.С. Розенберг

Институт экологии Волжского бассейна РАН, г. Тольятти

Рассмотрены различные варианты параллельной изменчивости (гомологичности) экологических объектов разной природы. Показана принципиальная возможность использования закона гомологических рядов на уровне популяций, сообществ и теоретических конструкций современной экологии.

Понятие "гомология" (сходство, единство или близость объектов) достаточно широко используется в естествознании – неорганической химии (химические элементы главной подгруппы каждого вертикального столбца Периодической системы Д.И. Менделеева), органической химии (вещества, сходные по химическим свойствам – системы предельных и непредельных углеводородов), сравнительной анатомии (органы, имеющие общее происхождение), при изучении изменчивости признаков культурных растений (закон гомологических рядов наследственной изменчивости Н.И. Вавилова), в молекулярной биологии и генетике – гомологии на уровне триплетов (состоят из четырех нуклеотидов), генов (семейства генов, несущих информацию о структуре родственных белков, имеют очень высокое сходство последовательностей триплетов), хромосом (одинаковый набор и порядок генов) и генома (по геномному критерию родом считается группа близкородственных видов, имеющих специфический первичный геном или полиплоидный геном, состоящий из двух или более копий этого специфического первичного генома).

Гомологические ряды видов

Примеров такого рода рядов имеется предостаточно. Сошлемся лишь на классическую работу Н.И. Вавилова [1, с.49-50]: "Н.В. Морозова-Водяницкая в статье "Гомологические ряды как основа классификации рода *Pediastrum* Meyen" (1925) подтвердила на водорослях применимость закона гомологических рядов и сделала попытку применения

его к систематике рода *Pediastrum*... В.М. Шимкевич (1906) для пантопод дал периодическую систему классификации, которая облегчила ориентировку в разнообразии форм и дала возможность предсказать существование еще неизвестных форм. Д.Н. Соболев (1913) установил параллельные ряды у ископаемых головоногих (гониотитов), которых он назвал в своей более поздней работе (1924) "изоморфными", так как в основе этих параллелизмов лежит изоморфия живого вещества, т.е. сходство в строении этого вещества. В.А. Догель (1923), классифицируя инфузорий, расположил их в параллельные ряды. Г.Г. Виттенберг, применив закон гомологических рядов, построил стройную периодическую систему трематод (*Cyclocoelidae*), П.В. Терентьев нашел параллельные ряды у амфибий, Добжанский у божьих коровок (*Coccinellidae*), Б.Н. Шванвич – у *Rhopalocera*".

"Обобщая сказанное, можно назвать следующие общие свойства объектов, формирующих гомологические ряды. Члены одного гомологического ряда:

- состоят из более простых однотипных элементов;
- имеют общий план строения;
- различаются между собой по составу, количеству или взаимному расположению этих элементов" [2, с.427].

Гомологические ряды популяций

Интересный вариант периодической системы группового поведения был предложен в 1978 г. Ю.К.Рощевским (цит. по [3]), который представлен на следующей схеме:

Таблица1. Вариант периодической системы группового поведения популяций

Уровень индивидуальности	Конструктивный уровень группы				
	P	A	R	O	I
рассудочный (r)	Pr	Ar	Rr	Or	
самообучаемый (d)	Pd	Ad	Rd	Od	
инстинктивный (i)	Pi	Ai	Ri	Oi	
кинезный (k)	Pk	Ak	Rk	Ok	Ik
нулевой (0)					Io

Ю.К.Рощевский различает пять уровней поведенческой индивидуальности:

- *нулевой (0)* - усложнение химической организации, приведшее к возникновению на Земле простейших организмов;

- *кинезный (k)* - конструкция моновидовых групп основана на врожденных внутриклеточных механизмах; это самый простой уровень поведенческой индивидуальности;

- *инстинктивный (i)* - безусловно рефлекторное поведение особей в группах с использованием сигнальных индивидуальных приспособлений; поведение таких животных "приводится" в соответствие с изменяющимися факторами среды путем естественного отбора;

- *самообучаемый (d)* - связан с высшей формой сигнальных приспособлений; животные самообучающегося уровня обладают перцептивной психикой;

- *рассудочный (r)* - высший уровень поведенческой индивидуальности; этого уровня достиг только человек.

Обратим внимание на то, что эти *пять уровней поведенческой индивидуальности совпадают с пятью принципами усложняющегося поведения систем* [3,4]. В конструкции моновидовых групп Ю.К. Рощевский также различает пять уровней по степени усиления целостности:

- *протоинтегративный (P, от греч. protos - первый)* - целостность системы определяется только близостью составляющих ее особей (механическая целостность); пример - скопление муравьев-фуражиров возле только что налитого сиропа;

- *эквипотенциальный (A, от лат. aequus - равный)* - целостность определяется поведенческим группированием, все особи такой системы равноценны (миграционные стаи

саранчи, шеренги муравьев-воинов, летящий за маткой рой пчел - примеры Ai, проходные строим солдат - пример Ar; Ad - подражание в прыжках в воду - "волна бегства" - прудовой лягушки *Rana esculenta*);

- *возвратно-дифференциальный (R, от лат. refero - нести назад)* - группировка особей осуществляется по социальным функциям; поведение разных функциональных групп различно и взаимозаменяемо (Ri - поведение муравьев в муравейнике, Rd - пожалуй, самый совершенный способ группового поведения животных);

- *облигатно-дифференцированный (O, от лат. obligatus - обязательный)* - каждая социальная общность индивидуумов выполняет только один комплекс поведенческих реакций, определяющих конструкцию группы, и не может выполнять никакой другой (вариант Od - семья, Oi - полиморфизм пчел, муравьев, термитов);

- *организменный (I, от лат. individuus - неделимый)* - элементы системы (особи) перестают функционировать как самостоятельные организмы, "...высокая интегрированность системы входит в такое сильное противоречие с индивидуальностью ее элементов, что полностью блокирует всякую возможность проявления у них каких либо поведенческих реакций" (цит. по [3, с.201]).

Гомологические ряды сообществ

Гомологические ряды сообществ [2, 5] – синтаксоны как близких, так и отдаленных типов растительных сообществ, характеризуются параллельными рядами изменчивости флористического состава.

"Свойства, присущие объектам, составляющим различные типы гомологических рядов, прослеживаются также и в раститель-

ности и отражающих ее разнообразие синтаксонах (*единица систематики растительных сообществ. – Ремарка наша*). В синтаксономии под общим планом строения мы будем понимать участие во флористическом составе близких синтаксонов одних и тех же групп диагностических видов, индицирующих определенный набор факторов среды. Группы диагностических видов в данном случае выступают в качестве однотипных, повторяющихся в разных синтаксонах и более простых по отношению ко всему флористическому составу синтаксонов элементов. Если в двух или более синтаксонах имеется не одна, а несколько повторяющихся групп видов, то изменчивость таких синтаксонов может быть представлена в виде рядов с параллельно меняющимся флористическим составом, которые мы будем называть *гомологическими рядами изменчивости растительных сообществ*" [2, с.427].

В качестве примера (табл.2) рассмотрим гомологические ряды изменчивости у трех ассоциаций сфагновых болот (две первые - из Западной Европы, последняя - из северо-западных районов России; [2, с.429-430]) класса *Scheuchzerio-Caricetea*, порядка *Sheuchzerietalia Nordh.* 1936, союзов *Rhynchosporion albae* Koch 1926 и *Caricion lasiocarpae* Van. Bergh. in Lebr. et al. 1949. Каж-

дая из трех ассоциаций имеет сходный набор субассоциаций, выделяемых по доминированию сфагновых мхов и образующих параллельные ряды изменчивости.

Представленный результат достаточно нагляден, и здесь прокомментируем только одно свойство гомологических рядов – прогностическую роль, т.е. способность предсказывать существование новых, еще не описанных типов растительных сообществ. Выявив в классификационной системе в одной из ассоциаций полный ряд изменчивости, следует ожидать, что и другие близкие к ней ассоциации будут иметь такие же ряды. Так, в сообществах олигомезотрофных болот (см. табл.2) ассоциации *Caricetum limosae*, описанных в Центральной и Северо-Западной Европе, отсутствуют субассоциации (в таблице они отмечены пунктирным овалом) *sphagnetosum maji* и *shp. baltici*, а в ассоциации *Sphagno-Rhynchosporietum* – субассоциация *sph. cuspidati*. "Возникает вопрос: связано отсутствие этих субассоциаций с какими-либо экологическими или фитосоциологическими ограничениями, или объясняется неполнотой данных? Поиск сообществ для заполнения пустующих мест в данных рядах показал, что такие синтаксоны были описаны на северо-западе России... и на Южном Урале. Основанием для прогноза служит

Таблица 2. Гомологические ряды изменчивости у трех ассоциаций сфагновых болот

Ассоциация	<i>Sphagno-Rhynchosporietum</i>							<i>Caricetum limosae</i>						<i>Caricetum lasiocarpae</i>					
	77	11	110	76	20	92	57	66	153	146	338	110	70	23	4	3	6	19	3
Номер синтаксона	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Диагностические виды ассоциаций и субассоциаций																			
<i>Rhynchospora alba</i>	V	V	V	V	V	V	V		I					I	I		I		
<i>Carex limosa</i>	I	IV	I	III	I	I	II	V	V	V	IV	V	V	I	I		I		
<i>Carex lasiocarpa</i>	I		I	I	I	I	II		I		I			V	V	V	V	V	V
<i>Sphagnum pulchrum</i>	V							V	I	I	I								
<i>Sphagnum lindbergii</i>		V						I	V				I						
<i>Sphagnum fallax</i>			V					I	I	V	I		I	V					II
<i>Sphagnum majus</i>	I	I		V					III	II	II	III			V				
<i>Sphagnum cuspidatum</i>	III	I	I	III	II	I	I	I	I	I	V		I	I		V			
<i>Sphagnum balticum</i>	I	III	I	II	V	I		II	II	I	I	II	I		III	V			I
<i>Sphagnum papillosum</i>	III	III	II	I	I	V	I	II	I	I	I	V	I					V	
<i>Sphagnum subsecundum</i>	I		I	I	I		V	I	I				V						V
<i>Sphagnum angustifolium</i>																III			V

Примечание. Субассоциации: колонки 1, 8 - *sphagnetosum pulchri*; 2, 9 - *sph. lindbergii*, 3, 10 - *sph. fallax*; 4, 15 - *sph. maji*; 5, 17 - *sph. baltici*; 6, 12, 18 - *sph. papillosum*; 7, 13 - *sph. subsecundum*; 11, 16 - *sph. cuspidatum*; 19 - *sph. angustifolium*. Римские цифры - постоянство видов в синтаксонах: I - 1-20%, II - 21-40%, III - 41-60%, IV - 61-80% и V - 81-100%. Штриховка - общее проективное покрытие: без штриховки - до 25%, далее - 26-50%, 51-75% и более 75%.

предположение, что близкие синтаксоны подчинены одному закону преобразования" [2, с.434].

Заметим, что в синтаксономии с конца 80-х годов [6, с.158] используется понятие "рефрен" (от фр. *refrain* – припев) – повторяющиеся синтаксоны-аналоги в параллельных экологических рядах (например, ряды по отношению к фактору засоления при разных режимах увлажнения). В этом контексте рефрены являются полным аналогом гомологических рядов в понимании А.И. Соломеща.

Зонально-ландшафтные гомологические ряды

Основными факторами географической зональности являются солнечная радиация и показатели количества влаги. Именно на этих параметрах основаны многочисленные индексы, оценивающие различия и сопоставляющие величины тепла и влаги в разных территориях. В настоящее время наибольшей популярностью пользуется "радиационный индекс сухости" М.И. Будыко, предложенный в 1948 г. и имеющий, по мнению многих географов, наиболее общий биогеографический смысл:

$$K_B = R / (L + r),$$

где R - годовой радиационный баланс; L - скрытая теплота испарения; r - годовая сумма осадков. Если $K_B = 1$, то это свидетельствует о соразмерности между количеством тепла и влаги, что характеризует наиболее благоприятные для биологических компонентов ландшафта условия. Значения $K_B < 1$ указывают на избыток влаги, $K_B > 1$ - на повышенную сухость.

Существует еще целый ряд гидротермических индексов, используемых при количественном анализе отдельных компонентов биосферы. Укажем только на один показатель, который использовал Д.А. Кривошук для анализа зонального распределения панцирных клещей, - "показатель благоприятствования условий":

$$K_K = R \frac{(F + L)}{F} \frac{r}{E_m},$$

где F - годовое количество опада, L - вес подстилки, E_m - среднегодовая испаряемость.

