

УДК 591.526:599.321(575.1)

На правах рукописи

**ДУБЯНСКИЙ ВЛАДИМИР МАРКОВИЧ**

**Опыт системного анализа динамики весенней численности большой  
песчанки в Центральных Кызылкумах**

03.00.08 — зоология

**Автореферат**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук



Республика Казахстан  
Алматы, 2007

Работа выполнена в Казахском научном центре карантинных и зоонозных инфекций им. М. Айкимбаева.

Научные руководители:

доктор биологических наук, профессор Гаврилов Э. И.  
кандидат биологических наук Поле С. Б.

Официальные оппоненты:

доктор биологических наук, профессор Бекенов А. Б.  
кандидат биологических наук, доцент Махмутов С. М.

Ведущая организация: Казахский национальный университет им. аль-Фараби

Защита состоится « 23 » февраля 2007 г. в 14 часов на заседании диссертационного совета Д 53.23.01 при Институте зоологии МОН РК по адресу: 050060, г. Алматы, Академгородок, пр. аль-Фараби, 93.

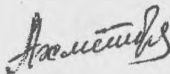
С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института зоологии МОН РК.

Факс: (3272) 694870

E-mail: instzoo@nursat.kz

Автореферат разослан « 14 » января 2007 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
кандидат биологических наук



Ахметбекова Р. Т.

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность исследования.** Большая песчанка — фоновый вид пустынных биогеоценозов Казахстана и Центральной Азии. Велико эпизоотологическое и эпидемиологическое значение этого вида как носителя возбудителей чумы, лейшманиоза и многих других, опасных для человека инфекций (Дубровский, 1977; Корнеев, 1979). Проследить на многолетнем материале взаимосвязь численности этого грызуна хотя бы с частью климатических и биотических факторов в пустынных биогеоценозах — означает глубже понять закономерности существования вида и улучшить прогнозные модели активности эпизоотического процесса (Дубянский и др., 1992).

В последние десятилетия площадь природных очагов чумы растет за счет высыхания Аральского моря, а обсыхающие участки активно осваиваются большой песчанкой (Мартиневский и др., 1991). Это ведет к усилению экологических и эпизоотических контактов между кызылкумской, приаральско-каракумской и устуртской популяциями этого вида. Моделирование динамики численности большой песчанки позволит прогнозировать возможное влияние регрессии Аральского моря на эпизоотическую ситуацию в регионе.

Многолетние материалы по динамике численности и половозрастному составу популяций большой песчанки, уже достигли количественного порога, когда возможно и необходимо использование математических методов для изучения закономерностей изменения состояния популяции этого грызуна в биогеоценозах. Однако конкретные механизмы, определяющие динамику численности большой песчанки и развитие эпизоотий чумы в популяциях этого вида, до сих пор изучены недостаточно. Одной из основных причин такого положения, возможно, является небольшое число исследований с использованием системного подхода, учитывающего комплексное влияние на вышеуказанные процессы биотических и абиотических факторов.

**Цель и задачи.** Цель работы — выяснить, какие факторы среды и их показатели определяют динамику весенней численности большой песчанки на примере популяции этого вида грызунов в Центральных Кызылкумах. Создать математическую модель динамики весенней численности большой песчанки для изучения реакции популяции на изменение определенных параметров внешней среды.

**Задачи:**

1) Методами статистического анализа провести сравнительные исследования временных рядов динамики весенней численности большой песчанки в Центральных Кызылкумах и в семи других географических популяциях этого вида.

2) На основе известных данных по экологии большой песчанки определить круг экологических факторов, способных влиять на динамику весенней численности большой песчанки.

3) Рассчитать количественные значения этих факторов.

4) Выделить факторы среды, наиболее сильно воздействующие на динамику весенней численности большой песчанки.

5) Построить математическую модель динамики весенней численности большой песчанки.

6) Исследовать возможную реакцию популяции на изменения некоторых климатических факторов.

**Научная новизна.** Впервые проведен сравнительный статистический анализ экологических параметров 8-ми географических популяций большой песчанки. Выявлен и статистически обоснован набор экологических факторов, связанных с динамикой весенней численности центрально-кызылкумской популяции большой песчанки. Впервые количественно изучены значения этих факторов, влияющие на повышение или понижение численности, и выяснены оптимальные и пороговые диапазоны, действующие на весеннюю динамику численности большой песчанки в реальных условиях. Построена пространственная модель реализованной экологической ниши этого грызуна. Впервые апробирована возможность ситуативного моделирования численности в условиях масштабных экологических изменений.

**Практическая ценность.** Практическая ценность работы заключается в определении количественных параметров факторов, влияющих на движение численности большой песчанки весной. Выявлены конкретные закономерности действия этих факторов. Полученные данные являются основой для создания научно обоснованных прогнозных и имитационных моделей сезонных колебаний численности и планирования оптимальных объемов профилактических противочумных мероприятий. Создано программное обеспечение для построения статистической модели динамики численности изученной популяции грызунов в виде таблично-вычислительных систем, которые станут основой при разработке и широком внедрению аналогичных моделей в практику эпиднадзора в других автономных очагах песчаночьевого типа. Получено два свидетельства на рационализаторские предложения:

№ 1-а - «Использование картографического пакета программ «AutoMap» для создания карт схем годовой отчетной документации» - выдано Дубянскому В.М., Поле С.Б., Классовскому Н.Л 12 мая 1997 г.

№ 2 - «Использование программ “Элементарная статистка” для проведения статистического анализа данных научных учреждений» - выдано Дубянскому В.М. 12 мая 1997 г.

Разработанные алгоритмы внедрены в практику работы противочумных учреждений. Ученым советом Казахского научного центра карантинных и зоонозных инфекций им. М. Айкимбаева утверждены методические рекомендации автора:

«Применение программируемых микрокалькуляторов для нужд противочумных учреждений».

«Методические рекомендации по применению фенетических методов исследования для качественной характеристики популяций большой песчанки и серого сурука по краниологическим признакам» (в соавторстве).

Полученные результаты используются при чтении лекций на курсах усовершенствования специалистов противочумной системы, могут быть

использованы при составлении прогнозных моделей динамики численности большой песчанки.

Связь с другими научно-исследовательскими работами и различными государственными и международными программами. Данная работа была выполнена в рамках научно-технической программы НТП-О.0141 «Инфекционные болезни», по теме «Изучение патобиоценоза чумы с целью прогнозирования эпизоотической активности природных очагов и адекватной профилактики». Номер государственной регистрации № 0197РК01414.

