

УДК 639.111.2.03

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ПОПУЛЯЦИЙ САЙГАКОВ

Л. В. ЖИРНОВ  
(Кафедра зоологии)

Среди диких копытных СССР сайгак занимает особое положение, являясь одним из наиболее многочисленных и ценных видов промысловых животных. С 1951 по 1980 г. было добыто свыше 5 млн. сайгаков и государство получило более 75 тыс. т дешевого мяса и другой продукции. поголовье сайгаков следует рассматривать как важный охотничий фонд, имеющий государственное значение. Рациональное его использование должно строиться на знании экологических закономерностей, присущих популяциям сайгаков, в частности, на знании видовых особенностей многолетних колебаний их численности. Исследования экологии отдельных популяций позволили выделить основные факторы, ограничивающие их численность в природе. Следует отметить, что исследователи обычно анализируют воздействие на этот показатель лишь отдельных факторов в определенные периоды, а при рассмотрении многолетних изменений дают лишь словесную характеристику развития популяции [1, 10 и др.]. Такой подход не раскрывает комплексного воздействия всех факторов на изменение численности популяций сайгаков как целостной биологической системы, приспособленной к функционированию в условиях аридных зон. Применение метода математического моделирования дает возможность более достоверно про-

следить многолетнюю динамику численности популяций сайгаков и описать закономерности их развития в разных экологических условиях. Отдельные попытки в этом плане были сделаны при изучении динамики численности некоторых копытных [2].

Построение формализованной модели динамики популяций сайгаков позволяет выявить наиболее характерные закономерности колебаний численности этого вида и тем самым определить стратегию хозяйственного использования ресурсов сайгаков. Их популяция должна рассматриваться как сложная биологическая система со специфической эволюционной и хронической структурой, обладающая широкими возможностями функционирования в меняющихся экологических условиях.

При построении модели динамики численности мы ставили цель выявить эффект совместного действия разных параметров популяции на характер воспроизводства, ход колебаний численности и пределы суммарного значения выявленных связей со средой обитания (засуха, джугты), а также формы и силу воздействия антропогенных факторов, определяющих динамику популяций.

Внешние факторы, как это установлено современными исследованиями, действуют на возрастную и половую структуру популяций, продолжительность жизни разных групп, рождаемость и смертность, а также на проявление специфических особенностей выживания при отклонениях экологической ситуации. Реальные значения указанных параметров популяций, используемых нами при построении моделей, получены в результате исследований, выполненных в последние 20—25 лет на разных популяциях сайгаков, преимущественно в Западном Прикаспии [1, 4—6] и Центральном Казахстане [7, 10, 12—14, 16]. Использовались данные о популяции сайгаков с о. Барса-Кельмес, специфические условия обитания на котором наложили свой отпечаток на биологию животных [8, 9].

Построение модели. Популяция сайгаков как биологическая система имеет достаточно сложную структуру. Блок-схема этой системы представлена на рис. 1. Определение возраста добытых сайгаков и анализ возвратов меток позволили установить предельную продолжительность их жизни, которая в Западном Прикаспии составляет 9—10 лет [1]. В Казахстане, по мнению одних исследователей [15], большинство самцов доживает лишь до 5 лет, самок — до 11—12 лет, по данным других [12], самцы здесь доживают до 9—10 лет. Исходя из такой продолжительности жизни все поголовье сайгаков мы разбили на 10 возрастных групп. В нулевую группу входят животные, родившие-

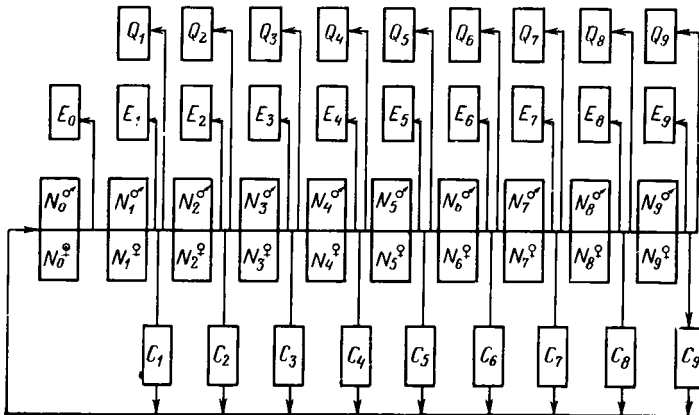


Рис. 1. Блок-схема модели популяции сайгаков (значения символов приведены в тексте).