Концепция периодической географичес-

кой зональности Григорьева-Будыко [7] – со сменой физико-географических поясов аналогичные ландшафтные зоны и их некоторые общие свойства периодически повторяются. В частности, наблюдается повторение индекса Будыко (K_B). Как подчеркивает Ю.И. Чернов [8, с.16], "... в разных климатических поясах наблюдается повторение радиационного индекса сухости. Это позволило А.А. Григорьеву и М.И. Будыко высказать идею "периодического закона географической зональности": в разных климатических поясах имеются зоны-аналоги с близкими величинами радиационного индекса сухости, сходные по структуре сообществ. Величина индекса около единицы соответствует как зоне широколиственных лесов в умеренном поясе, так и определенным территориям в субтропическом и экваториальном. Тундрам в тропических широтах соответствуют территории с резким преобладанием болот (индекс в пределах 0,2-0,4)".

Хорошей иллюстрацией этой концепции являются данные Д.А.Кривошукского по соотношению численности панцирных клещей и индекса K_K (цит. по: [8, с.157]), представленные на рис.1.

Гомологические ряды общеэкологического плана

Фактически, такого рода рядами пред-

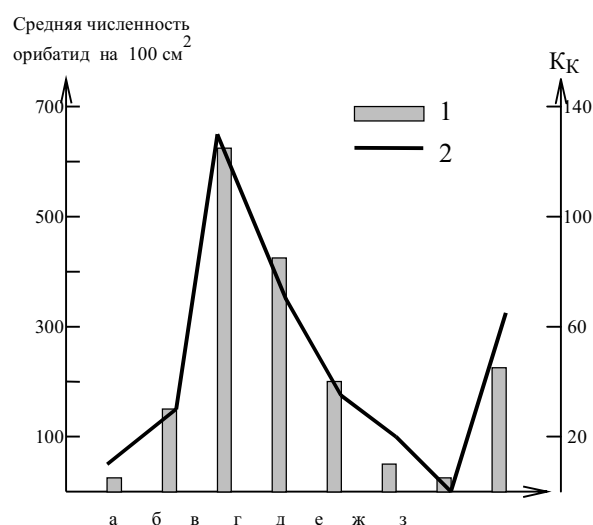


Рис. 1. Соотношение численности панцирных клещей (1) и "показателя благоприятствования условий" (2) в разных географических зонах: а - арктическая пустыня, б - тундра, в - тайга, г - широколиственный лес, д - луговая степь, е - сухая степь, ж - пустыня, з - субтропический лес [8]

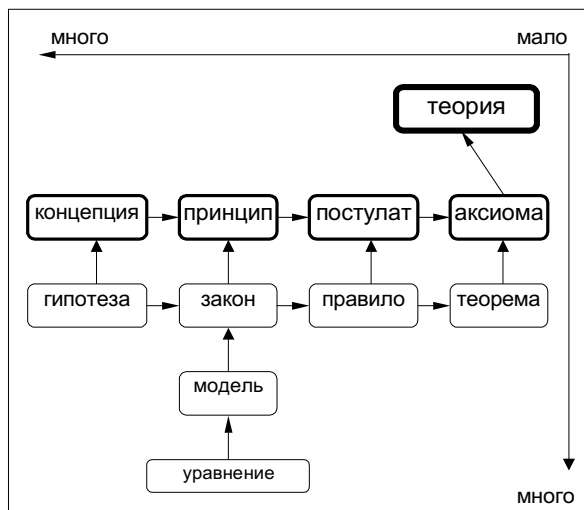


Рис. 2. Схема "соподчинения" основных теоретических конструкций (пояснения в тексте)

ставляются схемы "соподчинения" основных понятий (см. рис.2), которые призваны описать "ядро экологической теории" [3, 9, 10] или "центральное понятийное звено" [7, с.8].

Горизонтальные связи на этой схеме указывают направление возрастания "истинно-

сти" тех или иных положений теории, вертикальные - возрастание "важности", "главенства этих положений". Координатные оси указывают количественное соотношение различных понятий (очевидно, что частных уравнений будет значительно больше, чем основополагающих принципов, а гипотез - больше, чем теорем). Все теоретические конструкции современной экологии [7, 11] составляют фундамент "теоретической экологии" и объединены в 12 основных концепций современной экологии [3, 12], которые без подробного комментария представлены в табл.2. Естественно, что эти концепции не охватывают все многообразие теоретических конструкций – особенно это касается разделов математической экологии, где число построенных и проанализированных моделей и разного рода уравнений огромно. С другой стороны, предложенные схемы (система концепций) помогают определить "слабые места" в строящемся здании теоретической экологии, что и позволяет рассматривать их в качестве своеобразных гомологических рядов.

Таблица 3. Концепции, принципы и другие теоретические конструкции современной экологии

Подраздел экологии	Концепция	Гипотеза	Принцип	Закон	Постулат	Правило	Аксиома
Факториальная экология	Совокупного действия природных факторов	3	1	3	1	3	
Взаимодействие популяций	Естественного отбора	3	3	3		2	
Демэкология (структура)	Минимального размера популяции	7	1	2			
Демэкология (динамика)	Устойчивости популяций	3	1	1		1	
Экологические ниши	Экологической ниши	1	1	1		3	
Экологическое Разнообразие	Экологического разнообразия	2	2	2	1	5	
Экология сообществ (синэкология)	Экосистемы	3	2	1		2	
Структура сообществ (общие закономерности)	Континуума	3		4	2		1
Структура сообществ (частные, пространственные закономерности)	Периодической географической зональности		2	1		2	
Динамика сообществ (сукцессии, климакс)	Климакса	4	1	3	1	1	
Динамика сообществ (эволюция)	Сетчатой эволюции сообществ	3	1			3	1

Нетрудно видеть (табл.3), что число аксиом и теорем крайне мало (в этом просматривается прогностическая сила данной эколого-гомологической системы концепций современной экологии – можно видеть "слабые места" теоретических построений в экологии и, соответственно, направлять усилия на их преодоление). С другой стороны, представление всех известных теоретических конструкций по единой схеме способствует синтезу экологической теории.

Закончить статью хочется цитатой Н.И. Вавилова [1, с.54-55]: "Закон гомологических рядов не есть прокрустово ложе, ограничивающее изменчивость; наоборот, он вскрывает и вскрывает практически огромные возможности изменчивости, констатируя лишь, что в целом, при сопоставлении выполненных систем, путем исчерпывающего изучения всех звеньев, составляющих вид (как показано, - и не только. – *Ремарка наша*), ряды изменчивости, характерные для видов, проявляют не беспорядочный процесс, а определенные правильности, вытекающие по существу из эволюционного развития".

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вавилов Н.И. Закон гомологических рядов в наследственной изменчивости. Линнеевский вид как система. Л.: Наука, 1967.
2. Соломещ А.И. Гомологические ряды растительных сообществ: их природа и значение для классификации // Журн.общ.биол., 1995. Т.56. № 4.
3. Розенберг Г.С., Мозговой Д.П., Гелашивили Д.Б. Экология: Элементы теоретических конструкций современной экологии. Самара: СамНЦ РАН, 1999.
4. Флейшман Б.С. Основы системологии. М.: Радио и связь, 1982.
5. Соломещ А.И. Гомологические ряды изменчивости растительных сообществ: значение для синтаксономии // Докл. РАН. 1994. Т. 339. № 5.
6. Миркин Б.М., Розенберг Г.С., Наумова Л.Г. Словарь понятий и терминов современной фитоценологии. М.: Наука, 1989.
7. Реймерс Н.Ф. Природопользование: Словарь-справочник. М.: Мысль, 1990.
8. Чернов Ю.И. Природная зональность и животный мир суши. М.: Мысль, 1975.
9. Кузнецов В.И. Структура физической теории // Вопр. философии. 1967. № 11.
10. Розенберг Г.С. О структуре теоретической фитоценологии // Теоретические проблемы эволюции и экологии. Тольятти: ИЭВБ АН СССР, 1991.
11. Дедю И.И. Экологический энциклопедический словарь. Кишинев: Гл. ред. Молдав. Сов. Энциклопедии, 1990.
12. Розенберг Г.С. К построению системы концепций современной экологии // Журн. общ. биол. 1991. Т. 52. № 3.

ECOLOGY-HOMOLOGOUS SERIES OF DIFFERENT SCALES

© 2000 G.S. Rozenberg

Institute of Ecology of the Volga River Basin of Russian Academy of Sciences, Togliatti

The various variants of parallel variability (homologous) of ecological objects of a different nature are considered. The basic opportunity of use of the low of homologous series at a level populations, communities and theoretical designs of modern ecology is shown.

СТАНОВЛЕНИЕ ЭКОПРАВА В РОССИИ

© 2000 Г.П. Краснощеков

Институт экологии Волжского бассейна РАН, Тольятти

Рассматривается история экоправа¹, его развитие от обычного права к природоохранному и далее, к праву охраны окружающей среды.

"К сожалению, соображения бережного отношения к природе нельзя ни навязать, ни внушить насильно; только само по себе оно может незаметно войти и обиход каждого и стать никому снаружи незаметным, но непременным стимулом создателя."

Н.К. Рерих

Еще недавно бытовало мнение, что "в системе права нет места для так называемого "экологического права". Экологическую нагрузку должны нести все отрасли права, его институты и нормы права" [10]. Но экоправо утвердилось как самостоятельная отрасль, хотя еще нет общего мнения в трактовке его содержания. Например, В.В. Петров [9] рассматривает экоправо, как расширенное природоохранное право, отличное от природоресурсного (земельного, водного и т.п.). Б.В. Ерофеев [5] понимает экоправо значительно шире, как регулирующее все аспекты природопользования. Такой подход обоснован исторически и представляется более предпочтительным, поскольку экология (точнее - биосферология) является теоретической основой природопользования и специфические проблемы охраны среды, рационального использования ресурсов предусматриваются в законодательных актах, касающихся использования всех видов ресурсов.

В первобытном обществе человек был частью природы и подчинялся биологическим законам "природопользования", ограничиваясь удовлетворением самых насущных потребностей. Охотник, собиратель мало чем отличался от животных. В настоящее время бытует получившее широкое распространение представление, что крупные

природные изменения в прошлом являются результатом деятельности человека. Но подобного рода гипотезы не выдерживают серьезной критики, они скорее являются результатом проекции современного менталитета общества потребителей в далекое прошлое. Если бы имелись какие-либо научные доказательства существования человека в течение многих миллионов лет, как это предполагают адепты эзотерических учений, то и гибель каменноугольных лесов и вымирание динозавров было бы приписано современными алармистами деятельности человека. Несомненно, исчезновение мамонта в результате охоты на него первобытного человека или опустынивание Сахары вследствие вырубки лесов - весьма впечатляющие примеры возможных антропогенных воздействий. Но приводимые в пользу таких предположений археологические данные трактуются тенденциозно и однозначно, хотя имеются и другие мнения, не столь привлекательные для экологистов. Аналогичным образом можно приписать деятельности человека и потепление климата в постледниковом периоде, приведшее к исчезновению обширных материковых пространств в южной части Ледовитого океана.

Это соображение не означает недооценку "человеческого фактора". Цивилизованный человек уничтожил много видов животных, в том числе и многочисленных. Но в этих случаях решающее значение имела хищническая эксплуатация природных популяций (например, стеллеровой коровы) в погоне за прибылью или же сознательное истребление "вредных животных", наносивших ущерб сельскому хозяйству, та-

ких как американский бизон или дикий голубь. Но такой вид "хозяйствования" не был свойственен первобытному человеку. Сохранились же до наших дней многие представители "мамонтной" фауны, не менее привлекательные в качестве объекта промысла: зубры, лоси, медведи и многие другие. Не подтверждают гипотезы о хищническом использовании природных ресурсов и наблюдения над "отсталыми" народами, сохранившими традиционный уклад хозяйства. Потребление их, учитывая менталитет, низкую плотность населения, малую эффективность орудий промысла, находится в пределах экологических норм изъятия. Переход же человека к скотоводству, земледелию, наиболее вероятно, обусловлен не истощением охотничьих ресурсов, а гарантированным и менее трудоемким, нежели промысел, получением продовольствия. Так, до недавнего времени численность северного оленя в приполярной России намного превышала потребности местного населения, тем не менее здесь издавна развито домашнее оленеводство. Добыча дикого оленя, за редким исключением (преодоление рек во время миграций), требует и большого искусства и затрат труда, если "охотник" не располагает дальнобойным оружием и вертолетом.

Исторические данные свидетельствуют, что в первобытном обществе господствовало обожествление природы. Оно было распространено повсеместно, но наиболее выражено на Востоке, особенно, в Индии где сформировался и существует до сего времени культ всего живого. Божественное и природное в индусской философии неразделимы. В Индии уже в 6 веке до новой эры существовал джайнизм, основанный на непричинении вреда любым живым существам. Это крайнее выражение идей поклонения природе - наиболее последовательные джайнисты не занимались земледелием и даже отказывались носить одежду, опасаясь повредить населяющих почву и тело организмы, включая паразитов.