#### **Положения, выносимые на защиту:**

1. Динамика весенней численности популяции большой песчанки в Центральных Кызылкумах имеет правильные периодические составляющие, которые могут быть использованы как компоненты и предикторы в статистических моделях численности.

2. На разных фазах динамики показатель численности зависит от разных групп факторов. Ведущую роль в формировании весенней численности популяции играют абиотические факторы среды.

3. Каждый год динамика численности весной определяется уникальным сочетанием факторов, усиливающих или нивелирующих действие друг друга.

4. Популяция большой песчанки весной обладает высокой толерантностью и может эффективно приспосабливаться к существенным изменениям климатических условий.

**Апробация работы.** Материалы диссертации обсуждены на Межгосударственной конференции «Профилактика и меры борьбы с чумой» (Алматы, 1994), научной конференции «Экологические аспекты эпизоотологии и эпидемиологии чумы и других особо-опасных инфекций» (Талдыкорган – Алматы, 1996), Научно-практической конференции, посвященной 100-летию противочумной службы России (Саратов, 1997), на I-м Международном конгрессе «Слабые и сверхслабые поля и излучения в биологии и медицине» (Санкт-Петербург, 1997), в материалах Международной научно-практической конференции «Проблемы вычислительной математики и информационных технологий» (Алматы, 1999), на 2-м Международном рабочем совещании «Неравновесные системы многих тел» (Алматы, 1999), в материалах Межгосударственного совещания «Териофауна России и сопредельных территорий» (Москва, 2003).

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 19 работ.

**Объем и структура диссертации.** Диссертация написана на 123 страницах, состоит из 5 глав, содержит 18 рисунков, 9 таблиц и 3 приложения. Список использованных источников включает 258 названий, в том числе 25 иностранных.

## **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

### **1 Обзор литературы**

В главе, состоящей из трех разделов, кратко характеризуется общая изученность проблемы, дана аналитическая оценка имеющихся в литературных источниках взглядов на роль экологических факторов среды, влияющих на

изменение численности большой песчанки и разработок по вопросам моделирования численности большой песчанки.

## 2 Материал и методика исследований

Основным материалом для работы послужили многолетние данные эпизоотологического обследования Центральных Кызылкумов и в той мере, в которой это необходимо для исследований, еще семи географических популяций большой песчанки: северо-кызылкумской, западно-кызылкумской, дарьялыктакырской, предустюртской, североприаральской, приаральско-каракумской и баканасской.

Наблюдения с обязательным учетом численности грызунов, отловом и определением генеративного состояния, возраста и пола зверьков проводились противозидемическими отрядами противочумных станций в более чем 20 пунктах каждой географической популяции по единой методике ежесезонно (в весенне-летний и осенний периоды). Всего за 30-33 года работы обследовано более 40 тыс. пунктов, проведено около 50 тыс. трех-пяти километровых маршрутов для учета численности большой песчанки, выставлено более трех миллионов ловушко-ночей для учета мелких грызунов, определено генеративное состояние примерно 200 тыс. самок больших песчанок. В виде отчетов и обзоров за 1955-1989 гг. эти материалы имеются в архиве Казахского научного центра карантинных и зоонозных инфекций им. М. Айкимбаева.

Всего проанализировано более 20 биотических и более 100 абиотических факторов. Для оценки численности большой песчанки изучены: данные по количеству зверьков на одну нору и на 1 га весной (до размножения) и осенью; плотность нор на 1 га; процент обитаемости нор. Численность блох характеризовали по средним показателям их обилия на одну нору большой песчанки и на 1 га (по данным раскопок). Численность песчанок рода *Meriones* и мышевидных грызунов определяли по среднему проценту попадаемости в ловушки. Интенсивность размножения большой песчанки характеризовали по декадным данным о доле беременных самок и по числу эмбрионов на одну беременную самку за весь период размножения. Численность мелких куньих оценивалась по абсолютному количеству пойманных хищников на колониях большой песчанки весной и осенью. Основными объектами исследования были показатели сезонных изменений численности большой песчанки: весенняя численность, зимняя выживаемость, весенне-осенний прирост, осенняя численность.

При оценке активности эпизоотий использованы данные о зараженности пунктов (выявление чумного микроба бактериологическим, биологическим и серологическим методом от теплокровных носителей и их эктопаразитов) на всей изучаемой территории за весну и осень.

Для характеристики абиотических факторов использованы опубликованные данные "Метеорологических ежемесячников" за 1956 - 1989 гг. по метеорологическим станциям, расположенным в непосредственной близости от изучаемых популяций. В анализ включены следующие показатели:

температура и относительная влажность воздуха, осадки, число дней с морозом без оттепели, повторяемость и скорость ветров по румбам, высота снежного покрова.

Перечисленные данные составили основную долю динамических рядов, общее количество которых составило более 300, а общее количество расчетов - не менее двух тысяч.

При анализе динамических рядов использовались методы параметрической и непараметрической статистики (Гублер, Генкин, 1973). Для подробного корреляционного анализа применялся метод скользящего корреляционного окна (Дубянский, 1998). Также применяли алгоритмы из практики программирования экспертных систем (Нейлор, 1991), коэффициент ранговой корреляции Спирмена, метод Манна-Вилкоксона-Уитни.

Дальнейший анализ состоял в построении математической модели в виде таблично-вычислительной системы (вероятностные распознавательные таблицы, основанные на методе неоднородной последовательной статистической процедуры распознавания образов - НПП (Гублер, 1978)). Адекватность модели проверялась с помощью методов принятия решений, в частности, с помощью вероятностной оценки случайных процессов (Дубянский, Дубянская, 1983).

При исследовании закономерностей динамики численности большой песчанки применялся автокорреляционный анализ, анализ Фурье, помогающие выявлять скрытые периодические составляющие временного ряда численности.

Для решения некоторых других задач использовался факторный анализ, кластерный анализ, расчеты по критериям "хи-квадрат" и Колмогорова-Смирнова, а также анализ тренда (Таршис, Константинов, 1975; Джефферс, 1981; Тюрин, Макаров, 1998).

Расчеты производились на IBM-совместимом персональном компьютере с помощью пакета программ составленных автором, а также пакета программ "Statistica for Windows" версии 4.55, Microsoft Excel' 97.

### **3 Характеристика временного ряда динамики весенней численности большой песчанки в Центральных Кызылкумах**

**3.1 Краткая характеристика места работы.** Изучаемая популяция заселяет обширную территорию Кызылкумского автономного очага чумы - Центральный участок Центральнокызылкумского округа, который является переходной территорией между зоной Южных и Северных пустынь.