Распределение сайгаков (% от поголовья) по возрастным и половым группам

Пол	Возрастные группы (годы)								
	I (0,5)	II (1,5)	III (2,5)	IV (3,5)	V (4,5)	VI (5,5)	VII (6,5)	VIII (7,5)	IX
Самцы	23	12,0	3,2	1,2	0,4	0,2	0,05	0,03	—
Самки	23	16,0	12,8	4,5	1,7	1,0	0,45	0,27	0,2

ся весной рассматриваемого года. В I группу они переходят в ноябре после 6 мес самостоятельной жизни. При благоприятной ситуации молодые самки в это время впервые участвуют в репродуктивном цикле популяции. Переход в следующие возрастные группы (II, III и т. д.) также осуществляется в конце осеннего периода, т. е. в начале следующего репродуктивного цикла.

Начальное распределение сайгаков по возрасту и полу, полученное разными методами, представлено в табл. 1.

Эта таблица построена на основе данных о возрасте 418 меченых сайгаков, погибших естественной смертью или добытых при сплошном отстреле отдельных стад в Западном Прикаспии и в Казахстане [1, 4, 12], и учета встречаемости отдельных возрастных (молодые и взрослые) и половых групп в природе. Естественно, что принимаемое распределение сайгаков до некоторой степени упрощено, но порядок чисел, несомненно, соответствует реальному положению.

Соотношение полов наряду с возрастным составом оказывает существенное влияние на развитие популяции сайгаков. Наблюдается хорошо выраженная тенденция к увеличению численности самок в популяции. На стадии эмбрионального развития и при рождении соотношение полов близко 1:1, но уже на этом этапе в определенные годы отмечается сдвиг в сторону увеличения количества самок, что, видимо, является отражением определенной биологической закономерности, обуславливающей повышение общей численности популяции при ухудшении условий существования, например, при засухе или усилении негативных антропогенных воздействий [3]. В последующем доля самок в популяции постоянно возрастает; до конца 1-го года жизни соотношение полов составляет 1:1, к концу 2-го года — 1:1,5, на 3—5-м годах жизни — 1:4, а в более старших возрастных группах на одного самца приходится 5—10 самок.

В нашей модели использовались следующие соотношения полов: нулевая и I возрастные группы — самцов 50 % и самок 50 %; II — соответственно 40 и 60 %; III—V — 20 и 80; VI—IX группы — 10 и 90 %.

В оспроизводство. Половозрелость самок сайгаков наступает на 1-м году жизни. В нормальные годы самки-сеголетки уже в возрасте 7—8 мес участвуют в гоне, и в годовалом возрасте около 85 % самок приносят по одному детенышу, при этом часть молодых самок остается яловыми (15 %). В годы с засухой и многоснежными зимами яловость молодых самок увеличивается. Исследования, проведенные в Западном Прикаспии, показали, что в эти годы до 50 % молодых самок не участвуют в размножении. Среди самок старших возрастных

Таблица 2  
Плодовитость самок

Группа самок	Количество сайгаков на одну стельную самку	Яловость, %	
		в нормальные годы	в годы засух или дождей
I	1,0	15	50
II—V	1,8	4	15
VI—VII	1,5	4	15
VIII—IX	1,0	4	15

Т а б л и ц а

Годовая убыль поголовья сайгаков в результате естественной смертности  $S_i$  (% от всего поголовья каждой возрастной группы)

Возрастная группа	Норма	Засуха	Зимняя бескормиза (джу-ты)
0	25	50	—
I:			
самцы	10	10	20
самки	10	15	20
II—IX:			
самцы	25	25	50
самки	10	15	20

групп (II и последующие) яловость в нормальные годы не превышает 4 %, но после сильных летних засух и тяжелой зимовки она увеличивается до 15 %. Количество сайгачат у взрослых самок II—V групп в среднем составляет 1,8 экз. на одну стельную самку (табл. 3). В более старшем возрасте плодовитость снижается, в VI—IX группах на одну самку приходится 1—1,5 сайгачонка [8, 9].