Противопоставление человека природе связано с возникновением христианства. Согласно этому учению, Человек вен-

чает божественное творение мира и действует по его воле. В Ветхом завете говорится "И сказал Бог: сотворим человека по образу и подобию Нашему; да владычествуют он над рыбами морскими, и над птицами небесными, и над всей землею, и над всеми гадами, пресмыкающимися на земле". Таким образом, Природа создана Богом для человека, как средство для его существования. Она - "антитеза божественному", отвлекает человека от Бога. Это вытекает из противопоставления духовной и "тварной", биологической сущностей человека - духовная должна преобладать, плоть же подлежит "умерщвлению". Языческие традиции обожествления природы противоречили христианству и постоянно преследовались церковью. Естественно, что и в христианстве имелись разные взгляды на природу. В настоящее время деятели церкви объясняют неблагоприятные изменения природной среды отходом от религиозно-этических принципов "хозяйственного аскетизма", преобладанием "хозяйственного эгоизма", но в целом концепция противопоставления природы и человека сохраняется в каноническом русле [6].

Экологические традиции "малых народов" сохранились до недавнего времени. Основной их принцип - не навреди. В частности, у бурят запрещалось вторгаться без нужды в чрево матери-земли за пределами подворья, заготавливать на дрова живые деревья при наличии сухостоя, рубить живые деревья вблизи стоянок, поселений, рубить ель, пихту, сосну (трудно восстанавливаемые виды), убивать некоторые виды животных. Были запретные территории - куруки, аналоги особо охраняемых территорий. В традиционном способе хозяйствования преобладало скотоводство, без узкой специализации. Население проживало небольшими улусами, а хозяйство велось экстенсивно (приусадебное, покосы, ближние и отгонные пастбища). Традиционно практиковался вывоз навоза на покосы. Все это снижало давление на экосистемы [8]. У калмыков хозяйство основывалось на разведении разных видов скота, что способствовало более полному использованию паст-

бищ. Последние уже в советское время были "съедены" овцами, практически вытесненными в результате специализации республики все другие виды домашних животных – в результате произошло выбивание пастбищ и опустынивание территории. Эти примеры демонстрируют эффективность природопользования аборигенного населения.

Напротив, привнесение пришлым населением или заимствование опыта хозяйствования, сложившегося в иных условиях, как правило, ведет существенное изменение среды, и даже к экологической катастрофе. В частности, Л.Н. Гумилев [3] полагает, что гибель цивилизации Междуречья была связана с заменой традиционно существовавшей здесь системы ирригации на принятую в Египте без учета различий гидрологического режима рек, что привело к засолению почв и краху поливного земледелия. Славяне, осваивая Восточную Европу, продолжали вести образ жизни, сложившийся в степной зоне. Лес для них был чуждой, враждебной средой, обиталищем, как свидетельствует фольклор, всяческой нечисти. Для создания полей необходимо было уничтожить лес, причем повторять эту процедуру неоднократно на протяжении одного поколения вследствие быстрой потери плодородия почв. "Тяжелая работа топором и огнем, какое заводилось лесное хлебопашество на пали, расчищенной изпод срубленного и спаленного леса, утомляла и досаждала. Этим можно объяснить недружелюбное и небрежное отношение русского человека к лесу: он никогда не любил своего леса" [16]. Особо интенсивно истребление леса шло в средне-русской черноземной области, где площадь лесов сократилась с 40% в XV-XVI веках, до 15% в лесной и 8% в лесостепной зоне в конце XIX века. Этот процесс усилился после отмены крепостного права, когда лес уничтожался и помещиками на продажу, и крестьянами, расчищавшими переданные им в наделы леса под пашню. [11]. Распашка казахстанских степей положила конец традиционному скотоводству, но не решила зерновой проблемы Советского Союза.

Природопользование в первобытном обществе регулировалось обычным правом в виде запретов, органичивающих добычу животных и охрану отдельных природных объектов (источники, озера, лесные массивы и другие, по современной номенклатуре, памятники природы). Обычное право закреплялось в древних нормативных актах. У бурят - в Ясе Чингисхана, Монголо-ойратском уставе 1640 года, кодексе "Халха-джирум" XVIII века. Позднее из обычного права дифференцировались общинное и сословное право. Элементы общинного регулирования природопользования сохранились вплоть до конца XIX века. Например, у оренбургских казаков им регулировался рыбный промысел. Нормировались места ловли, сроки и продолжительность добычи осетровых, подушевые квоты заготовок; соблюдение установленных правил строго контролировалось органами самоуправления. В результате условия воспроизводства запасы рыбы, прежде всего осетровых, в р. Яик было несравненно лучше, а ее запасы выше, нежели в низовьях Волги, где действовало весьма несовершенное государственное регулирование рыболовства. Обычное и общинное право были направлены на "устойчивое" использование ресурсов. Сословное право закрепляло привилегии великих князей, придворных, духовенства и иных социальных групп по мере их возникновения, преимущественно, в виде закрепления права частной собственности на природные ресурсы.

Наиболее ранним, дошедшим до нас правовым документом, регулирующим природопользование, является "Русская правда" XI века. Согласно ему, крупными штрафами каралась кража из ловчих сетей бобров, уток, гусей, лебедей, журавлей, ястребов и соколов (за бобра -12 гривен, как за убийство холопа). Охранялись и места обитания ценных животных - преследовалось разрушение бобровых нор, уничтожение и разорение пчелиных бортов; уничтожение бортовых деревьев, межевых знаков. Запрещалось без особого разрешения пользоваться путиками (тропами, где ставились орудия лова птиц, зверей) жителям других

деревень.

Основными правовыми актами в допетровскую эпоху были уставные грамоты, предоставлявшие в пользование природные объекты отдельным лицам, монастырям. В XVII веке природопользование регулировалось "Соборными уложениями". Регламентация видов деятельности стала более разнообразной. Например, определялось право пастбы лошадей проходящих войск придорожной полосой шириной в 5 сажень [1].

Преимущественными направлениями регулирования природопользования были следующие.

Бортничество – сбор меда диких пчел. Оно было важной отраслью хозяйства, существовал даже натуральный медовый налог. Бортничество способствовало сохранению флоры и фауны. Предназначенные для сбора меда "бортные ужожаи" (участки в десятки квадратных километров девственной природы) строго охранялись, находились в общественной собственности и распределялись по жребью. Писцовый наказ 1622 г обязывал писцов проводить сыск о порче бортных деревьев и штрафовать нарушителей в пользу казны. Но с XVII века бортные ужожаи стали заменяться пасаками, а охраняемые участки осваиваться под пашню.

Охрана засек - лесных полос, превращенных в трудноодолимые препятствия путем повала деревьев подсечкой в сторону возможного вторжения противника. Засеки располагались по южным границам государства, препятствуя набегам кочевников. Кроме того, они ограничивали распространение инфекционных заболеваний - служили своего рода карантинными сооружениями. В 1571г., когда угроза России с юга была в значительной степени ослаблена присоединением Казанского и Астраханского ханств, Иван IV издал указ об охране заповедных засечных лесов. Им предписывалось "учинить заказ крепкий, чтоб в заповедный засечный лес ходить, а нарушителям быть в смертной казни без всякой пощады", запрещение в этих лесах охоты,

бортничества и другой деятельности, "чтобы не было троп и дорог" [1]. Необходимость охраны засек была подтверждена указом 1678 года. Позднее засечные леса потеряли оборонительное значение, но им мы обязаны сохранению леса по границе со степью - в настоящее время остатки этих лесов включены в состав заповедников.

Охрана охотничьих зверей и угодий была обусловлена, прежде всего, потребностями заполнения досуга высшего сословия ("царская охота" сохранилась до нашего времени в специальных охотничьих хозяйствах, например, в Завидово – в недавнее время одним из крупнейших "заповедников"). Необходимость охраны была связана с изменением фауны вследствие уничтожения лесов. Последнее "настолько обеднило и изменило характер лесной фауны, что многочисленные свидетельства о прежнем ее богатстве и разнообразии нам кажутся теперь чем-то почти баснословным, невероятным" [11, с.78]. На охрану промысловых животных, регламентацию охоты были направлены многочисленные указы предшественника Петра Великого, царя Алексея Михайловича. Им был наложен запрет на использование капканов при добыче выдры, бобра (отнюдь не из гуманных соображений, как в законе "О животном мире" 1995 г.). Была запрещена также соколиная и псовая охота, за исключением царской (указ 1682 г.). Много внимания уделял регулированию охоты и Петр I, прежде всего вокруг столиц. В последующие годы законодательно регулировалась охота в период размножения животных - за исключением хищников она запрещалась с 1 марта по 29 июня (указ 1763г.); незаконная охота в период запрета каралась штрафом в 500 руб. или конфискацией средств охоты (указ 1831г.). В 1888 году введены правила охоты - вводилась плата за право на охоту, устанавливались дифференцированные сроки охоты для 3-х широтных зон, за исключением хищников. Но эти правила не регулировали охоту в частных владениях и не оказывали влияния на промысловую охоту за пределами Европейской части России.

Охрана рыбных запасов. Начало законодательного регулирования рыбной ловли относится к XVII веку. По "Соборному уложению" 1669г. за ловлю рыбы в чужом пруду надлежало отсекасть кисть. Помимо частных указов, представляет интерес акт 1674г. о запрете на ловлю сельди в Плещеевом озере на 2 года в связи с ее измельчением в результате перелова. С этого времени локальное ограничение лова отдельных видов рыб для восстановления численности практиковалось достаточно широко (указ 1752г. об ограничении лова ряпушки; 1763 г. - о запрете ловли стерляди менее 7 вершков на Неве). В 1704 г. уставом "О рыбной ловле" запрещены хищнические способы добычи - заколами, крючьями без наживки (поддев) и пр., не изжитые полностью до настоящего времени. С 1835 года указом об охране мест икрометания положено начало регулированию воспроизводства рыбы.

Охрана леса. Ограничения пользования лесом были связаны, в первую очередь, с сохранением дичи. К ним следует отнести указы, запрещающие заготавливать лес для выварки соли ближе 20 верст от поселений (Василий III), рубку леса в зоне 30 верст от Москвы, об охране леса в Якутии (1681 г) - "не жечь и не сечь лесов в ясачных местах, дабы зверь не бежал". В отдельных случаях лес охранялся в целях защиты от наводнений (указ о запрете использования леса на берегах Двины 1563 года: "того лесу не чистить и дров не сечи и лык не драть" [1] и сбережения рек (указ 1701 года об охране лесов, по которому запрещалась рубка леса в 30 верстах от берегов рек).

Особую заботу о лесе проявлял Петр I в связи с развитием кораблестроения. Это указы об объявлении отдельных лесных массивов заповедными; об охране отдельных видов деревьев: дуба, вяза, ясеня, сосны ... от 12 вершков, необходимых не только для кораблестроения, но и восстановления леса (мера, предусмотренная и действующим лесным кодексом); о посевах и разведении корабельных лесов. Незаконная порубка леса каралась штрафом в 10-15 руб. за каждое дерево, конфискацией имущества

или же наказанием кнутом. Леса вдоль рек были объявлены заповедными (для крупных рек - шириной в 50 верст, малых рек - 20 верст). В последующем эти законы были смягчены: с 1726г. запретные зоны вдоль крупных рек сужены до 15 верст, а по малым рекам и вообще отменены. С 1782 года владельцы частных лесов могли беспрепятственно рубить лес в пределах запретных зон. Охрана водозащитных лесов на малых реках была восстановлена только в 1980г. Постановлением СМ СССР.

При Екатерине II был разработан регламент лесопользования, предписывавший беречь лес от скота, гнать смолу из пней и корней, использовать для изготовления поташа второсортную древесину, а для заготовки дров - ветровал и бурелом. В 30-х годах XIX века была ужесточена охрана лесов от незаконных порубок и пожаров; в результате ущерб от них снизился в 3 и 50 раз соответственно [4]. В 1888г. введен лесозащитный закон, устанавливающий взимание при выдаче порубочного билета платы 25 руб. на лесовосстановительные работы. При Николае II был учрежден корпус лесничих для охраны государственных лесов. В 1893 году, в результате засух и голода на юге России, принят лесоохранительный закон, предусматривавший сохранение лесистости в степной и лесостепной зонах. Это уже был в полной мере экологический закон, основанный на признании ведущей ландшафтообразующей и климатоорегулирующей роли леса.

Охрана рек. Водоохранное законодательство в России формировалось относительно поздно, хотя первые шаги в этом направлении предпринимались при Петре I. П.Паллас [7] отмечал абсолютное пренебрежение в России состоянием рек и чистотой вод, даже используемых для питья. По видимому, результатом его наблюдений был указ 1803 г. о запрете загрязнения рек в городах, которым, в частности, определялось строительство фабрик и заводов, загрязняющих реки, выше городов. К началу XVIII века относятся и акты по очистке рек (Любавы - 1797г., Суры - 1803г.). Заселение черноземной области привело к ухудшению

качества поверхностных вод. "Частые запруды на многих реках нашей области, мочение в медленно текущей воде конопли и льна и засорение воды другими способами сделало невозможным пребывание в ней многих, отчасти особо ценных рыб" в конце XIX века [11].