Раздел содержит краткую физико-географическую характеристику основного района работы с описанием особенностей рельефа, климата, флоры и фауны.

**3.2 Количественные показатели динамики весенней численности большой песчанки.** Подробно рассмотрен временной ряд показателей численности грызунов с 1956 по 1989 годы. Получены основные статистические характеристики этого временного ряда: вид распределения, размах колебаний, среднее значение, вариабельность, количество циклов и

другие. Вариабельность ряда высока, разница между минимальным и максимальным значением, зафиксированным за весь исследуемый период, характеризуется 740-кратной, а в пределах одного цикла – 12-кратной величиной. Характерно преобладание лет с численностью ниже средней. Дальнейший анализ состоял в тестировании временного ряда динамики весенней численности большой песчанки на наличие тренда и автоколебаний с использованием возможностей пакета электронных таблиц Excel'97. Проверялась аппроксимация следующими функциями: линейной, логарифмической, степенной, экспоненциальной и полиномиальная со степенями от 2 до 6. Наилучшая аппроксимация достигается полиномиальной функцией со степенью «6». При этом коэффициент детерминации  $R^2$  равен 0,32. Следовательно временной ряд динамики весенней численности большой песчанки в Центральных Кызылкумах не имеет четко выраженного тренда.

Изменения численности, в определенной степени, инициируются автоколебаниями самого временного ряда динамики весенней численности. Автокорреляционный анализ и анализ Фурье показали наличие периодичностей – 4-6-ти, 10-11-ти и 16-тилетних. Наиболее значимая и информативная периодичность – 5-6 летние циклы. До сих пор в моделях, использующих метод НПП, этот вид признаков не применялся. В нашем опыте эта группа факторов показала хорошие результаты. Использовать же эти признаки в непрерывных моделях нельзя, так как автокорреляционный анализ показывает статистическую недостоверность периодичностей. Интерпретировать результаты поиска периодичностей можно следующим образом: составляющая собственных ритмов популяции невелика, т. е. в определении движения численности доминируют абиотические и биоценотические факторы.

**3.3 Сравнительные характеристики динамики весенней численности большой песчанки в Центральных Кызылкумах и других географических популяциях.** Временные ряды динамики численности большой песчанки в Центральных Кызылкумах сравнивались с рядами динамики численности в Северных, Западных и, частично, Восточных Кызылкумах, а также с динамикой популяций этого вида в Предустюртье, Дарьялыктакыре, Приаральских Каракумах, Северном Приаралье и на Баканасской равнине (таблица 1). По динамике весенней численности центрально-кызылкумская популяция является одной из наиболее вариабельных в Среднеазиатском природном очаге чумы. Это может быть связано со своеобразием геоморфологических условий, а также с нестабильностью климата (Ривкус и др., 1985).

По синхронности движения численности центрально-кызылкумская популяция близка к северно-кызылкумской и западно-кызылкумской. По размаху колебаний численности – к баканасской. Наиболее отдалена по характеристикам динамики численности предустюртская популяция

В результате можно предположить, что значительно разобщенные территориально, центрально-кызылкумская и баканасская популяции отчасти схожи по связи численности со средой обитания (Дубянская, 1987) и значение внутрипопуляционных факторов в центрально-кызылкумской популяции, по аналогии с баканасской, невелико. Однако, или факторы, или их



количественные величины, эффективно влияющие на движение численности в этих популяциях, различны.

Таблица 1 – Статистические характеристики динамики весенней численности большой песчанки в некоторых географических популяциях

Статистики	Популяции*							
	ЦК	СК	ЗК	ДТ	ПУ	ПК	СП	Б
Максимум	7,40	3,60	3,80	4,20	7,80	4,40	6,20	6,40
Минимум	0,01	0,40	0,10	0,60	0,30	1,30	0,80	0,02
Среднее	2,14	1,69	1,29	2,16	4,38	2,90	3,10	2,17
Среднеквадратическое отклонение средней	1,83	0,78	0,93	1,01	1,79	0,88	1,56	1,71
Варiances	3,35	0,60	0,86	1,02	3,20	0,77	2,42	2,93
Медиана	1,60	1,70	1,00	2,00	4,30	2,90	3,00	1,90
1 квартиль	0,70	1,10	0,60	1,30	3,40	2,10	1,70	0,80
3 квартиль	3,00	2,10	1,75	2,60	4,90	3,65	4,05	3,20
Расстояние между 1 и 3 квартилем	2,10	1,00	1,15	1,30	1,50	1,55	2,35	2,40
Размах колебаний	740	9	38	7	26	3,4	7,75	320
Случаи численности ниже средней	20	16	18	21	15	17	20	19
Число наблюдений	32	32	32	32	32	32	32	32

\* Примечание - ЦК – Центральные Кызылкумы, СК - Северные Кызылкумы, ЗК - Западные Кызылкумы, ДТ - Дарьялтыкыр, ПУ - Предустуртье, ПК - Приаральские Каракумы, СП - Северное Приаралье, Б - Баканасская равнина.

Судя по результатам кластерного анализа нельзя, в полной мере, использовать ни одну из математических моделей, созданных для других исследовавшихся популяций (Дубянская, 1987), как прототип для Центральных Кызылкумов. Однако модель, созданная для Центральных Кызылкумов, с поправками, может быть применена, для Северных и Западных Кызылкумов. Данные о численности в этих популяциях могут быть использованы при создании пространственного прогноза численности большой песчанки.

#### 4 Моделирование динамики весенней численности большой песчанки в Центральных Кызылумах и исследование моделей

**4.1 Критерий надежности модели.** В работе использован разработанный автором критерий, позволяющий оценить надежность применяющихся статистических моделей по отношению к эталонной модели.

**4.2 Описания моделей.** Для моделирования динамики весенней численности большой песчанки использованы вероятностные распознавательные таблицы, построенные на основе неоднородной последовательной статистической процедуры распознавания образов (Гублер, 1978). Для более детального изучения влияния некоторых факторов исследовались также модели в виде уравнений регрессии (Лакин, 1973) и

модели, демонстрирующие вероятности перехода системы из одного количественного уровня в другой (Дубянская, 1986).

**4.3 Комплекс факторов, определяющих динамику весенней численности большой песчанки в Центральных Кызылкумах.** С помощью модели, построенной в виде распознавательных таблиц, выявлено 47 информативных относительно уровня численности большой песчанки, факторов – 18 биотических и 29 климатических.

В результате исследования модели обнаружено, что при изменении плотности популяции одни регулирующие факторы (или их количественные значения) закономерно сменяются другими.

Среди биотических факторов, впервые для подобных моделей, использованы ранее выявленные периодичности ряда динамики численности.