Учитывая показатели плодовитости самок и их участие в репродуктивном цикле, количество сайгачат, родившихся в каждой возрастной группе  $C_i$ , определялось следующим образом:

$$C_i = N_i \cdot c_i (1 - L/100),$$

где  $L$  — яловость;  $c_i$  — количество сайгачат на каждую стельную самку в  $i$ -й возрастной группе,  $N_i$  — количество самок в  $i$ -й возрастной группе.

Естественная смертность сайгаков — наиболее существенный параметр, оказывающий большое влияние на численность поголовья и изменяющийся в довольно широких пределах. Между тем этот показатель наиболее трудно учитывать, особенно естественную убыль животных разных возрастных групп. Наиболее точно поддается учету смертность молодняка в нулевой возрастной группе. Размеры естественной смертности молодняка колеблются в следующих пределах: в 1-й месяц после рождения погибает ~20 % молодняка, в последующие месяцы смертность невелика и составляет около 5 %, т. е. к декабрю всего гибнет примерно 25 % [1]. По данным А. А. Слудского и В. А. Фадеева [10, 12], в 1966 г. с июня по ноябрь численность молодняка уменьшилась с 52,6 до 47,2 %, а в 1967 г. — с 42,7 до 32,9 % всего поголовья, т. е. с июня по ноябрь убыль среди молодых составляет около 5 %. Таким образом, в нормальных условиях гибель молодняка в течение первого полугодия составляет ~25 % всего поголовья, народившегося весной.

В годы с весенне-летними засухами смертность молодняка резко возрастает и достигает 60—80 % [1, 3], т. е. в засушливые годы по сравнению с нормальными отход молодых увеличивается примерно в 2,4—3,2 раза. В среднем при построении модели мы принимали отход молодняка в засушливые годы в размере 50 %. В годы эпизоотий ящура, если эта болезнь поражала популяцию сайгаков в период рождения молодняка, его смертность за летний период составляет 80 %. Следует отметить, что среди молодых гибнут преимущественно самцы (на их долю приходится 55—66 % павших), но для упрощения модели мы этим пренебрегли.

Смертность сайгаков других возрастных групп трудно поддается оценке, но судя по распределению можно принять, что ежегодная гибель самок I—IX групп находится в пределах 10 %. Отход среди самцов более высокий. Гибель самцов, не принимающих участия в гоне (I и II группы), составляет 10 %, а активно участвующих в нем ~25—50 % [7, 10]. Самцы погибают в основном в зимний период, что является следствием не только истощения их после гона, когда они становятся легкой добычей волков и собак, но и ухудшения погодных условий. Повышенная элиминация среди взрослых самцов наиболее четко прослеживается при наступлении зимней бескормицы в результате уста-

новления снежного покрова. В суровые зимы наблюдается массовый падеж сайгаков и численность поголовья может сокращаться на 40—50 %, особенно если многоснежным зимам предшествовала весенне-летняя засуха [11]. В такие годы естественную смертность сайгаков во всех возрастных группах мы принимали в размере 20 %, а взрослых самцов — до 50 %. В засушливые годы естественная смертность последних, видимо, также несколько увеличивается, но у нас нет точных данных об изменении убыли поголовья в указанные периоды, и поэтому смертность самцов (II и последующие группы) мы принимаем на уровне обычной, а самок — в 1,5 раза более высокой по сравнению с нормой. Таким образом, убыль  $E_i$  от естественной смертности по возрастным и половым группам в нашей модели принималась в соответствии с теми значениями, которые приведены в табл. 3, и рассчитывалась следующим образом:

$$E_i = N_i S_i,$$

где  $S_i$  — смертность в каждой возрастной и половой группе.