Основы экоправа, в полном соответствии с нынешним его пониманием, в России были заложены Петром I. Суть его преобразований в законодательном регулировании природопользования можно свести к следующим положениям.

Переход от охраны сословных привилегий к государственному регулированию природопользования. В частности, им были созданы структуры, следившие за исполнением указов и управлявшие использованием леса (Вальдмейстерская канцелярия), недр (Берг-коллегия).

Положено начало регулированию недропользования. В 1719г. было установлено, что "все в собственных и чужих землях имеют право искать, плавить, варить и чистить металлы и минералы". За сокрытие руд или препятствование в строительстве заводов (если сам владелец земли не мог это сделать) полагались телесные наказания или смертная казнь (Соловьев, 1993).

Введены элементы рационального природопользования (заселение пустующих земель, распиловка леса вместо изготовления досок топором, уборка хлеба косой).

Установлен заповедный статус водохранных лесов, приняты меры к сохранению многоводности рек (указ 1701г. "о нечистке под пашню лесов по рекам, по коим леса гонят в Москву, а чистить их в 30 верстах выше").

Установлен заповедный статус водохранных лесов, приняты меры к сохранению многоводности рек (указ 1701г. "о нечистке под пашню лесов по рекам, по коим леса гонят в Москву, а чистить их в 30 верстах выше").

Помимо сохранения леса, положено начало его искусственному разведению, в том числе в степи (создание рощи "Дубки" в Таганроге в 1696г.).

Начата противопожарная охрана

леса (запрет разводить костры ближе 2 сажень от деревьев).

Заложены основы регулирования пользования и охраны водных объектов (указ 1718г. об охране водоемов).

Впервые осуществлены меры по охране почв (указ 1712г. о сохранении почвенного покрова при рубке лесов).

Положено начало регулированию рыбной ловли, запрещены истребительные способы добычи рыбы (Устав о рыбной ловле 1704 года).

Начато обогащение охотничьей фауны путем биотехники (указ 1937г. "О разведении зайцев около столицы").

Заложена основа урбоэкологии. До Петра забота о санитарии городов ограничивалась указами 1640г. об уборке павших животных в Москве и указами царицы Софьи "не оставлять на улицах навоз, мертвечину и всякий скаредный помет" [12, с.413]. Петром I введен обязательный вывоз нечистот москвичами со своих дворов (за неисполнение "бить батоги несчадно и убрать навоз"), запреты вываливать мусор на лед Невы (за нарушение - каторжные работы), повреждать зеленые посадки в городах (наказание - кнут и каторга).

При Петре I было принято более 60 указов, регулирующих природопользование. В последующие годы число законодательных актов в этой сфере нарастало: в 1725-1801 гг. было издано более 140 законов, а за 60 лет XIX века - около 300. Среди них: запрещающие или ограничивающие использование конкретных ресурсов (20-25%), регламентирующие исполнение основных актов (50%), отменяющие или сужающие область применения основных законов (около 15%), направленные на рекультивацию нарушенных территорий (около 8%). В XIX веке около двух третей законов уже относилось к практическим мерам по организации охраны природы.

Тем не менее, природоохранительное законодательство в России было развито слабо по сравнению с европейскими странами. Помимо более высокого уровня культуры, это объясняется ранним истощением природных ресурсов в Европе. В частности,

уже в XVI-XVII веках корабли в Англии, Голландии, Франции строились в основном из русского леса - своих лесов, пригодных для этих целей, практически не осталось [4]. Природные богатства России предрасполагали к бездумному их растраниванию. Существенную роль играла и исторически сложившаяся у основного населения России психология "пионерного освоения" девственных территорий, чему способствовало быстрое приращение природных ресурсов первоначально за счет Восточной Европы, Урала, а затем Сибири и Дальнего Востока. "За четыреста лет территория России увеличилась в 36 раз. Русский народ не столько завоевывал землю, сколько брал ее в плен. Эта военнопленная земля и работала на русский народ, работала без того, что он сам по-настоящему на ней работал. ...неустанный прилив хлеботородных равнин, которые приходилось наспех заселять и засеивать, лишал русский народ не только необходимости, но и возможности заботливого и тщательного труда на земле. Кое-как бередили все новую и новую новую целину" - писал Ф.А. Степун [14, с.221] (последнее освоение целины произошло уже в наше время при Н.С.Хрущеве, потом перешли на освоение нефтяных месторождений – Г.К.). Крепостное право, наряду с избытком природных богатств, сформировало у россиян психологию временщика, сохранившуюся в полной мере и при Советской власти и в постсоветский период (освоение Дальнего Востока, Азиатского Севера, хищническая эксплуатация природных богатств новым поколением временщиков - "новыми русскими").

В постсоветской время обычно идеализируется дореволюционная Россия. В действительности, масштабы расхищения естественных ресурсов трудно представить. По описанию И.П. Сырнева [15] на волжских рыбных промыслах большая часть добычи пропадала. Мелкая рыба при обильных уловах "выбрасывается в воду дохлая и часто уже протухлая, вместе с рыбой, небрежно приготовленной и также испортившейся, или закапывается вблизи промыс-

лов в землю (она даже не использовалась в качестве удобрений, как индейцами Америки – Г.К.), образуя собой огромная рыбная кладбища, распространяющая от себя страшное зловоние. Нередко выбрасывалась в воду и достаточно крупная рыба, с тем только, чтобы не пропустить, во время сильного хода сельди или воблы, товар в руки соседнего промысла и тем не подорвать своей фирмы". И все это при исполнении низовыми рыбопромышленниками всех действовавших постановлений устава Каспийско-Волжского рыболовства. В это же время в Румынии закон запрещал в течение всего года рыбную ловлю даже на удочку в местах миграции рыб из моря в пресные воды или из Дуная в плавни. Автор приводит мнение академика К. Бэра, высказанное в 1866 г., "Рыбаки и владельцы рыбных ловель делают все, что от них зависит, для уничтожения рыбного богатства, и надо удивляться, как еще природа противодействует их усилиям и как разрушение идет такими медленными шагами".

В конце XIX - начале XX веков вследствие развития капитализма и стремительного нарастания антропогенного пресса пришло осознание необходимости защиты природы общественностью. Отношение к охране природы складывалось неодинаково в разных странах. В традиционных европейских центрах рекреации, таких как Швейцария, приоритетным было сохранение естественных ландшафтов, их эстетического значения как национального богатства. В странах, ставших на путь индустриализации, например, в Германии, происходила стремительная деградация природных комплексов, особенно вокруг промышленных центров. Стал вполне ощутим урон природе в результате загрязнения атмосферы и водоемов. Развитие новых отраслей промышленности и технологий вело к быстрому увеличению объемов и спектра используемых ресурсов, увеличению техногенно измененных территорий. Возникла необходимость сохранения естественных природных комплексов для рекреации, охраны зверей, научных исследований. Нача-

лась организация национальных парков - первый из них, Йеллоустонский, был создан в США 1 марта 1872 г.

В России становление капитализма запаздывало, и отношение к природным ресурсам было двойственным. Интенсивное развитие промышленности сопровождалось ростом экстенсивного использования природных ресурсов. К этому времени в развитых странах Европы, особенно в Германии, стали очевидны признаки индустриальной деградации природы. Передовые ученые России, анализируя изменение среды в западных странах, настоятельно требовали принятия эффективных мер по охране природы. Этому способствовало катастрофическое сокращение численности наиболее ценных пушных зверей и рыбных ресурсов, традиционных источников русского экспорта, вследствие перепромысла. В 1882 г. в России промысловиками-охотниками был учрежден охотничий заказник для сохранения соболя на Камчатке, а 29 декабря 1916 г. с целью охраны и восстановления его численности - создан первый (существующий и поныне) Государственный Баргузинский заповедник. Создаются частные заповедники, из которых наиболее известны "Аскания-Нова" Фальц-Фейна, "Лес на Ворскле" графа Шереметьева, ставшие при Советской власти государственными; а так же научно-общественные заповедники (Вайка, Морицсала в Прибалтике).

В 1910 г., в год организации Всемирного союза охраны природы, в селе Хортица Екатеринославской губернии, населенном немецкими колонистами, создается первое Общество по охране природы. В 1910-1911 годах подобные общества возникают и на других территориях, включая столицы. При Императорском географическом обществе учреждается постоянно действующая природоохранная комиссия. По ее заданию Г.А. Кожевников и В.П. Семенов-Тянь-Шаньский разрабатывают проект сети заповедников для всей территории России ("О типичных местностях, в которых необходимо организовать заповедники по типу американских национальных парков"), вы-

полненный к концу 70-х годов почти на 80% и учитывающийся до настоящего времени (в частности, им было предусмотрено планирующееся в настоящее время заповедание соляных озер на севере Астраханской области).

В заключение следует отметить, что природоохранное законодательство царской России не может быть оценено однозначно. Оно, несомненно, прогрессировало, но значительно отставало от западноевропейского и не было последовательным: периоды ужесточения сменялись временами послаблений. Природоохранные требования зачастую были вторичны - приоритетными всегда оставались нужды развития промышленности. Право природопользования имело выраженный сословный характер. Контроль за исполнением законов был неравномерным на территории России - за Уралом он практически отсутствовал. В этих условиях преобладало хищническое природопользование. Природопользование в частных владениях практически не регулировалось. Наиболее тяжелым последствием этого явилось обезлесивание западной части России, Урала в связи с отменой крепостного права и развитием индустрии. Это повлекло снижение водности рек, обеднению и снижению запасов лесной и водной фауны. Однако, на рубеже веков возник новый фактор, который в существенной степени мог изменить ситуацию - в передовой части общества (и не только интеллигенции) зародилось общественное движение по сохранению природы России. Но вследствие краткости времени, он не был реализован в условиях царской России в полной мере и не стал силой, достаточной для изменения государственной политики в области использования природных ресурсов.

¹ Утвердившееся в отечественной литературе название экологического права некорректно, так как подразумевает правовую защиту науки - экологии. Более корректно назвать эту отрасль права биосферным правом или экоправом, поскольку "экос" может быть переведен и как дом и как освоенная территория (ойкумена).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Булгаков М.Б., Ялбулганов А.А. Природоохранные акты: от "Русской правды до Петра Великого // Государство и право. 1996. №8.
2. Бэр К. 1866 (цит по Сыпневу).
3. Гумилев Л.Н. Этногенез и биосфера Земли. М.: Из-во АСТ, 1997.
4. Дулов А.В. Человек и природа в России в XIV-XVII вв. // Природа. 1976. №12.
5. Ерофеев Б.В. Экологическое право. М.: Высшая школа, 1992.
6. Коханова Л., Меньшиков В. Религиозные традиции и вопросы экологической безопасности // Зеленый мир. 1994. №7.
7. Паллас П.С. Путешествие по разным провинциям Российской империи. СПб.: Императорская академия наук, 1809.
8. Панарин С. Тунка на перепутье // Зеленый мир. 1997. №8.
9. Петров В.В. Экологическое право России. М.: Из-во БЕК, 1995.
10. Рыбальский Н.Г., Жакетов О.Л., Ульянова А.Е., Шепелев Н.П. Экологическая экспертиза изобретений. Т.1. М.: ВНИИПИ, 1989.
11. Семенов П.П., Семенов А.П. Растительный и животный мир / Россия. Полное географическое описание нашего отечества. Т. 3. Средне-русская черноземная область. С-Пб.: Издание А.Ф. Девриена, 1902.
12. Соловьев С.М. История России с древнейших времен. Кн.7. М.: Мысль, 1991.
13. Соловьев С.М. История России с древнейших времен. Кн. 8. М.: Мысль, 1993.
14. Степун Ф.А. Мысли о России // Новый мир. 1991. №6.
15. Сырнев И.Н. Промыслы и занятия населения / Россия. Полное географическое описание нашего отечества. Т.6. Среднее и Нижнее Поволжье и Заповолжье. С-Пб.: Издание А.Ф. Девриена, 1901.
16. Цветаева М. Кедр // Новый мир. 1991. №7.

DEVELOPMENT OF ECOLOGICAL LAW IN RUSSIA

© 2000 G.P. Krasnoshchekov

Institute of Ecology of the Volga River Basin of Russian Academy of Sciences, Togliatti

Considered history of ecological law, its development from the common law to the legal protection of natural resources and hereinafter, to environmental law.