Относительно только низкого уровня численности информативно 8 факторов, относительно среднего- 4, относительно высокой численности- 4 фактора. Десять факторов информативны при любом уровне численности, остальные – относительно двух-трех уровней. Нет ни одного диапазона уровня численности, относительно которого были бы информативны все использованные в модели факторы. Наибольшее количество факторов (27) информативны относительно 1 квартиля, наименьшее (21) – относительно медианы. Относительно среднего уровня численности и третьего квартиля информативны 26 и 25 факторов, соответственно.

При изменении направления движения численности на популяцию действует большее количество факторов, чем при стабильной численности. Условия окружающей среды, действующие на исходную популяцию, заметно сказываются на численности потомства. Семь внутрипопуляционных факторов действуют с упреждением 10-12 месяцев:

1. Доля самок среди молодых зверьков в апреле предшествующего года.
2. Доля самок в популяции в мае предшествующего года.
3. Доля молодых зверьков в популяции в апреле предшествующего года.
4. Продукция эмбрионов в мае предшествующего года.
5. Доля молодых зверьков в популяции в мае предшествующего года.
6. Доля самок среди молодых зверьков в популяции в мае предшествующего года.

предшествующего года.

7. Интенсивность размножения большой песчанки в июне предшествующего года.

Четыре климатических фактора имеют отдаленное влияние 13-14 месяцев:

1. Влажность воздуха в январе предшествующего года.
2. Влажность воздуха в феврале предшествующего года.
3. Число дней с морозом в январе предшествующего года.
4. Число дней без оттепели в январе предшествующего года.

Выявлено три группы факторов, отличающихся по действию на популяцию больших песчанок. Первая группа факторов (их девять), в основном, стимулируют рост численности. Вторая группа факторов (их двенадцать), в основном, подавляют рост численности. Третья группа – 26

факторов, имеет количественные значения и благоприятные и неблагоприятные для роста численности большой песчанки.

## **5 Некоторые результаты исследования модели динамики весенней численности большой песчанки**

**5.1 Пороговые и оптимальные диапазоны факторов.** На примере большой песчанки практически применено и исследовано одно из важнейших теоретических положений экологии – положение о реализованной экологической нише (Пианка, 1981). Построена реализованная экологическая ниша изучаемой популяции по отношению к девятнадцати климатическим параметрам окружающей среды. Показано, что реализованная ниша значительно отличается от теоретической, в основном, за счет частого отсутствия границ толерантности.

В графическом виде экологическая ниша может быть представлена в виде гиперкуба. На рисунке 1 продемонстрирован гиперкуб реализованной ниши по фактору «Относительная влажность воздуха».

Для многих факторов исследование модели выявило только критические пороги без верхних и нижних пределов толерантности. Безусловно, такие границы есть, но достижение их в природных условиях происходит, вероятно, чрезвычайно редко. Это можно назвать резервом экологической пластичности вида.

Исследование подобных моделей позволяет более полно и комплексно оценить место большой песчанки в биоценозе, в частности, моменты конкуренции за ресурсы окружающей среды с сочленами биоценоза.

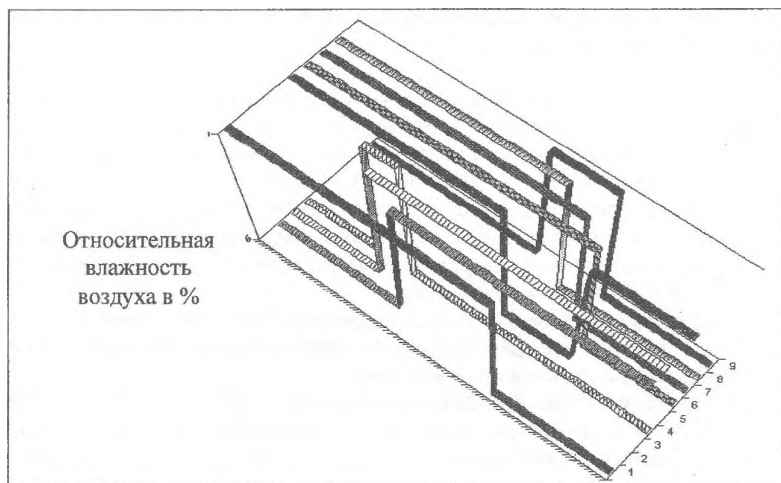
**5.2 Причины изменений весенней численности большой песчанки.** Наличие циклических колебаний динамики весенней численности большой песчанки ставят ряд вопросов о механизме их возникновения. Многие авторы, изучавшие этот процесс в популяциях большой песчанки, отдают предпочтение каким-либо отдельным биотическим или абиотическим факторам на основе анализа причин изменения численности за относительно короткий промежуток времени.

Из-за большого объема вычислений, исследование проведено на примере изменений численности большой песчанки относительно среднего значения. Результаты приведены в таблице 2. Как видно, из года в год количество факторов, определяющих направление сдвига численности, различается многократно.

За время цикла порядок следования факторов ни разу не повторился, хотя высокоинформативные факторы почти всегда присутствовали в определяющем численность большой песчанки наборе.

Формирование численности – процесс сложный, факторы действуют разнонаправленно, и их количественное воздействие на динамику численности также различается в каждом конкретном сезоне. Сдвиг численности – влияние результирующего воздействия направления и количественного значения того

набора факторов, который формировал численность в конкретный временной отрезок.



1 - относительная влажность воздуха в феврале предшествующего года; 2 - относительная влажность воздуха в апреле предшествующего года; 3 - относительная влажность воздуха в августе предшествующего года; 4 - относительная влажность воздуха в сентябре предшествующего года; 5 - относительная влажность воздуха в ноябре предшествующего года; 6 - относительная влажность воздуха в декабре предшествующего года; 7 - относительная влажность воздуха в январе; 8 - относительная влажность воздуха в марте; 9 - относительная влажность воздуха в феврале;

Рисунок 1 — Реализованная ниша Хатчисона по фактору «Относительная влажность воздуха в %».

Результаты проведенного анализа свидетельствуют о том, что мнение о существовании однозначно неблагоприятных или благоприятных факторов, действующих на динамику численности большой песчанки, не совсем верно. Каждый сезон динамика численности определяется уникальным сочетанием факторов, взаимно усиливающих или компенсирующих действие друг друга.