Убыль поголовья сайгаков в результате промысловой охоты, а также при браконьерском отстреле является весьма существенным фактором, от которого зависит характер колебаний их численности. При определении эффекта воздействия промыслового отстрела на динамику численности этих копытных мы основывались на существующей практике. При построении модели мы рассматривали три разных уровня промысловой добычи (A) — 20, 30 и 40 % предпромысловой численности сайгаков в октябре — ноябре. При этом предполагалось, что промысел осуществляется в сжатый период (один месяц) с тем, чтобы исключить негативное воздействие растянутых сроков промысла на ход гона и других биологических явлений, которые могли бы отразиться на состоянии популяций. При определении различных норм промысловой добычи (20, 30 и 40 %) мы также изменяли половозрастной состав добываемых сайгаков. При 1-м варианте промысловая добыча слагалась следующим образом: молодые животные (самцы и самки I группы) — 25 %, взрослые самцы (II—VIII) — 15 и взрослые самки (II—VIII группы) — 60 %. При 2-м варианте на долю молодых животных приходилось 10 %, взрослых самок — 30 и взрослых самцов — 60 %. Представленные данные о разном составе добываемых животных приближаются к тем показателям, которые реально имеют место в практике промыслового отстрела в Калмыкии (1-й вариант) и Казахстане (2-й вариант). Выявление воздействия на ход развития популяции сайгаков убыли поголовья при промысловом отстреле дает возможность определить оптимальную стратегию хозяйственного использования ресурсов сайгаков.

Убыль численности сайгаков в результате браконьерской охоты (B) в тех регионах, где плохо поставлена охрана, может достигать 25—40 % основного промыслового отстрела, а в угодьях с хорошо поставленной охраной этот показатель значительно ниже. Браконьерский отстрел в нашей модели оценивался 10 % основной промысловой добычи. При неучтенном (браконьерском) отстреле число изъятых из всех групп сайгаков было пропорциональным их количеству согласно принятому распределению (табл. 1).

Таким образом, общая убыль (Q) сайгаков из популяции под воздействием охоты слагалась из промыслового (A) и браконьерского (B) отстрела самцов ( $N_{i1}$ ) и самок ( $N_{i2}$ )

$$Q_i = (N_{i1} + N_{i2}) (A + B) \text{ и } Q = \sum_9 Q_i.$$

Переход животных в старшую возрастную группу осуществлялся следующим путем: время перехода приурочивалось к началу репродуктивного цикла, т. е. к ноябрю, когда у сайгаков проходит гон и самки

включаются в процесс воспроизводства. К этому времени молодняк переходит к самостоятельной жизни, а самки-сеголетки становятся половозрелыми и впервые участвуют в репродуктивном цикле. К рассматриваемому периоду в результате естественной смертности и отстрела за предыдущий промысловый сезон в каждой половой и возрастной группе остается определенное количество особей, которые переходят в следующую возрастную группу:

$$N_{i+1} = N_i - E_i - Q_i.$$

Молодняк в данный период (0 группа) достигает возраста 6 мес и переходит в I группу, при этом учитывается естественная смертность с момента рождения по ноябрь, которая в нормальные годы составляет 25 %, а в засушливые — до 50 %. Количество молодняка, переходящего в I группу, рассчитывалось по формуле, для самцов и самок отдельно

$$N_1 = C_0 - E_0.$$

**Анализ модели.** При построении модели были поставлены две основные задачи: 1) выяснить общие закономерности роста популяции, определяющие колебания численности сайгака как типичного обитателя открытых ландшафтов аридной зоны; 2) на их основе определить подходы к решению методов управления ресурсами в плане оптимизации стратегии хозяйственного использования и разработке мероприятий по охране этих копытных.