ЛОКАЛЬНЫЙ МОНИТОРИНГ ГЛОБАЛЬНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

© 2000 Э.Г. Коломыц, Г.С. Розенберг

Институт экологии Волжского бассейна РАН, г. Тольятти

Применительно к лесным экосистемам юга бореального пояса рассматриваются пути и методы разработки локального биоэкологического и геосистемного мониторинга глобальных изменений природной среды, вызванных антропогенными воздействиями на климат. На основе дискретных моделей предложены способы исчисления территориальной и функциональной организации лесных экосистем и ее антропогенной динамики в целях создания локальных и региональных ландшафтно-экологических прогнозов.

При выборе путей перехода к устойчивому развитию общества важное значение имеет вычленение антропогенной составляющей в происходящих глобальных изменениях природной среды, что предусмотрено, в частности, "Международной геосферно-биосферной программой" (МГБП) [16]. Как известно, один из основных трендов глобальных изменений связан с предстоящими и уже, по-видимому, начавшимися с 80-х годов [9, 17, 21] сдвигами климатического режима планеты (глобальным потеплением и соответствующими изменениями атмосферного увлажнения), обусловленными техногенным ростом содержания диоксида углерода и других парниковых газов в атмосфере. Глобальный экологический эффект антропогенного воздействия на климат составляет важнейший раздел биосферного мониторинга [11].

Наиболее благоприятными объектами мониторинга могут служить так называемые переходные зоны и прежде всего – зональные биоклиматические экотоны, обладающие повышенной чувствительностью как к фоновым изменениям климата, так и к импактным воздействиям человека. Такой обширной переходной зоной является основной водосбор Волжского бассейна. Он "насажен" на трансконтинентальный бореальный экотон Евразии, представляющий собой систему природных зон и зональных границ, разделяющих бореальный (преимущественно таежнолесной) биоклиматический пояс на севере и суббореальный (лесостепной, степной и пустынный) - на юге. В условиях современного

глобального воздействия человека на природную среду экологическая безопасность крупных территорий существенно зависит от состояния зонально-региональных типов экосистем и, в первую очередь, лесного покрова [6]. В этом состоит актуальность выбора бореального экотона как субпланетарной границы леса и степи в качестве одного из объектов биоэкологического и геосистемного мониторинга.

На бореальном экотоне происходит феноменальный переход соотношения тепла и влаги через 1. В этих условиях приграничные лесные экосистемы, имеющие значительное взаимное перекрытие своих климаареалов [7], неизбежно приобретают черты триггерных систем с гистерезисными свойствами, по определению [3], и находятся в состояниях, близких к критическим, что и определяет их повышенную чувствительность к воздействиям глобальной климатической системы. Вблизи южной границы лесной зоны на Русской равнине начинается обширный гистерезисный пояс, охватывающий лесостепь и северную степь [4] и отличающийся множеством метастабильных состояний природных, в том числе лесных, экосистем. В пределах этой "петли гистерезиса" даже незначительное ухудшение лесорастительных климатических условий способно вызывать необратимую деградацию лесных формаций.

Сложность выявления антропогенной составляющей в глобальных изменениях природной среды в значительной мере связана с многозначностью реакции разнопорядковых

ландшафтных структур и их элементов на одни и те же фоновые возмущения, что выдвигает на первый план проблему иерархии масштабов этой реакции и ее пространственной интеграции. В основе интеграционной пирамиды лежит структурно-функциональная организация природных комплексов локального уровня. Топогеосистемы представляют собой "... первичный аппарат энергетического и материального обмена в еосфере" [23, с.5], поэтому сфера геотопов представляет собой наиболее комплексную и активную часть природной среды, ее функциональное ядро [18, 24, 26]. Более того, гео- экосистемы локального уровня характеризуют в каждом регионе не только зонально-региональный фон территории, но и типичное разнообразие местных отклонений от этого фона, которые могут имитировать фоновые характеристики других регионов, нередко весьма отдаленных. Многообразие локальных природно-территориальных структур должно соответствовать и множеству их ответных реакций на глобальные изменения, что позволяет существенно раздвинуть рамки данной модельной территории и выйти на обобщения зонально-регионального масштаба.

Таким образом, локальный мониторинг глобальных изменений природной среды представляет собой стратегически наиболее фундаментальный, хотя и достаточно трудоемкий, путь научно-методического обеспечения оценок экологических последствий техногенных воздействий на климат в масштабе экономических и административных регионов. Практическое значение такой постановки проблемы несомненно, поскольку ответные меры по предотвращению возможных негативных последствий глобальных изменений климата должны разрабатываться в первую очередь на региональном и локальном уровнях [6, 8, 16].

В отечественной и зарубежной литературе уже описаны основные глобальные (и отчасти региональные) прогнозные характеристики предстоящих и уже начавшихся антропогенных гидро-климатических изменений: температурных условий и атмосферного увлажнения, испарения, речного стока и

других параметров [9, 10, 21 и др.], - а также структурно-функциональных сдвигов в растительном покрове и природных экосистемах в целом [12, 20, 25 и др.]. Однако эти прогнозные разработки носят весьма схематичный характер и нацелены главным образом на оценку общего будущего состояния биосферы как планетарной системы. Соответственно и масштабы приведенных в них прогнозных карт составляют не более 1:30-40 000 000. Методы регионального, а тем более локального прогнозирования остаются еще слабо разработанными, что связано как с недостатком фактического материала, так и с принципиальными методическими трудностями. Прежде всего, остается неясной сама реакция экологических (климатических) ниш почвенно-фитоценотического ядра региональных и локальных экосистем на перестройку фоновых атмосферных процессов, что стоит в ряду "всепроникающей неопределенности" [8] феномена глобальных изменений климата. По этой причине прямое "проецирование" общепланетарных геофизических сигналов на уровень локальных экосистем может привести к ошибочным результатам и вряд ли даст нужный эффект. Необходимо установить механизмы локального отклика на глобальные и региональные сигналы, выявив систему передаточных функций в ландшафтных связях, которая служит механизмом трансформации волн внешних воздействий при их прохождении по иерархической лестнице природных комплексов.

Общее направление исследований видится в разработке применительно к зоне переходов от леса к степи прогнозной геэкологической концепции "Глобальные изменения на локальном уровне" как научно-методической основы биоэкологического и геосистемного мониторинга. Концепция должна содержать в себе обоснование путей и методов установления тех параметров структурно-функциональной организации лесных экосистем юга бореального пояса, которые наиболее чувствительны к глобальным и региональным климатическим изменениям и которые, следовательно, могут быть использованы для получения региональных и локальных биогеографических и ландшафтных прогно-

зов в свете предстоящих антропогенных изменений климата.

Для получения первых рабочих вариантов указанной концепции следует решить по крайней мере три взаимосвязанные задачи. Во-первых, необходимо установить причинные механизмы территориальной организации и функционирования лесных экосистем на бореальном экотоне. Эти механизмы могут рассматриваться как передаточные звенья локального распространения и трансформации глобально-региональных климатических сигналов. Во-вторых, следует выявить пути прохождения и способы преобразования этих сигналов по системе межкомпонентных и межкомплексных ландшафтных связей, с построением соответствующих эмпирических моделей. В-третьих, нужно определить основные параметры структурно-функциональной организации лесных экосистем локального уровня, которые могут быть рекомендованы в качестве объектов глобального мониторинга биосферы.

Ключевым разделом исследований является разработка количественных методов оценки устойчивости лесных экосистем к геофизическим воздействиям по параметрам состояния их почвенно-фитоценотического блока. С этой целью необходимо построить эмпирические модели структуры и функционирования лесных биогеоценозов, находящихся в критических условиях зональных переходов от леса к степи. Затем по функциональным моделям следует оценить замкнутость круговорота первичного органического вещества как фактор устойчивости биосферы на локальном уровне ее организации. Наконец, основываясь на характеристиках устойчивости, предстоит выявить мозаику локальных реакций на глобальные воздействия с помощью прогнозных экспериментов с моделями ландшафтных связей при заданных параметрах ожидаемых изменений глобального климата.

Переход природных экосистем из одного состояния в другое происходит в форме определенных цепных реакций в системе межкомпонентных и межкомплексных ландшафтных связей. Важнейшими звеньями этих связей служат показатели первичного продук-

ционного процесса и разложения мертвого органического вещества [7, 19]. Чем ниже ранг гео(эко-)системы, тем сложнее структура окружающей ее среды [23], поэтому следует ожидать, что цепные реакции наиболее отчетливо проявляются именно на локальном уровне. Чтобы выявить систему таких реакций, необходимо располагать массовым эмпирическим материалом, который может быть получен лишь в результате крупномасштабных ландшафтно-экологических съемок на специально подобранных для этого модельных полигонах. Методика проведения таких съемок уже достаточно хорошо разработана и апробирована [2, 14].

Полигоны площадью каждый 10-20 кв.км. выбираются в зависимости от того, какие природные комплексы необходимо изучить: естественные относительно ненарушенные или, наоборот, подверженные антропогенной дигрессии, коренные или сукцессионные. На каждом полигоне в течение 10-12 дней в середине вегетационного периода производится съем информации не менее чем в 45-50 лесных биогеоценозах (ландшафтных фациях) по 80-100 параметрам их состояния [14]. Это позволяет в дальнейшем проводить статистическую обработку материала на основе представлений о вероятностной природе ландшафтных закономерностей [5]. Топогеосистемы выбираются таким образом, чтобы охватить все звенья ландшафтных сопряжений на данной модельной территории, основные типы леса, а также их доминирующие сукцессионные ряды. Все параметры состояния биогеоценозов группируются в 6 геокомпонентных блоков: гидрогеоморфологический, почвенный морфологический, фитоценотический структурный и фитоценотический функциональный, ландшафтно-геофизический, ландшафтно-геохимический. Там, где природные экосистемы сильно изменены человеком, необходимо выделять отдельно седьмой блок признаков их антропогенной трансформации.

Сущность функционирования каждого биогеоценоза составляют вертикальные вещественно-энергетические потоки [11, 19, 23], которые в данном случае фиксируются дискретными параметрами состояния различ-

ных геокомпонентов: почвенно-грунтового субстрата, грунтовых и почвенных вод, приземной атмосферы, фитоценотической среды. Интегральным показателем функционирования экосистем служит, как известно, малый биологический круговорот, основными звеньями которого являются синтез и разложение растительного вещества. Анализ локальных биотических потоков можно проводить по результатам "работы" отдельных звеньев этого круговорота - различным живым и мертвым фитомассам (скелетной и зеленой, древесной, кустарниковой и травянистой, подстилочной и гумусной массой), которые рассматриваются как функциональные параметры состояния экосистем. Абиотическую группу геопотоков характеризуют: относительные значения суммарной радиации и радиационного баланса под пологом леса, глубина залегания грунтовых вод, температура и влажность почвы, морфологические признаки вертикального почвенного профиля, содержание типоморфных химических элементов в почве и др.

Выявление параметров и движущих сил биологического круговорота должно лечь в основу построения моделей устойчивости экосистем. Решение этой задачи существенно облегчается тем, что к настоящему времени уже достаточно хорошо разработаны теория и методы моделирования ландшафтных связей и доказана эффективность использования моно- и полисистемных моделей в различных отраслях географии и экологии [1, 2, 5, 13, 14, 22, 27 и др.]. Исходя из опыта применения математических методов в ландшафтной экологии, представляется целесообразным построение следующих моделей функционирования, устойчивости и динамики экосистем локального уровня:

- теоретико-информационных моделей, вскрывающих тесноту межкомпонентной сопряженности, каналы цепных реакций на внешние возмущения и систему экологических ниш фитоценозов и почв в пространстве абиотических факторов среды [2, 14, 22];

- теоретико-множественных моделей (класс моделей "размытых" множеств), описывающих с помощью мер сходства-контрастности и включения [1, 13] структуру веще-

ственно-энергетических полей и потоков как носителей латерального распространения "волн" трансформации гео(эко-)систем от того или иного очага воздействия;

- кластерных и других таксономических моделей, характеризующих иерархическую структуру функциональной организации и устойчивости лесных топогеосистем, а также запасы их гомеостатичности в критических условиях их существования [13].

- модели марковских цепей, с помощью которых устанавливаются наиболее вероятные направления и скорости переходов биогеоценозов и их отдельных компонентов из одного состояния в другое при заданных параметрах фонового гидро-климатического воздействия [15].

Все указанные модели используются в конечном итоге для разработки прогнозно-экологических сценариев для сети межкомпонентных и межкомплексных связей. Сценарии должны вскрыть систему преобразований фоновых ландшафтно-геофизических сигналов и передачи их с глобального уровня на региональный и локальный. Сами же возмущающие воздействия могут задаваться по тому или иному варианту глобального климатического прогноза (ретроспективного, теоретико-расчетного и др.), либо в виде параметров прямого нарушения гидрологического режима территории (например, при гидротехническом строительстве).