Вопрос о приоритете внутрипопуляционных или абиотических факторов, как ведущих в изменения численности, поднимался многими исследователями и этот вопрос достаточно подробно освещен А.А. Максимовым (1984). Мы придерживаемся точки зрения, высказанной ранее Л. Д. Дубянской (1987), что в конкретных популяциях значение этих групп факторов разное. В центрально-кызылкупской популяции общий процент информативных внутрипопуляционных факторов составляет 37.5%, среди

высокоинформативных – 30%. При исследовании комплекса факторов, формирующих численность весной из года в год, ежесезонно отмечена примерно такая же доля внутривидовых факторов. То есть, за время исследования внутривидовые факторы постоянно присутствовали в меньшем количестве. Исследование гипотетической имитационной модели движения численности, также как и прогнозной модели, без использования абиотических факторов (Дубянский, 1996), показало менее значительную роль внутривидовых факторов. Они, скорее, являются приспособительной реакцией популяции на воздействие окружающей среды и, в меньшей степени, непосредственно формируют численность.

Таблица 2 – Количество факторов, определяющих изменение численности большой песчанки весной.

Год	Количество факторов	Год	Количество факторов
1957	5	1971	16
1958	19	1972	8
1959	3	1973	25
1960	5	1974	3
1961	26	1975	3
1962	11	1976	11
1963	5	1977	4
1964	10	1978	11
1965	4	1979	4
1966	7	1980	3
1967	16	1981	4
1968	10	1982	28
1969	7	1983	28
1970	3	1984	10

**5.3 Опыт имитационного моделирования движения численности большой песчанки.** Другая сторона исследования моделей в виде распознавательных таблиц – подход к построению ситуационных гипотетических моделей, позволяющих проигрывать различные сценарии изменений в окружающей среде.

Крупная экологическая катастрофа - усыхание Аральского моря, затронула естественные биоценозы региона и повлекла за собой значительные изменения климата (Мартиневский и др., 1991; Sultangazin, 1998). Ее последствия наверняка повлияли и на состояние популяций большой песчанки в регионе.

В процессе исследования нами имитировалась следующая ситуация: ужесточение климата в период с декабря по март (понижение температуры воздуха, увеличение количества дней с морозом, дней без оттепелей, уменьшение количества осадков, влажности воздуха). Для построения модели использован период с 1957 по 1964 год, т. к. он включает в себя все фазы цикла

численности. Модель имеет очень существенное ограничение — подразумевается, что в изменившихся условиях внутрипопуляционные механизмы еще не выработаны. Поэтому количественные значения внутрипопуляционных факторов соответствовали реальным, а климатические условия корректировались автоматически, исходя из минимальной разрешающей способности модели влажность воздуха была понижена на 3- 5 %, температура - на 1,5-2 градуса, сумма осадков - на 7 мм, число дней с морозом увеличено на 3, дней без оттепели - на 4-5 в зависимости от месяца.

Гипотетическая моделированная и реальная динамика численности, в виде альтернатив относительно первого, второго, третьего квартиля и средней, представлены на рисунке 2. Кривые движения численности соответствуют не абсолютным значениям, а квартилям, в которые эти значения входят.

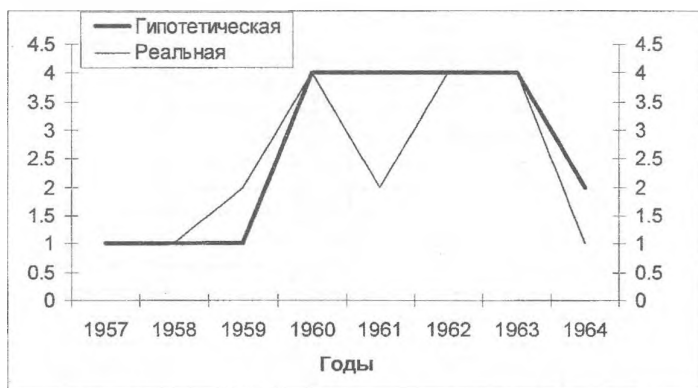


Рисунок 2 — Гипотетическая и реальная динамика весенней численности большой песчанки в Центральных Кызылкумах.

На рисунке отчетливо проявляются изменения в движении численности — ветви подъема и спада кривой становятся круче, возрастает продолжительность фаз высокой и низкой численности. Кривая движения численности становится более плавной. В целом гипотетический и реальный ход численности довольно тесно коррелируют (коэффициент ранговой корреляции Спирмена = 0.79). Близость гипотетической и реальной кривой объясняется, видимо, двумя причинами: во-первых, относительно малым количеством изменяемых факторов. Во-вторых, как показало исследование модели, в ряде случаев такие изменения факторов как, к примеру, уменьшение влажности воздуха и температуры воздуха действуют в разных направлениях на динамику численности большой песчанки. Таким образом, уже на уровне климатических факторов начинает «работать» компенсаторный механизм биогеоценоза, смягчающий воздействие окружающей среды на популяцию больших песчанок.

В предварительном порядке можно заметить, что эти изменения климата могут оказать определенное воздействие на характер движения численности большой песчанки весной даже в относительно отдаленном районе — Центральных Кызылкумах. Однако, этот вопрос требует дальнейшего изучения. Главный результат — выявление принципиальной возможности построения подобных моделей.

Интересно, что количество факторов, обеспечивающих изменения численности большой песчанки относительно среднего значения, увеличилось незначительно (на 2-3) по сравнению с реальной динамикой численности. Различия средних между количеством факторов, обеспечивающих гипотетическую и реальную динамику численности, по критерию Манна-Вилкоксона-Уитни, не достоверны. Это указывает на то, что движение численности определяется, в первую очередь, абиотическими факторами.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Статистические исследования позволили сделать некоторый вклад в факториальную экологию большой песчанки. Количественно конкретизировано влияние ряда известных факторов. Расширен ассортимент действующих факторов, в том числе за счет периодичностей временного ряда динамики весенней численности большой песчанки. Используемые как предикторы, эти периодичности показали хорошие результаты при построении таблично-вычислительной имитационной модели движения весенней численности.

Показано, что центральнокызылкумская популяция наиболее близка по синхронности динамики весенней численности с северокызылкумской и западнокызылкумской, по связи численности со средой обитания — с баканасской. Таким образом, определено место центральнокызылкумской популяции в системе популяций большой песчанки в Среднеазиатском пустынном очаге чумы.

Математическая модель динамики численности большой песчанки позволила выделить факторы среды, наиболее сильно воздействующие на популяцию весной, определить механизмы изменения численности из года в год.