Программа моделей динамики популяции сайгаков составлена на машинном языке ФОРТРАН-4 и реализована на электронно-вычислительной машине ЭС 10-40.

Было построено несколько моделей роста популяций на протяжении 10-летнего периода. Исходная численность поголовья составляла 100 тыс. особей, т. е. тот нижний предел, который обеспечивает существование биологически полноценной популяции в условиях аридных зон с неустойчивыми параметрами среды.

На рис. 2 представлены данные по моделированию развития популяции в условиях, при которых исключается прямое антропогенное воздействие промысла или неконтролируемого отстрела. Кривая 1 показывает темп роста популяции при максимальных значениях плодовитости и при нормальной выживаемости, которая наблюдается при благоприятных условиях. В этом случае общая численность животных возрастает весьма интенсивно. Через два года их поголовье увеличивается более чем в 2 раза, а к концу 10-летнего периода — более чем в 20 раз. Среднегодовой прирост популяции в этих условиях составляет около 40 % при колебаниях от 28 до 49 %.

Такой высокий темп роста популяции обусловлен ранним наступлением половозрелости самок, когда около 85 % самок-сеголеток принимают участие в размножении, высокой плодовитостью взрослых самок и численным преобладанием самок в популяции. Ярко выраженная полигамия обеспечивает нормальное воспроизводство стада. В результате при благоприятных условиях, складывающихся в районах основного обитания, численность сайгаков быстро восстанавливается, и кривая роста попу-

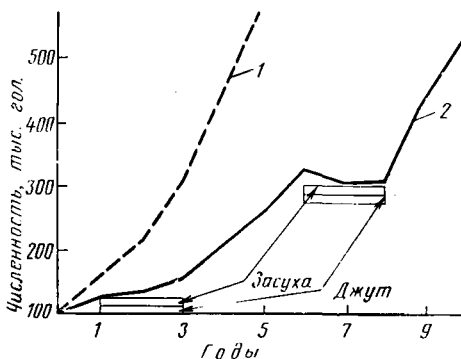


Рис. 2. Изменение численности популяции сайгаков за 10 лет:

1 — в благоприятные годы; 2 — в годы с засухами и многоснежными зимами.

ляции носит экспоненциальный характер.

Кривая 2 на рис. 2 дает представление о колебаниях численности также при отсутствии промысла, но здесь в модель запрограммировано воздействие весенне-летних засух (1, 2, 7, 8-й годы-циклы) и многоснежных зим, приводящих к джуту (2, 7, 9-й годы-циклы). Воздействие этих неблагоприятных факторов реализуется в модели путем изменения популяционных параметров — плодовитости, выживаемости и структуры популяции.

Анализ этой кривой показывает, что уже после первой засухи и многоснежной зимы рост популяции значительно замедляется, так как обширный прирост снижается в 4 раза по сравнению с численностью животных в благоприятные годы, что обусловлено увеличением смертности молодых и взрослых сайгаков. Повторное наступление засухи и многоснежной зимы (7-й и 8-й циклы) приводит к сокращению численности популяции, и кривая падает вниз. Эффект действия засух и зимних бескормиц определяется не только повышенной смертностью молодых и взрослых сайгаков, но и снижением интенсивности размножения, поскольку при таких условиях увеличивается яловость взрослых самок, а молодые самки не достигают половой зрелости и почти полностью исключаются из воспроизводства. Если в благоприятные годы на долю последних приходится до 25—30 % приплода, то в годы засух и джутов они приносят менее 5—8 % всего народившегося молодняка. Таким образом, повышенная смертность и резкое снижение участия молодых самок в воспроизводстве в конечном итоге определяют замедление роста популяции, а в годы, когда засухи и джуты следуют друг за другом, прироста популяции вообще не отмечается, и наступает период депрессии численности. После окончания этого периода численность восстанавливается довольно быстро и уже на 2—3-й год поголовье удваивается. В целом продуктивность популяции после засух и джутов снижается весьма незначительно и количество приплода остается высоким — в пределах 50—60 % исходного сохранившегося поголовья. Такой эффект достигается за счет увеличения доли взрослых самок, так как во время джутов в первую очередь элиминируются взрослые самцы и популяция, несмотря на большой урон, имеет возможность в короткие сроки наращивать общую численность при наступлении благоприятных условий. В такие периоды ее прирост достигает 37 %, а в среднем за 10-годовой период, когда на 4 сезона приходится засуха и на 3—многоснежные зимы, среднегодовой прирост составляет около 20 %.