В первую очередь для каждого прогнозного сценария выполняются численные эксперименты с моделями бинарной ординации геокомпонентных признаков лесных экосистем (структурных и функциональных). Преобразования одних состояний геотопов или их отдельных признаков в другие состояния проводятся путем операций с их экологическими нишами [15, 22]. Прогнозные эксперименты с моделями можно осуществлять, например, по методике ландшафтно-экологического прогнозирования как системе операций с гидротермическими нишами гео (эко-) систем на основе последовательного использования методов теорий информации, дескриптивных множеств и марковских цепей. Прослеживая по каналам связей те или иные сдвиги экологических ниш одного признака

(явления) по градиенту другого (фактора), можно установить систему передаточных функций, осуществляющих распространение внешних вещественно-энергетических сигналов по сети межкомпонентных связей. На основе этого, а также исходя из установленных ранее закономерностей абиотической ординации самих биогеоценозов выявляется мозаика цепных реакций лесных геосистем и их почвенно-растительного блока на глобальные изменения климатической системы или на местные воздействия.

В дальнейшем можно перейти к прогнозным оценкам гидро-климатогенной трансформации самой территориальной мозаики локального геопространства. Здесь рекомендуется использовать скалярные и векторные меры ландшафтной текстуры, представленные, например, в моделях географического соседства и эффекта дальнего действия геосистем, находящихся друг с другом в парагенетических связях [15]. Эти модели вскрывают закономерности позиционной упорядоченности природных комплексов и позволяют типизировать ландшафтные границы по степени выполнения ими коннекционных или, наоборот, барьерных функций, что важно для оценки "волновой проводимости" различных звеньев катен и сетеобразующих связей между ними.

Наконец, численные эксперименты с текстурными моделями геопространств по заданным вариантам фоновых или местных геофизических возмущений позволят установить наиболее вероятные направления и относительные скорости распространения "волн" этих сигналов по системе катен. При этом, следует ожидать неизбежное многообразие локального отклика различных парагенетических звеньев катен на одно и то же фоновое гидротермическое воздействие: например, одни биогеоценозы приблизятся к местному ландшафтно-экологическому оптимуму [14], другие, наоборот, будут удаляться от него. Соответственно произойдут изменения запасов гомеостатичности в лесных экосистемах, что для многих из них будет означать переход через критическое состояние, с последующей необратимой деградацией.

Изложенные теоретические и методи-

ческие подходы могут быть использованы, по нашему мнению, в разработке научных проектов по локальному мониторингу глобальных изменений как одного из стратегических направлений реализации МГБП на ближайшую перспективу.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреев В.Л. Классификационные построения в экологии и систематике. М.: Наука, 1980.
2. Арманд А.Д. Информационные модели природных комплексов. М.: Наука, 1975.
3. Арманд А.Д., Ведюшкин М.А. Триггерные геосистемы. М.: Ин-т географии АН СССР, 1989.
4. Арманд А.Д., Кайданова О.В. Ландшафтные триггеры // Изв. РАН. Сер. геогр. 1999. № 3.
5. Арманд Д.Л., Преображенский В.С., Арманд А.Д. Природные комплексы и современные методы их изучения // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1969. № 5.
6. Арский Ю.М., Данилов-Данильян В.И., Залиханов М.Ч., Кондратьев К. Я., Котляков В.М., Лосев К.С. Экологические проблемы: что происходит, кто виноват и что делать. М.: МНЭПУ, 1997.
7. Базилевич Н.И., Гребенщиков О.С., Тишков А.А. Географические закономерности структуры и функционирования экосистем. М.: Наука, 1986.
8. Бертон И. Глобальное потепление и районы устойчивости // Глобальные изменения и региональные взаимосвязи. М.: Ин-т географии АН СССР, 1992.
9. Будыко М.И. Климат конца двадцатого века // Метеорология и гидрология. 1988. №10.
10. Будыко М.И., Борзенкова И.И., Менжулин Г.В., Селяков К.И. Предстоящие изменения регионального климата // Изв. РАН. Сер. геогр. 1992. № 4.
11. Герасимов И.П. Экологические проблемы в прошлой, настоящей и будущей географии Мира. М.: Наука, 1985.
12. Кобак К.И., Кондрашева Н.Ю. Глобальное потепление и природные зоны // Метеорология и гидрология. 1992. № 8.

13. *Коломыц Э.Г.* Полиморфизм ландшафтно-зональных систем. Пушкино: Ин-т экологии Волж. бассейна РАН, 1998.
14. *Коломыц Э.Г., Юнина В.П., Сидоренко М.В., Воронников В.П.* Экосистемы хвойного леса на зональной границе. Нижний Новгород: Ин-т экологии Волж. бассейна РАН, 1993.
15. *Коломыц Э.Г., Розенберг Г.С., Колкутин В.И. и др.* Экология ландшафтов Волжского бассейна в системе глобальных изменений климата (прогнозный Атлас-монография). Нижний Новгород: "Интер-Волга", 1995.
16. *Котляков В.М.* География и выживание человечества // Изв. РАН. Сер. геогр. 1992. № 2.
17. *Котляков В.М.* Наука, общество, окружающая среда. М.: Наука, 1997.
18. Крауклис А.А. Проблемы экспериментального ландшафтоведения. Новосибирск: Наука, 1979.
19. *Одум Ю.* Основы экологии. М.: Мир, 1975.
20. Оценки экологических и социально-экономических последствий изменения климата / Отв. ред. *Ю.А. Израэль* и др. СПб.: Гидрометеиздат, 1992.
21. Предстоящие изменения климата. Совместный Советско-Американский отчет о климате и его изменениях / Под ред. *М.И. Будыко* и др. Л.: Гидрометеиздат, 1991.
22. *Пузаченко Ю.Г., Скулкин В.С.* Структура растительности лесной зоны СССР: Системный анализ. М.: Наука, 1981.
23. *Сочава В.Б.* Геотопология как раздел учения о геосистемах // Топологические аспекты учения о геосистемах. Новосибирск: Наука, 1974.
24. *Сочава В.Б.* Введение в учение о геосистемах. Новосибирск: Наука, 1978.
25. *Leemans Rik.* Modelling for species and habitats: new opportunities for problem solving // The Science of the Total Environment. 240. 1999.
26. *Opp Chr.* Eine Diskussion zum Catena-Begriff // Hall. Jb. f. Geowiss. 13d. 8. VEB H. Haack Gotha. 1983.
27. *Richling A.* Frequency and force of interdependences between components of the geographical environment // Geographia Polonica. 1976. V.33.

LOCAL MONITORING OF GLOBAL ENVIRONMENTAL CHANGES: PROBLEMS AND OUTLOOKS

© 2000 E.G. Kolomytz, G.S. Rozenberg

Institute of Ecology of the Volga River Basin of Russian Academy of Sciences, Togliatti

The ways and methods of development of local bioecological and geosystem monitoring of global environmental changes resulting from the anthropogenic impact on climate are considered as applied to forest ecosystems in the south of the boreal belt. It is proposed to reveal a system of chain reactions in landscape connections at the modeling of scenarios of local response to global climatic changes. The parameters of territorial and functional organization of forest ecosystems are recommended to be used in creation of local and regional landscape-ecological forecasts in the light of future anthropogenic changes in the climate.

УДК 574

ЭВОЛЮЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЯДОВ ПРОИЗВОЛЬНОЙ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ: НЕОБХОДИМОСТЬ И МЕТОДИКА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

© 2000 В.Г. Морозов

Институт экологии Волжского бассейна РАН, г. Тольятти

Обсуждается методика прогнозирования с использованием синтеза коллективного прогноза. Приводится результат прогнозирования искусственного примера.

"Прогнозирование экологическое – предсказание возможного поведения природных систем, определяемого естественными процессами и воздействием на них человечества" [28, с.409].

Уже с начала восьмидесятых началось интенсивное формирование экологического прогнозирования как самостоятельного научного направления, что обусловлено резко возросшей актуальностью принятия защитных превентивных мер по отношению к отдельным видам и биоценозам, а также необходимостью бережного использования исчерпаемых природных ресурсов в хозяйственной деятельности человека [18,19].

Экосистемы характеризуются большим числом взаимосвязанных и взаимообусловленных элементов (факторов). Поэтому в них нельзя четко выделить "роль" (прогностическую ценность) каждого элемента системы, так как динамика элементов системы оказывается результатом совместного воздействия других ее элементов и факторов, действующих извне. Такие системы, по В.В. Налимову [21], относятся к "плохо организованным" или "диффузным". Как отмечает С.Бир [3], "Связанность биологической системы как системы несравненно выше, чем любой неживой системы". Более того, для большинства экосистем идентифицируется целый спектр элементарных механизмов, каждый из которых реализуется только при выполнении определенных условий. В общем случае они хитро переплетаются и, смешиваясь друг с другом, образуют результирующий, "истинный" механизм функционирования системы [25].

Таким образом, правильно будет действующие в системе факторы изучать как некоторую совокупность взаимодействующих величин [33]. Поэтому прогнозирование их состояния и всей системы в целом при изменяющихся условиях крайне сложно [9].

Поиск чувствительных критериев оценок состояния экосистем часто замыкается на проблемах биоиндикации. Под этим подразумевается выявление "чувствительных" и "устойчивых" по отношению к какому-либо фактору видов [25].

Считается, что чувствительные гидробионты исчезают из биоценоза, а устойчивые сохраняются или даже процветают в новых антропогенных условиях среды. Безусловно, для хорошо исследованных экосистем изменение соотношения численности устойчивых и чувствительных видов служит показателем их состояния.

Биоиндикация по сохранившимся устойчивым видам позволяет констатировать явно выраженное загрязнение экосистем, разрушение, распад, дегенерацию сообщества, но не позволяет определить предел, до которого допустимо безопасное для данной экосистемы поступление антропогенных веществ. Для решения последней задачи необходимы наблюдения за популяциями наиболее чувствительных видов. Критерием их состояния являются изменения показателей смертности и рождаемости, генотипической структуры и пространственно-временных особенностей. На основе этих показателей возможен и прогноз состояния экосистем, т.е. вероятных перестроек биоценозов.

В общем случае основой прогноза может стать исследование отдельных подсистем единой экосистемы. Например, при изучении экосистем тундры основное внимание стали уделять циклам деструкторов и питательных веществ как основе для прогнозирования их состояния [24]. При моделировании и прогнозировании состояния экосистемы озера Байкал такой основой служит сообщество планктонных организмов [16]. Возникновение морфозов [т.е. наследственных изменений (модификаций), вызванных экстремальными или необычными для вида факторами внешней среды (облучение, действие химических веществ и др.)] нередко зависит от отклонения режима таких экологических факторов, как ионизация приземного слоя воздуха, атмосферное электричество и т.д., способных вызвать смещение фенофаз у растений и нарушить регуляцию их метаболизма [32]. Поэтому, когда мы будем говорить о состоянии некоторой экосистемы, это можно толковать как состояние ее существенной подсистемы.

Экосистемы представляют собой специфический подкласс сложных систем. При разработке экологических прогнозов нужно иметь в виду ряд важных принципов системологии [35]. Применительно к рассматриваемой проблематике эти принципы формулируются следующим образом [5, 29, 30].

Принцип множественности моделей [21]: одни и те же аспекты экосистемы могут изучаться с помощью различных моделей, имеющих одинаковое право на существование.

Принцип omnipotentности [22]: существуют факторы (они-то и называются omnipotentными, т.е. всемогущими), которые вчера и сегодня не играли никакой значимой роли в динамике той или иной экосистемы, но которые могут оказывать на нее определяющее воздействие завтра.

Принцип контринтуитивного поведения [37, 38]: сложные системы (в том числе и экологические) ведут себя совсем не так, как подсказывает нам наша интуиция, т.е. ведут себя контринтуитивно. Причинами такого поведения являются объек-

тивная сложность экосистем, субъективность наших знаний и уже названный принцип omnipotentности факторов.

Принцип несоответствия точности и сложности [11, 12]: понятия "точности" и "сложности" при прогнозировании структуры и поведения экосистем обратно пропорциональны. Чем глубже анализируется реальная экосистема, тем менее определенны наши суждения о ее поведении.

Таким образом, несмотря на то, что правдоподобных моделей одной и той же экосистемы можно предложить несколько (первый принцип), ни одной из них безоговорочно доверять нельзя (второй принцип), как нельзя доверять и экспертам (третий принцип). В силу же четвертого принципа высокие стандарты точности при экологическом прогнозировании оказываются вообще недостижимыми. Поэтому один из основных итогов математизации экологии состоит в осознании принципиальной непредсказуемости состояния многих систем, что является для прогностики аналогом понимания невозможности создания вечного двигателя [5].

Пример – оценка нефтяного загрязнения по наличию углеводородокисляющих бактерий. О.Г. Миронов [20] отмечает наличие прямой связи между количеством углеводородокисляющих микроорганизмов и наличием нефти в морской воде, увеличение видового разнообразия микроорганизмов в местах постоянного нефтяного загрязнения, а М.В. Гусев и Т.В. Корнелли [10] показывают, что численность нефтеокисляющих бактерий не может служить показателем степени нефтяного загрязнения водной системы.