Для практических целей наиболее важна многомерная статистическая обработка относительно стандартного ряда наблюдений динамики весенней численности большой песчанки, в результате которой получены данные о степени связей и влиянии на популяцию факторов окружающей среды. Эти расчеты послужат основой как для построения моделей с целью прогнозирования весенней численности большой песчанки, так и для оценки развития чумного эпизоотического процесса, тесно связанного с фазами динамики численности основного носителя. Продемонстрирована возможность построения ситуативных моделей, что важно для качественного прогноза ситуации в очагах чумы при естественных и искусственных сукцессиях биоценозов (таких как регрессии и трансгрессии крупных водоемов, антропогенное вмешательство и др.). Разработанное в процессе выполнения

исследования компьютерное программное обеспечение позволит значительно упростить создание прогнозных и ситуативных моделей.

Из всего вышеописанного можно сделать следующие выводы:

1. Статистически доказано, что изменения численности популяции большой песчанки в Центральных Кызылкумах весной определяются комплексом биотических и абиотических факторов, действующих на протяжении предшествующих 14 месяцев, и периодическими составляющими 4-6, 10-11 и 16-летних циклов. Причем, роль абиотических факторов среды в формировании весенней численности наиболее значима.

2. Каждый сезон изменение численности определяется уникальным сочетанием факторов, взаимно усиливающих или нивелирующих действие друг друга. Направление действия фактора на динамику численности большой песчанки определяется сочетанием количественного значения фактора и уровня численности большой песчанки.

3. При разных уровнях численности большой песчанки меняется количество и состав информативных факторов. Выявлены экологические факторы, которые информативны только по отношению к определенным уровням численности.

4. Популяция большой песчанки весной обладает высокой толерантностью к воздействию природных условий. Благоприятные и неблагоприятные диапазоны выявлены только для трех климатических факторов из 29 за весь ряд наблюдений. Существуют отдельные группы факторов, стимулирующие или ограничивающие численность, соответственно.

5. Территориально разделенные, Центральнo-кызылкумская и Баканаская популяции наиболее сходны по статистическим параметрам движения численности.

6. Доказана пригодность модели в виде вероятностных распознавательных таблиц для исследования движения численности популяции большой песчанки, толерантности вида к условиям окружающей среды и анализа степени влияния экологических факторов

7. Возможно долгосрочное (с упреждением 2 и более лет) прогнозирование численности большой песчанки, основанное на исследовании автоколебаний временного ряда численности. Однако, это будет качественный прогноз, без количественной конкретизации.

8. Для краткосрочного прогнозирования (полгода, год), сбор данных должен начинаться за 1,5 года.

## **СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

1 Дубянский В. М. Методические рекомендации по применению программируемых микрокалькуляторов для нужд противочумных учреждений. Алма-Ата, 1991. — 8 с.

2 Классовский Н. Л., Дубянский В. М., Поле С. Б. Опыт анализа сопряженности динамики фенетической структуры популяций, численности



грызунов и эпизоотий чумы // Матер. научно- практ. конф. посвященной 100-летию противочумной службы в России. — Саратов, 1997. — С. 63.

3 Класовский Н. Л., Поле С. Б., Дубянский В. М. Колебания фенотипической структуры большой песчанки в связи с динамикой численности и активностью эпизоотий. // Карантинные и зоонозные инфекции в Казахстане. — Алматы, 1999. — В 1. — С. 88-92.

4 Дубянский В. М. Особенности связей численности большой песчанки с некоторыми экологическими факторами в разные периоды времени. // Профилактика и меры борьбы с чумой. Матер. межгос. конф. — Алматы, 1994. — С. 203-204.

5 Дубянский В. М. Анализ связей хода весенней численности большой песчанки в Центральных Кызылкумах с некоторыми экологическими факторами. // Selevinia. — 1995. — №4. — С. 79-85.

6 Дубянский В. М. Возможность альтернативного прогнозирования весенней численности большой песчанки в Центральных Кызылкумах без привлечения абиотических факторов среды. // Экологические аспекты эпизоотологии и эпидемиологии чумы и других особо- опасных инфекций (Талдыкорган). Матер. научн. конф. — Алматы, 1996. — С. 129-130.

7 Дубянский В. М. Влияние факторов внешней среды на ход численности большой песчанки (*Rhombomys opimus* Liht) в Центральных Кызылкумах. // Неравновесные системы многих тел. Матер 2 международного раб совещания. — Алматы, 1999. — С. 74.

8 Дубянский В. М. О периодичности в ходе весенней численности большой песчанки в Центральных Кызылкумах. // В кн. Экологические аспекты эпизоотологии и эпидемиологии чумы и других особо- опасных инфекций (Талдыкорган). Матер. научн. конф. — Алматы, 1996. — С. 129.

9 Дубянский В. М., Дубянская Л. Д. К вопросу о степени синхронности в ходе численности большой песчанки (*Rhombomys opimus* Licht) в нескольких географических популяциях. // Selevinia. — 1994. — № 3. — С. 93-95.

10 Дубянский В. М. К вопросу о пороговом критерии надежности моделей прогнозирования численности грызунов. // Карантинные и зоонозные инфекции в Казахстане. — Алматы, 2001. — В. 4, — С. 125-128.

11 Дубянский В. М. Опыт имитационного моделирования хода весенней численности большой песчанки в Центральных Кызылкумах. // Экологические аспекты эпизоотологии и эпидемиологии чумы и других особо-опасных инфекций (Талдыкорган). матер. научн. конф. — Алматы, 1996. — С. 131.

12 Дубянский В. М. Моделирование хода численности грызунов в очагах чумы песчаночьего типа. // Проблемы вычислительной математики и информационных технологий. Матер. международной научно-практ. конф. — Алматы, 1999. — С. 172-173.

13 Дубянский В. М. Сравнительная характеристика хода весенней численности большой песчанки в Центральных Кызылкумах и некоторых других географических популяциях. // Матер. научно-практ. конф. посвященной 100-летию противочумной службы в России. — Саратов, 1997. — Т.1. — С. 39.

14 Дубянский В. М. К вопросу о методах математического моделирования и прогнозирования в экологии грызунов. // *Selevinia*. — Алматы, 1996-1997. — С. 199-202.

15 Дубянский В. М., Абдулина В. З., Классовский Н. Л., Айкимбаев А. М., Поле С. Б., Темиральева Г. А., Агеев В. С., Карпов А. А., Краснова З. В. Опыт создания электронной базы эпизоотологических данных на основании первичной документации эпидотрядов. // *Карантинные и зоонозные инфекции в Казахстане*. — Алматы, 2001. — В.3. — С. 299-301.

16 Дубянский В. М., Поле С. Б., Классовский Н. Л. Эколого-статистическая характеристика динамики весенней численности большой песчанки в географических популяциях среднеазиатского природного очага чумы. // *Вестник КазНУ им. аль-Фараби. Серия экологическая*. — Алматы, 2003. — № 2. — С. 127-131.