Для выяснения пределов устойчивости к действию прямых антропогенных факторов нами исследованы модели динамики численности, в которых пресс антропогенного прямого влияния в форме промыслового отстрела варьировал как по нормам добычи, так и по составу добываемых животных. На рис. 3 показано изменение численности популяции сайгаков при разных вариантах промыслового отстрела (от 20 до 40 % поголовья) и браконьерской добычи. Воздействие последних оценивалось в благоприятные годы (отсутствие засух и джутов) и на фоне засух и многоснежных зим, заканчивающихся джутом.

При отсутствии засух и джутов популяция сайгаков успешно выдерживает минимальные и средние промысловые отстрелы (20 и 30 %)

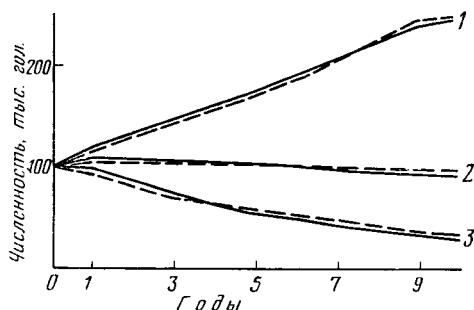


Рис. 3. Рост популяции в благоприятный период при промысловых нагрузках:  
1 — 20%; 2 — 30%; 3 — 40%. Сплошная линия — при 1-м варианте состава добываемых животных, пунктир — при 2-м варианте (см. текст).

и неконтролируемую охоту в размере 10 % промысловой добычи. Более того, при 20 %-ной промысловой нагрузке численность популяции стабильно возрастает (ежегодно в среднем на 10 % к исходной). При норме добычи 30 % роста популяции не отмечается: в первые пять лет численность ее довольно стабильна, а во втором пятилетии несколько сокращается (на 5—6 %). При более высоких нагрузках (40 %) численность популяции уменьшается и к концу пятилетия отмечается уменьшение запасов почти в 2 раза, к концу десятилетнего периода — почти в 4 раза. При этом следует отметить отсутствие каких-либо существенных различий в ходе кривых при разном составе добываемых животных.

В годы с засухами и джугами устойчивость популяции значительно снижается. Уже при минимальной промысловой нагрузке (20 %) ее численность в этом случае уменьшается в среднем на 20—22 %, но при наступлении благоприятных условий происходит стабилизация и затем отмечается небольшой рост в пределах 10—15 % к исходной численности. При нормах промысла 30—40 % кривая хода численности стабильно падает вниз. Если промысловая нагрузка становится максимальной, то численность сайгаков резко уменьшается и по существу наступает период многолетней депрессии, популяция теряет промысловое значение.

Анализ изменения численности в зависимости от состава добываемых животных показал, что в 1-м варианте (молодняк — 25 %, самцы — 15 и самки — 60 % добычи) отмечается более глубокое падение численности, чем во 2-м (соответственно 10, 60 и 30 %). Процесс воспроизводства сайгаков не нарушается даже при минимальном количестве самцов в популяции, поскольку для этого вида характерна полигамия. Однако расчеты показывают, что после джугов и во 2-м варианте отстрела (по составу добываемых животных) самцы V и всех последующих возрастных групп полностью выпадают из популяции. Видимо, такая структура популяции значительно суживает генетическое разнообразие, что может отрицательно сказаться на биологической устойчивости последующих поколений.