В 1975 г. в Нью-Йорке в разных издательствах вышли в свет две монографии: Х. Вилкоккс в книге "Теплица Земля" приводит расчет и прогноз ожидаемого в ближайшие десятилетия потепления климата, а Н. Кальдер в работе "Механизм погоды" не менее убедительно прогнозирует похолодание климата [30].

Ю.И. Самойлов [31, с.974], исследуя флуктуационную изменчивость растительности пойменных лугов р.Мсты, заключа-

ет: "...в результате анализа поведения отдельных видов в 1961-1965 гг. оказалось, что за незначительным исключением *невозможно установить общие для района исследований закономерности*, которым подчиняются колебания обилия того или иного вида в этот период. В разной фитоценотической обстановке – разный ритм и амплитуда колебаний".

Эти примеры заставляют учитывать противоречивость результатов экспериментальных данных и оценок природной ситуации и результатов коррелирования природных процессов. Очевидно, зависимость между экологическими параметрами не прямолинейна и не однозначна, а с течением времени меняется, и в очень широких пределах.

"В тех случаях, когда мы можем наблюдать параметр интересующего нас объекта, но не располагаем сведениями о структуре и механизме связей между элементами сложной системы, поведением которой определяется значения этого параметра, подход самоорганизации представляется единственным надежным средством создания прогностических моделей" [2, с.53]. Основной идеей этого подхода является тезис о том, что вся информация о взаимодействии элементов исследуемой системы заключена в экспериментальных данных и исследователю остается только извлечь ее оттуда. Синтез модели по методам самоорганизации не требует глубокого понимания объекта и проникновения в механизм действия явления. Самоорганизующиеся модели предназначены только для предсказания поведения и структуры сложных систем. Они не способны нести объяснительную функцию теории исследуемых систем и явлений (на что указывают и сами авторы этих подходов).

Примеры наиболее сложных из существующих систем, возникших в процессе самоорганизации и самоорганизующихся, дает нам сама природа. Это биологические системы. Отталкиваясь от них, под самоорганизацией понимают самопроизвольное возникновение организации (упорядоченности) в замкнутой или незамкнутой, но

автономной системе [28, 34]. "Одним из проявлений эффективного случайного поиска в природе являются законы эволюции, открытые Ч.Дарвином, - естественный и искусственный отбор" [28]. Поэтому необходимо наличие трех условий, позволяющих говорить о самоорганизации системы:

- необходимость иметь исходную организацию, которая в принципе может быть синтезирована случайным образом [28, 40];
- наличие механизма случайных мутаций имеющейся организации;
- наличие механизма отбора, благодаря которому мутации оцениваются с точки зрения их "полезности" для улучшения организации [28, с.198].

Среди методов создания прогнозных моделей на основе самоорганизации наибольшую известность получили эволюционное моделирование [8, 36] и Метод Группового Учета Аргументов (МГУА), разработанный А.Г. Ивахненко [13, 14]. Описываемая работа основана на первом из них.

В эволюционном моделировании используются те же механизмы эволюции (исходная организация, случайные мутации и отбор), которые характерны для процесса самоорганизации. Основой этого метода является замена моделирования сложной системы моделированием процесса ее эволюции [5]. Эволюционные алгоритмы рассчитаны на работу в условиях принципиально неустранимой априорной неопределенности, поэтому им присущи постоянное слежение за внешней средой и чередующиеся этапы адаптации и принятия удовлетворительного решения [8].

Для моделирования эволюции необходимо выбрать вид математического представления "организма". Основоположники метода [36] предложили использование в этой роли конечного автомата, т.е. машины определенной на конечном алфавите возможных входных символов, конечном алфавите возможных выходных символов и некотором конечном числе возможных внутренних состояний. Для задания такого автомата каждое из этих состояний должно быть описано через символы, которые появляются на выходе машины, когда она

находится в данном состоянии и получает любой из возможных входных символов. С точки зрения аналогии между эволюционной программой и процессом биологической эволюции в качестве средства для представления эволюционирующего организма была выбрана диаграмма состояний.

В математическом выражении [8, 29] "организм" – это конечный детерминированный автомат Мили, которым называют объект $A = \{X, Z, S, f_z, f_s\}$, где $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ – конечное множество входных символов (входной алфавит); $Z = \{z_1, z_2, \dots, z_m\}$ – конечное множество выходных символов (выходной алфавит); $S = \{s_1, s_2, \dots, s_p\}$ – конечное множество состояний автомата; $z_j = f_z(x_j, s_j)$ – функция выхода, определяющая какой сигнал z_j появляется на выходе автомата, если он находился в состоянии s_j и на входе принят сигнал x_j ; $s_{j+1} = f_s(x_j, s_j)$ – функция перехода, определяющая в какое состояние s_{j+1} перейдет автомат, если он находился в состоянии s_j и на входе был принят сигнал x_j . Состояние s_0 , на которое в момент времени t_0 подается первый сигнал входной последовательности $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, называется начальным состоянием. В результате "потактной" работы в моменты времени t_1, t_2, \dots, t_N на выходе автомата появляются символы выходной последовательности $\{z_1, z_2, \dots, z_n\}$. Графический способ задания автомата Мили сводится к построению ориентированного графа, вершинами которого являются состояния автомата S , а у ориентированных дуг, связывающих вершины, ставятся символ входного алфавита, вызывающий изменение состояния автомата в направлении ориентированной дуги, и получающийся в результате этого изменения выходной символ (x_i / z_j).

Для нахождения целевого автомата задается режим мутаций, позволяющий перейти от исходного автомата ("родителя") к последующему ("потомку"). Если новый автомат дает прогноз с меньшей средней ошибкой, то его оставляют для дальнейшего улучшения, а предшествующий автомат забывают ("потомок выживает"); в противном случае продолжают улучшать "родительский" автомат. Эволюционное моделирование предусматривает следующие пять основных режимов мутаций [36]:

- добавление одного состояния (соответственно определение переходов из этого состояния в другие);
- удаление одного состояния;
- случайное изменение начального состояния;
- изменение направления перехода от одного состояния к другому;
- изменение соотношения символов "вход/выход" при переходе от одного состояния к другому.

Процесс изменения автоматов может быть прекращен либо по истечении заданного времени эволюции, либо по достижении заданного заранее граничного значения качества прогноза, либо по этим двум критериям совместно [8].

Значительные трудности возникают при попытке выразить принципы эволюционного программирования средствами обычной математики. Последовательность получаемых конечных автоматов зависит частично от статистического процесса мутаций, частично же от исследуемых данных, то есть типа среды, в которой эволюционирует "организм". Поэтому любое формальное представление процесса эволюции должно быть ограничено конкретным классом сред. Но сущность эволюционного программирования как раз и состоит в его гибкости, универсальности. Оно представляет собой процедуру, включающую случайный процесс генерации никогда не прекращающейся последовательности альтернативных гипотез о логике среды и принятии решений [36].

Классические методы принятия реше-

ний основаны на предположении, что среда либо стационарная, либо может быть приведена к стационарному виду с помощью простых преобразований. Далее, обычно предполагают, что среда не зависит от принимаемых решений. Ни одно из этих классических допущений не является обязательным в эволюционном программировании. Его ценность связана с наследованием полезных свойств в процессе исчерпывающего поиска, что стало возможным только после появления быстродействующих компьютеров.

Таким образом, эволюционное моделирование является реализацией научного метода, в котором на гипотезы лишь наложено то ограничение, что они должны представлять собой конечные автоматы. Старое изречение, что "машина никогда не знает больше программиста", уже оказывается просто неверным.

Впервые на возможность применения эволюционного моделирования в экологическом прогнозировании указал В.Ф. Крапивин [17]. Первые же практические примеры описаны в [5, 29].

Как в указанных примерах, так и в остальных известных автору случаях экологического прогнозирования методом эволюционного моделирования, исходные данные (временные ряды наблюдаемых значений исследуемого параметра экосистемы) приводились к бинарному ряду посредством введения качественной шкалы: если реальное значение меньше эталонного – оно принимается за ноль, иначе – за единицу. Единственным исключением стало использование трехсимвольного ряда (1, 2, 3) при прогнозе годичного прироста по площади сечения ствола ели [29].

Бинаризация исходных данных обосновывалась низкой точностью проводимых измерений, делавшей бессмысленной рассмотрение количественных шкал. Так, точность измерений численности популяций байкальского планктона такова, что отличие между собой измеренных значений в несколько раз находится в пределах случайной погрешности измерений [7].

Тем не менее, как полагает автор, в ряде

случаев использование количественных шкал не только оправданно, но и необходимо. Прежде всего, это обусловлено наличием известных зависимостей поведения экосистем (или их отдельных параметров) от значений показателей воздействующих на них факторов внешней среды. Уменьшение фотопериода при развитии риса до 8 часов на протяжении от одной до пяти недель или непосредственно перед цветением предотвращает наступление мейоза и приводит к нарушениям в строении пыльцы [42]. Дж. Оттерман [43] считает флуктуации в облачном покрове главной причиной климатических изменений: увеличение облачного покрова на 5% может снизить температуру на $0,6^{\circ}\text{C}$. Данные электроразведки при инженерно-сейсмологической оценке условий строительства [23] показали, что удельное электрическое сопротивление можно использовать для прогноза поведения различных грунтов при землетрясениях. На основе подобных зависимостей можно производить диагностику – выявление природных процессов по косвенным данным или по факторам, их определяющим, аналогично распознаванию болезни по аномальным проявлениям жизненных функций живого организма [15].

Для этого исходный временной ряд прогнозируемой величины приводится к многосимвольному целочисленному ряду путем разбиения диапазона значений ряда на интервалы, каждому из которых ставится в соответствие неотрицательное целое число (0, 1, 2, 3 и т.д.). Спрогнозированное затем значение приведенного ряда позволяет перейти к прогнозу реального значения посредством обратного приведения, точность которого будет тем выше, чем уже были выбраны интервалы преобразования. Количество интервалов преобразования (а, следовательно, и количество используемых в приведенном ряду чисел) будем называть вариабельностью ряда (здесь и далее имеется в виду приведенный ряд).

Естественно считать, что качество (надежность) прогноза тем выше, чем "ближе" расчетные значения к фактическим. Оценка этой "близости" осуществляется путем

вычисления значения того или иного критерия. Обычно используется средняя относительная ошибка, определяемая по следующей формуле [26, 29]:

$$S = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{y_i - \bar{y}_i}{\bar{y}_i} \right| \cdot 100\%, \quad (1)$$

где y_i и \bar{y}_i - реальное и предсказанное значение моделируемого параметра; n - число точек экзаменационной последовательности.

Данная величина чрезвычайно наглядна, поэтому и весьма привлекательна для использования. Однако, если применительно к бинарным рядам она полностью удовлетворительна (обычно выражение под знаком модуля принимают за 0 в случае совпадения реального и предсказанного значений, за 1 - в противном случае), то при оценке качества прогноза многосимвольного ряда возникает существенный, по мнению автора, недостаток: формула может привести к "гибели" достойного "организма". Действительно, допустим: вариабельность ряда равна 8, длина ряда (количество чисел, образующих ряд) - 30, реальное значение - 6, предсказанное - 1. Тогда ошибка данного предсказания (выражение под знаком суммы) равно 500%, а средняя относительная ошибка прогноза всего ряда увеличится на 16,7%! В то же время расчет обратной ситуации (реальное значение - 1, предсказанное - 6) дает значение указанных величин 83,3% и 2,8% соответственно.

Чтобы избежать подобных казусов, автор предлагает модифицировать формулу расчета. Новый критерий уместно называть нормированной средней относительной ошибкой прогноза и рассчитывать по формуле:

$$S_n = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{y_i - \bar{y}_i}{y_{max}} \right| \cdot 100\%, \quad (2)$$

где y_i, \bar{y}_i, n - соответствуют формуле (1); y_{max} - максимальное значение ряда.

Нетрудно убедиться, что для приведенного примера ошибка и в том, и в другом случае будет одинаковой. Кроме того, как видно из (2), предложенный критерий обладает следующими свойствами в отношении каждого отдельного предсказания: ошибка оценивается в 100% при указании максимального значения вместо минимального и наоборот, постепенно уменьшается по мере сближения реального и предсказанного значений, обращается в ноль в случае их совпадения. Поэтому далее под ошибкой прогноза будет пониматься нормированная средняя относительная ошибка.

Резерв повышения надежности предсказания заключается в организации отдельных прогнозов в коллектив. Первая постановка этой задачи и попытка ее решения принадлежит советскому метеорологу Ю.Б. Храброву [39], а теоретическое исследование было начато Н.А. Багровым [1]. Большой вклад в развитие данного направления внесли Г.С. Розенберг [6, 29] и П.М.Брусиловский [4, 5], терминологией которого мы и будем пользоваться.