17 Дубянский В. М. Толерантность большой песчанки (*Rombomys opimus* Liht., Rodentia, Cricetidae) к некоторым климатическим факторам в весенний период. // *Вестник КазНУ им. аль-Фараби. Серия биологическая* — Алматы, 2003. — №3. — С. 93-98.

18 Классовский Н. Л., Поле С. Б., Дубянский В. М. Методические рекомендации по применению фенетических методов исследования для качественной характеристики популяций большой песчанки и серого сурка по краниологическим признакам. — Алматы, 2003. — 10 с.

19 Дубянский В. М. Характеристика временного ряда динамики весенней численности большой песчанки в Центральных Кызыкумах. // *Вестник КазНУ им. аль-Фараби. Серия биологическая*. — Алматы, 2003. — №3. — С. 128-132.

## Дубянский Владимир Маркович

Орталық Қызылқұмдағы үлкен құмтышқандардың көктемгі сандық көрсеткішінің динамикасын жүйелік талдау тәжірибесі

Биология ғылымдарының кандидаты ғылыми дәрежесін қорғау

03.00.08 – зоология

### Түйін

Жүйелік статистикалық талдаудың көмегімен Орталық Қызылқұмдағы үлкен құмтышқандардың көктемгі сандық көрсеткішінің динамикасы зерттел.

**Зерттеу мақсаты.** Орталық Қызылқұмдағы үлкен құмтышқандардың популяцияларының негізінде ортаның қандай факторлары әсер ететінін және олардың көктемгі сандық көрсеткішінің динамикасын (өзгерістерін) анықтау. Қоршаған ортаның белгілі бір параметрлерінің өзгеруіне популяцияның әсерін зерттеу үшін үлкен құмтышқандардың көктемгі сандық көрсеткішінің динамикасының математикалық моделін құрастыру.

1956 жылдан 1989 жылға дейін кеміргіштердің сандық көрсеткішінің уақыттық қатары тереннен қарастырылған. Осы уақыттық қатардың негізгі статистикалық сипаттамасы алынған. 4-6, 10-11 және 16 жылдар аралығында кезеңдіктің бар екендігі айқындалды. Ең маңызды және мәліметті кезеңдік 5-6 жылдық циклде байқалады.

Орталық Қызылқұмдағы үлкен құмтышқандардың сандық көрсеткішінің динамикасының уақыттық қатары Солтүстік, Батыс және Шығыс Қызылқұмдағы сандық көрсеткішінің қозғалысы қатарына және Алдыңғы Үстіртте, Дариялық тақырда, Арал жағалауындағы Қарақұмында, Аралдың Солтүстік жағалауында және Бақанас тегістігінде олардың популяция динамикасымен салыстырылды.

Орталық Қызылқұм популяциясының сандық көрсеткішінің ауытқу деңгейі бойынша бақанаспопуляциясына анағұрлым жақынырақ екені байқалады. Сандық көрсеткішінің қозғалысының сәйкес келуі бойынша – солтүстік-қызылқұмдық және батыс қызылқұмдық популяцияларсына ұқсас.

Үлкен құмтышқандардың көктемгі сандық көрсеткішінің динамикасы заңдылығын зерттеудің келесі бағыты — әрбір белгілі мезгілде сандық көрсеткішінің деңгейін қамтамасыз ететін, биотикалық және абиотикалық факторларды анықтау болды. Сандық көрсеткішінің қозғалысын сипаттау үшін 95 пайызға дәл келу мүмкіндігі бар, зерттеп тану кестелері ретінде модель құрастырылды. Модельді зерттеу нәтижесінде популяция тығыздығының өзгеруі кезінде кейбір реттеуші факторлардың басқалармен заңдылықты түрде ауысуы анықталды. Популяцияға әсер етуі сандық көрсеткішінің белгілі бір деңгейінде ғана байқалатын бірқатар факторлар бар, ал кейбір факторлар үздіксіз әсер етеді. Популяцияға сандық көрсеткішінің қозғалысының бағыты өзгергенде тұрақты сандық көрсеткішіне қарағанда көбірек факторлар әсер

етеді. Жеті популяцияаралық факторлар 10-12 ай бойы әсер тигізуі мүмкін. Төрт климаттық фактор 13-14 ай бойы алыстан әсерін тигізеді.

Үлкен құмтышқандар популяциясына әсері бойынша ажыратылатын факторлардың үш тобы анықталды. Бірінші факторлар тобы (олар тоғыз), негізінен сандық көрсеткішінің өсуін ал екінші топ (олар он екі) сандық көрсеткішінің төмендеуін қамтамасыз етеді. Үшінші топта - 26 факторлар бар, олар кеміргіштердің сандық көрсеткішінің өсуіне қолайлы және қолайсыз әсер етуі мүмкін. Қоршаған ортаның он тоғыз климаттық параметрлеріне қатысты зерттелінетін популяцияның қолданылған экологиялық, толтыруды талап ететін қуысы құрастырылды. Қолданылған, толтыруды талап ететін қуыс теориядан көп айырмашылығы, негізінен, толеранттық шекараның жетіспеу есебінен болатындығы көрсетіледі. Сөз жоқ, бұндай шекаралар бар, бірақ табиғи жағдайларда оған жету өте сирек кездеседі. Осы жағдайды түрдің экологиялық созылмалылығының қоры деп атауға болады.

Үлкен құмтышқандардың сандық көрсеткішінің динамикасының моделін зерттеу, факторлардың әр түрлі бағдарда әсерін тигізетіндігін және сандық көрсеткіштің бір жаққа қарай ауытқуы факторлардың нәтижелі әсерін көрсетеді. Циклдың айналым уақытында, үлкен құмтышқандардың сандық көрсеткішін анықтайтын жоғары мәліметті факторлардың жиынтығы әрдайым қатысып тұрғанымен, факторлардың әсер ету реті бір ретте қайталанбады. Сандық көрсеткішінің өзгеруін анықтайтын факторлар саны, жылдан жылға көп қайтара ауысып отырады.

Әрбір жыл кезеңінде сандық көрсеткіштер, бір-бірінің әсерін көтеретін немесе бір-бірінің орнын басатын факторлардың ерекше қоспаларымен анықталынады. Белгілі популяцияларда биотикалық және абиотикалық факторлар тобының маңызы әртүрлі. Орталық-қызылқұм популяциясының сандық көрсеткішінің динамикасы үшін, абиотикалық факторларға қарағанда, популяцияаралық факторлардың маңызы төмендеу.