Итак, из анализа моделей следует, что для популяции сайгаков характерен большой запас устойчивости к действию антропогенного фактора. В благоприятные периоды промысловая нагрузка в 30 % не ведет к снижению роста популяции, а при отстреле в 20 % животных отмечается стабильный ее рост. В годы с засухами и многоснежными зимами устойчивость популяций к прессу промысла значительно сни-

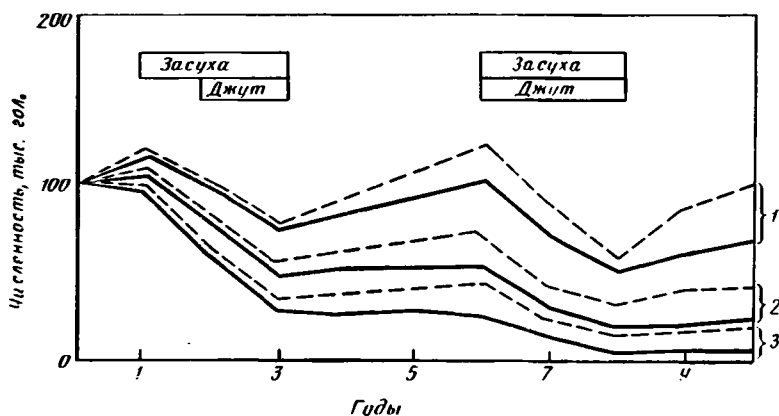


Рис. 4. Рост популяции в период засух и многоснежных зим при промысловых нагрузках.

Обозначения те же, что на рис. 3.



жается. Большие промысловые нагрузки (30—40 %) вызывают глубокую депрессию численности, и рост популяции прекращается, а при минимальном отстреле (20 %) отмечаются кратковременные падения численности, но при наступлении благоприятных условий она быстро стабилизируется и начинает возрастать.

Таким образом, высокие темпы воспроизводства, свойственные популяциям сайгаков, дают возможность весьма интенсивно использовать ресурсы этого копытного. В промысловых популяциях в благоприятные периоды (без засух и джуртов) вполне допустимо ежегодно добывать до 30 % осеннего поголовья, а при расширенном воспроизводстве — не более 20 % поголовья. В периоды засух и в многоснежные зимы нормы промысловой добычи не должны превышать 10—15 % предпромыслового поголовья. В периоды глубокой депрессии численности необходимо закрывать промысел на один-два года для восстановления последней. Отстрел следует вести так, чтобы не нарушать структуру популяций. Оптимальный вариант состава добываемых животных следующий: молодняк обоего пола не более 30 %, взрослые самки — не более 50 %, взрослые самцы — не более 20 %. Дифференцированный подход к установлению норм добычи обеспечит долговременное использование ресурсов и не приведет к угасанию промысловых популяций сайгаков. Размеры промыслового изъятия должны быть сопряжены с ходом естественных колебаний численности: в годы нарастания численности промысловая нагрузка может быть максимальной, в периоды падения численности — минимальной.

Анализ результатов моделирования динамики популяций помогает понять основные закономерности колебаний численности сайгаков в природе. Резкая изменчивость среды обитания обуславливает значительные колебания численности сайгаков в природе. В благоприятные периоды популяции способны за короткий срок восстановить численность, что определяется структурой и высоким потенциалом размножения при явно выраженной полгиамии. В такие периоды происходит раннее созревание самок (к 7 мес), благодаря чему заметно увеличивается воспроизводственная часть стада, повышаются выход молодняка и общая продуктивность популяции. Все это положительно сказывается на численности сайгаков и в следующие годы. В такие «урожайные» годы наблюдается особенно быстрый рост популяции. Если благоприятная экологическая ситуация сохраняется на протяжении 3—5 лет, то популяция возрастает в несколько раз и наступает популяционный пик численности. Анализ колебаний численности популяций в период с 1951 по 1980 г. подтверждает установленные с помощью моделирования закономерности динамики популяций сайгаков. В частности, становятся понятными быстрые темпы восстановления этого вида при снятии пресса охоты в 30—50-е годы настоящего столетия.