Прогнозная модель (в нашем случае это конечный автомат) называется предиктором. Организация отдельных предикторов, или предикторов-индивидуумов (ПИ), в коллектив называется гибридизацией и может быть осуществлена либо путем гибридизации прогнозов, либо путем гибри-

Таблица 1. Статистика эволюции отдельных ПИ

Номер ПИ	Количество проведенных мутаций	Количество удачных мутаций	Ошибка предиктора, %
1	317	9	5
2	365	5	5
3	553	12	5
4	619	7	5
5	233	7	5

дизации самих предикторов.

Гибридизация прогнозов Y_1, Y_2, \dots, Y_n , полученных с помощью n предикторов – это процесс разработки прогноза Y , служащего той же цели и являющегося функцией только исходных прогнозов: $Y = F(Y_1, Y_2, \dots, Y_n)$. Прогноз Y , полученный в итоге гибридизации отдельных прогнозов Y_1, Y_2, \dots, Y_n , будем называть коллективным прогнозом, или прогнозом-гибридом, а функцию F (алгоритм ее синтеза) – гибридинатором прогнозов. Один из методов получения коллективного прогноза по данной схеме – модельный штурм – предложен П.М. Брусиловским и Г.С. Розенбергом [6].

Коллективное прогнозирование может осуществляться и по схеме с гибридинато-

ром предикторов. Гибридизация предикторов – процесс разработки одного предиктора, предназначенного для выполнения той же цели и обладающего желаемыми свойствами исходных предикторов. Предиктор, полученный в итоге гибридизации отдельных предикторов, называется коллективным предиктором, или предиктор-гибридом (ПГ), а процедура его синтеза – гибридинатором предикторов.

Одним из алгоритмов синтеза коллективного прогноза является усреднение, простое или взвешенное. В первом случае результат определяется как среднее арифметическое отдельных прогнозов, во втором расчет производится с учетом весовых коэффициентов, присвоенных ПИ исходя из точности их предсказания. В [41] на осно-

Таблица 2. Синтез коллективного прогноза

Источник данных		Значения										Ошибка прогноза, %	
Реальные значения		0	0	1	1	2	2	3	3	4	4	—	
ПИ 1	Прогноз	2	0	1	1	2	2	3	3	4	4	4	
	Ошибка	абсолютная	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—
		относительная, %	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—
ПИ 2	Прогноз	0	0	1	1	3	3	3	3	4	4	4	
	Ошибка	абсолютная	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	—
		относительная, %	0	0	0	0	20	20	0	0	0	0	—
ПИ 3	Прогноз	0	0	1	1	2	2	3	4	4	3	4	
	Ошибка	абсолютная	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	—
		относительная, %	0	0	0	0	0	0	0	20	0	20	—
ПИ 4	Прогноз	0	0	1	2	2	2	4	3	4	4	4	
	Ошибка	абсолютная	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	—
		относительная, %	0	0	0	20	0	0	20	0	0	0	—
ПИ 5	Прогноз	0	0	1	1	3	3	3	3	4	4	4	
	Ошибка	абсолютная	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	—
		относительная, %	0	0	0	0	20	20	0	0	0	0	—
Коллективный прогноз	Расчетное значение	0,4	0	1	1,2	2,4	2,4	3,2	3,2	4	3,8	—	
	Результат (округленное значение)	0	0	1	1	2	2	3	3	4	4	0	

ве экспериментального анализа точности прогнозов сделан вывод о том, что среднеквадратичная ошибка усредненного прогноза меньше усредненной среднеквадратичной ошибки ПИ. Аналогичный вывод получен и в [44]: средний модуль относительной ошибки ПГ (МАРЕ) для ПГ становится меньше средней МАРЕ для ПИ. Оказалось, что довольно часто простое усреднение ПИ дает лучшие результаты, чем взвешенное.

К настоящему моменту в Институте экологии Волжского бассейна РАН разработано программное обеспечение, позволяющее прогнозировать целочисленные ряды произвольной вариабельности методом эволюционного моделирования. Допускается генерация любого заданного количества ПИ с установленной надежностью предсказания, после чего производится гибридизация простым или взвешенным усреднением. Апробирование программы на бинарных рядах дало хороший результат, позволяющий говорить о сопоставимости прогноза частного (в контексте работы) случая с полученными в более ранних исследованиях Г.С. Розенберга и П.М. Брусиловского данными.

Тестирование обработки многосимвольных рядов производилось на искусственных циклических (периодических) последовательностях, которые хорошо предсказуемы [36] и поэтому позволяют с абсолютной уверенностью оценить принципиальную работоспособность реализованного алгоритма. Проиллюстрируем сказанное на примере одного из осуществленных экспериментов.

В качестве предсказываемого ряда была взята последовательность пятизначной вариабельности, образованная путем повторений группы 0011223344 четыре раза. Таким образом, длительность ряда составила 40 значений:

0011223344001122334400112233440011223344
(3)

Было сгенерировано 5 ПИ с граничным значением ошибки равным 5%, после чего каждый из них предсказал следующие 10 значений ряда. Результирующий прогноз

получен простым усреднением с последующим округлением. В таблице 1 представлена статистика эволюции отдельных ПИ, а в таблице 2 – синтез коллективного прогноза и сравнение его с реальными значениями, вытекающими из логики образования последовательности (3).

Наглядность и полнота таблицы 2 освобождает, по мнению автора, от необходимости комментировать полученные результаты. Отметим лишь, что, несмотря на достаточно внушительное суммарное количество мутаций всех предикторов (более 2000), на получение полностью достоверного прогноза было потрачено всего около 15 секунд машинного времени на персональном компьютере с процессором Pentium II – 233 МГц и объемом оперативной памяти 64 Мб. Предсказание рядов с неочевидной логикой формирования потребует, разумеется, больше времени, однако это не является препятствием для применения разработанной программы в современных условиях постоянного бурного роста производительности вычислительной техники.

Развитием представленной работы являются проводимые сейчас эксперименты по многосимвольному прогнозированию реальных временных рядов различной природы, а также разработка методики синтеза ПГ для целочисленных рядов произвольной вариабельности методом эволюционного моделирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Багров Н.А.* О комплексном методе прогнозов // Метeorол. и гидрол. 1962. № 4.
2. *Беляев В.И.* Теория сложных геосистем. Киев: Наук. думка, 1978.
3. *Бир С.* Кибернетика и управление производством. М.: Наука, 1963.
4. *Брусиловский П.М.* Прогнозирование состояния экологических систем коллективом предикторов // Приемы прогнозирования экологических систем. Новосибирск: Наука, 1985.
5. *Брусиловский П.М.* Коллективы предикторов в экологическом прогнозировании. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1987.

6. *Брусиловский П.М., Розенберг Г.С.* Имитация, самоорганизация и экология. Уфа: БФАН СССР, 1981.
7. *Брусиловский П.М., Кожова О.М.* Проблемы прогнозирования состояния экосистем / Приемы прогнозирования экологических систем. Новосибирск, 1985.
8. *Букатова И.Л.* Эволюционное моделирование и его приложения. М.: Наука, 1979.
9. *Быховский А.В.* Гигиенические аспекты преобразования окружающей среды / Философские и социально-гигиенические аспекты охраны окружающей среды. М.: Медицина, 1976.
10. *Гусев М.В., Корнелли Т.В.* Почему нефтеокисляющая микрофлора не может служить индикатором нефтяного загрязнения / Разработка и внедрение на комплексных фоновых станциях методов биологического мониторинга. Рига: Знатне, 1983.
11. *Заде Л.* Основы нового подхода к анализу сложных систем и процессов принятия решений / Математика сегодня. М.: Знание, 1974.
12. *Заде Л.* Понятие лингвистической переменной и его применение к понятию приближенных решений. М. Мир, 1976.
13. *Ивахненко А.Г.* Долгосрочное прогнозирование и управление сложными системами. Киев.: Техника, 1975.
14. *Ивахненко А.Г.* Индуктивный метод самоорганизации моделей сложных систем. Киев.: Наук. дум., 1982.
15. Информационная основа прогноза природных процессов. Новосибирск: Наука, 1980.
16. *Кожов М.М.* Биология озера Байкал. М.: Изд-во АН СССР, 1962.
17. *Крапивин В.Ф.* О теории живучести сложных систем. М.: Наука, 1978.
18. *Кулагин Ю.З.* Лесообразующие виды, техногенез и прогнозирование. М.: Наука, 1980.
19. *Кулагин Ю.З.* Индустриальная дендрэкология и прогнозирование. М.: Наука, 1985.
20. *Миронов О.Г.* Проблемы биомониторинга нефтяного загрязнения морских вод / Разработка и внедрение на комплексных фоновых станциях методов биологического мониторинга. Рига: Знатне, 1983.
21. *Налимов В.В.* Теория эксперимента. М.: Наука, 1971.
22. *Налимов В.В.* Анализ оснований экологического прогноза. Паттерн-анализ как ослабленный вариант прогноза // Человек и биосфера. 1983. Вып. 8.
23. *Павлов О.В., Павленов В.А., Джуриков В.И.* Применение комплексных геофизических методов для оценки сейсмической опасности вечномерзлых грунтов / Инженерно-геологическая основа сейсмического микрорайонирования. Ташкент: Фан, 1977.
24. Приемы прогнозирования экологических систем / *Бейм А.М., Павлов Б.К., Брусиловский П.М. и др.* Новосибирск: Наука, 1985.
25. Прогнозирование экологических процессов / *Л.Я.Ащепкова, А.Е.Кузьмина, Л.М.Мамонтова и др.* Новосибирск: Наука, 1986.
26. Рабочая книга по прогнозированию. М.: Мысль, 1982.
27. *Растринин Л.А.* Система экстремального управления. М.: Наука, 1974.
28. *Растринин Л.А., Марков В.А.* Кибернетические модели познания: Вопросы методологии. Рига: Зинатне, 1976.
28. *Реймерс Н.Ф.* Природопользование: Словарь-справочник. М.: Мысль, 1990.
29. *Розенберг Г.С.* Модели в фитоценологии / Отв. ред. Б.М.Миркин, Б.С.Флейшман. М.: Наука, 1984.
30. *Розенберг Г.С., Шитиков В.К., Брусиловский П.М.* Экологическое прогнозирование (Функциональные предикторы временных рядов). Тольятти, 1994.
31. *Самойлов Ю.И.* Некоторые данные о разносторонней изменчивости пойменных лугов р.Мсты // Ботан. Журн. 1966. Т. 51. №7.
32. *Фатеев А.И.* Атмосферное электричество и ионизационный режим приземного слоя воздуха как экологические факторы среды / Тр. Ин-та экологии раст. и жив. АН СССР. М.: Изд-во Ин-та экологии раст. и жив. АН СССР, 1975. Т. 91.
33. *Федоров В.Д.* Экспериментально-экологическое изучение структуры и функции

- фитопланктона как сообщества. Автореф. д. М., 1970.
34. Философские проблемы теории адаптации: Сборник статей. М.: Мысль, 1975.
35. Флейшман Б.С., Брусиловский П.М., Розенберг Г.С. О методах математического моделирования сложных систем / Системные исследования. Ежегодник. М., 1982.
36. Фогель Л., Оуэнс А., Уолш М. Искусственный интеллект и эволюционное моделирование. Пер. с англ. / Под ред. А.Г. Ивахненко. М.: Мир, 1969.
37. Форрестер Дж. Антиинтуитивное поведение сложных систем / Современные проблемы кибернетики. М., 1977.
38. Форрестер Дж. Мировая динамика. М.: Наука, 1978.
39. Храбров Ю.Б. К вопросу о составлении прогнозов погоды комплексным методом // Тр. центр. ин-та погоды. 1960. Вып. 89.
40. Эйген М. Самоорганизация материи и эволюция биологических макромолекул. М.: Мир, 1973.
41. Makridakis S., Winkler R.L. Averages of forecasts: some empirical results // Management Science. 1983. V. 29.
42. Misra G., Khan P.A. Photoinduced microspore-germination in rice // Bot. Gaz. 1974. Vol. 135. №3.
43. Otterman J. Climatic change by cloudiness linked to the spatial variability of sea surface temperatures. J. Franklin Inst., 1976. V. 302. №3.
44. Zarnowitz V. The accuracy of individual and group forecasts from business outlook surveys // T. Forecasts. 1984. V. 3. № 1.

EVOLUTIONARY MODELING OF LINES ANY DIVERSITY: NECESSITY AND TECHNIQUE OF FORECASTING

© 2000 V.G. Morozov

Institute of Ecology of the Volga River Basin of Russian Academy of Sciences, Togliatti

Technique of forecasting with use of synthesis of the party forecast is discussed. Result of forecasting of an artificial example is brought.