Модельдерді зерттеудің басқа бағдарын зерттеп тану кестелері ретінде – қоршаған ортадағы өзгерістердің сценарийін құрастыру мүмкіндігі бар, гипотезалық жағдайларға байланысты модельдерді құрастыруға жақындау. Мысалы, Арал теңізінің құрғауына байланысты климаттың өзгеруі үлкен құмтышқандардың сандық көрсеткішінің қозғалысының сипатына көктемде Орталық Қызылқұмдағы – алыс аудандарға да белгілі түрде әсер етуі ықтимал. Сандық көрсеткішінің динамикасының өсу және төмендеу деңгейлері өте күрт өзгереді, өте жоғары немесе өте төмен болады.

Орталық Қызылқұмдағы үлкен құмтышқандардың көктемгі сандық көрсеткішінің динамикасына әсер ететін факторларды талдау нәтижелері, сандық көрсеткіштерді ұзақ мерзімге болжау (2 және одан да көп жылдар) сандық көрсеткіштердің уақыттық қатарының автоауытқуына негізделеді деген қортынды шығаруға мүмкіндік береді. Мұндай жағдайды циклдықты болжаудың сапалы тіркеуі деп атауға болады.

Қысқа мерзімге болжау үшін (жарты жылдыққа) мәліметтерді жинақтау 1,5 жыл бұрын басталу керек.

Осы еңбекті дайындау барысында екі өнертапқыштық куәлігі алынды және екі әдістемелік нұсқаулары шығарылды.

## Vladimir M. Dubyanskiy

### Experience of the system analysis of dynamics of spring number of Great Gerbil in Central Kizilkum

Thesis for the Degree of the Candidate of Biological Sciences

03.00.08-zoology

#### The summary

The spring number of dynamics of Great Gerbil in Central Kizilkum is investigated by the system statistical analysis.

The purposes of work: to define, on an example of a population Great Gerbil in Central Kizilkum, what factors of environment and their parameters determine the dynamics of spring number of this rodent. To create mathematical model of dynamics of spring number Great Gerbil for study of reaction of a population on change of the certain parameters of external environment.

A times series of parameters of number of rodent with 1957 for 1989 years are in detail considered. The basic statistical characteristics of this times series are received: a kind of distribution, scope of fluctuations, average meaning, variance, quantity of cycles and others. The presence of periodicity - 4-6, 10-11 and 16-years is revealed. Most information periodicity - 5-6 cycles.

Times series of dynamics of number Great Gerbil in Central Kizilkum were compared to numbers of movement of number in Northern, Western and, partially, East Kizilkum, and also with dynamics of populations of this kind in Predusturt, Darjalyktakir, Priaralskie Karakumy, Northern Priaralje and Bakanas plain. On character of movement of number of Central Kizilkum population is closest to Bakanas plain. On synchronism of movement of number - to Northern Kizilkum and Western Kizilkum populations.

The following direction of study of laws of dynamics of spring Great Gerbil became revealing biotic and abiotic of the factors causing a level of number in each concrete season. For the description of movement of number the model as the diagnose tables from 95 % by probability is constructed. As a result of research of model is revealed, that at change of density of a population one regulating factors (or their dozens) are naturally replaced by others. There are a number of the factors, which action on a population is shown only at the certain level of its number, some factors work constantly. At change of a direction of movement of number on a population a lot of the factors works, than at stable number. The conditions of an environments working on an initial population, appreciably have an effect for number of posterity. Seven intrapopulation factors 10-12 months work with anticipation. Four climatic factors - have the remote influence 13-14 months.

Three groups of the factors distinguished on action on a population of Great Gerbil are revealed. The first group of the factors (nine) stimulate growth of number. The second group of the factors (twelve), basically, suppress growth of number. The third group - 26 factors, has dozens both favorable and adverse for growth of number of Great Gerbil.

On an example of Great Gerbil practically is applied and one of major theoretical rules of ecology - rule about the realized ecological niche is investigated. The realized ecological niche of an investigated population in relation to nineteen

climatic parameters of an environment is constructed. Realized niche considerably differs from theoretical, basically, at the expense of often absence of borders of tolerance. For many factors the research of model has revealed only critical thresholds without the top and bottom limits of tolerance. Certainly, such borders are, but the achievement them naturally occurs, probably, is extremely rare. It is possible to name it as a reserve of ecological plasticity of a species.

The research of similar models allows more full and integrated to estimate a place of Great Gerbil in ecology system.

Presence of cyclic fluctuations of dynamics of spring number of Great Gerbil put a some questions about the mechanism of their occurrence. The research of model of dynamics of number of Great Gerbil has shown, that the factors work different-direction and shift of number result of resulting influence. During a cycle the order of following of the factors never has repeated, though high information factors almost always were present in determining number Great Gerbil a set. The quantity of the factors from year to year determining change of number, varies repeatedly.

The results of the carried out analysis testify that the opinion on existence of the unequivocally adverse or favorable factors working on dynamics of number great gerbil, is not absolutely correct. Each season dynamics of number is determined by a unique combination of the factors mutually strengthening or compensating action each other. In concrete populations importance biotic and abiotic of groups of the factors any other business. For dynamics of number Central Kizilkum of a population intropopulation the factors less important, than abiotic. Intrapopulations factors are adaptive response of a population to influence of an environment and, to a lesser degree, directly form number.

Other part of research of models as diagnose of the tables - approach to construction situation hypothetical models allowing to lose the various script of changes in an environment. The preliminary attempt has shown, that, in the methodical plan, the model allows to decide similar tasks.

The changes of a climate as a result of drying the Aral sea can render the certain influence on character of movement of number Great Gerbil in the spring even in the rather remote area - Central Kizilkum. The branches of rise and recession of curve dynamics of number become more abruptly, the duration of phases of high and low number grows.

The results of the analysis of the factors influencing spring number of Great Gerbil in Central Kizilkum, allow to make a conclusion, that long-term (with anticipation 2 and more than years) the forecasting of number can be based on auto fluctuations of a times series of number. Such approach to name by the forecast of qualitative registration cyclic, without its quantitative concrete definition more correctly.

For short-term forecasting - with semi-annual anticipation - the data gathering should begin for 1,5 years. At later data in model a number of information of the factors will not get, that will lower it forecasting value. The search of the factors with more remote influence and more powerful methods of the analysis and forecast of times series is necessary for construction of the effective long-term forecasts.

During preparation of work two packages of the applied software are introduced, on what the certificates on the rationalization offer are received, two methodical recommendations are authorized.