В заключение следует еще раз подчеркнуть, что метод математического моделирования позволяет выявить значимость рассмотренных здесь параметров для прогнозирования движения численности популяции в различных экологических ситуациях при хозяйственном освоении ресурсов сайгаков. Введение в модель других параметров (косвенное воздействие антропогенных факторов, состояние кормовых угодий) может обеспечить еще большую адекватность модели реальному состоянию отдельных популяций сайгаков.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Банников А. Г., Жирнов Л. В., Лебедева Л. С., Фандеев А. А. Биология сайгака. М.: Изд-во с.-х. лит., 1961. — 2. Галанцев В. П., Кисляков С. В., Скаликов С. В. Математическое моделирование динамики популяции лося (*Alces alces*). — Зоол. журн., 1975, т. LIV, вып. 5, с. 752—762. — 3. Жирнов Л. В. Ресурсы и промысел сайгаков в Западном Прикаспии. — В кн.: Вопр. повышения продуктивности охотничьих угодий. М.: Колос, 1969. — 4. Жирнов Л. В. Сайгак и

- его эксплуатация в СССР. — Тр. VIII Междунар. конгр. биологов-охотоведов. Хельсинки, 1970, с. 277—281. — 5. Жиров Л. В. О влиянии антропогенных факторов на динамику численности сайгаков. — В кн.: Науч. основы охраны природы. М.: Наука, 1971, с. 74—87. — 6. Жиров Л. В. Экологические основы охраны копытных аридной зоны Евразии. — Тр. МВА, 1978, т. 97, с. 36—55. — 7. Рашек В. Л. Сайгак в Западном Казахстане. — Тр. ин-та зоол. АН КазССР, 1956, т. VI, с. 28—60. — 8. Рашек В. Л. Материалы по размножению сайгака на острове Барсакельмес (Аральское море). — Тр. Ин-та зоол. АН КазССР, 1963, т. XX, с. 164—193. — 9. Рашек В. Л. Биология сайгака острова Барсакельмес. — Автореф. канд. дис. М., 1974. — 10. Слудский А. А., Сайгак в Казахстане. — Тр. Ин-та зоол. АН КазССР, 1955, т. IV, с. 18—55. — 11. Слудский А. А. Джуты в евразийских степях и пустынях. — Тр. Ин-та зоол. КазССР, 1963, т. XX, с. 5—88. — 12. Фадеев В. А. Авиавизуальный учет сайгаков в Казахстане. — Изв. АН КазССР, сер. биол., 1972, вып. 6, с. 48—54. — 13. Фадеев В. А. Динамика численности сайгаков в Казахстане. — В кн.: Копытные фауны СССР. М.: Наука, 1975, с. 136—137. — 14. Фадеев В. А. Результаты мечения сайгаков на территории Казахстана. — В кн.: Копытные фауны СССР. М.: Наука, 1980, с. 212—213. — 15. Хусайинов А. Определение возраста у сайгаков по изменениям структуры зубов. — Тр. Ин-та зоол. АН КазССР, 1959, т. X, с. 31—45. — 16. Цаплюк О. Э. Половая цикличность у сайгака. — Тр. Ин-та зоол. АН КазССР, 1966, т. XXVI, с. 193—211.

*Статья поступила 15 мая 1982 г.*

#### SUMMARY

Possibilities of application of mathematical model method in finding out dynamics of saiga population number were studied. Saiga population is considered as a complex biological system adapted to functioning under the conditions of arid zones with changing environment. While constructing a model of population development one can notice effect of abiotic (droughts, winters with much snow) and anthropic factors on changing its number for a period of 10 years. These factors influence the main parameters of the population (sex and age structure, prolificacy, natural death rate and animal removal by game-shooting). Mathematical model programme is fulfilled on number computer with the help of machine language FORTRAN-4. Laws of changing the number of saiga, population in different ecological conditions without game-shooting as well as with different rates of game-shooting for a long duration were found out.