

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ СЕВЕРНОГО МОРСКОГО КОТИКА

О.Л. Жданова^{1,2,4}, А.Е. Кузин³, Е.Я. Фрисман⁴

¹Институт автоматизации и процессов управления ДВО РАН,

²Дальневосточный федеральный университет,

³Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр,
г. Владивосток

⁴Институт комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН,
г. Биробиджан

Проведен подробный модельный анализ динамики численности и возрастной структуры самцов популяции северного морского котика с помощью матричной модели Лесли-Лэфковича. Показано, что резкое снижение среднего репродуктивного потенциала самцов, произошедшее на фоне промысла, привело к существенной перестройке возрастной структуры популяции и резкому замедлению ее роста.

Ключевые слова: *Callorhinus ursinus*, динамика численности половозрастных групп, динамика выживаемости, результаты промысла, математическое моделирование.

MODELING THE NORTHERN FUR SEALS DYNAMICS

O.L. Zhdanova^{1,2,4}, A.E. Kuzin³, E.Ya. Frisman⁴

¹Institute for Automation and Control Processes FEB RAS,

²Far Eastern Federal University,

³Pacific Research Fisheries Center,
Vladivostok

⁴Institute for Complex Analysis of Regional Problems FEB RAS,
Birobidzhan

A detailed analysis of the number and age structure dynamics of males in the Northern fur seal population is carried out using the Leslie-Lefkovich matrix model. It is shown that a sharp decrease in the average reproductive potential of males, which occurred during harvesting, led to a significant rearrangement of the age structure of the population and a sharp slowdown in its growth.

Keywords: *Callorhinus ursinus*, dynamics of age and sex group number, survival rate dynamics, harvest results, mathematical modeling.

На фоне многолетнего регулируемого промысла (несмотря на его предполагаемую биологическую обоснованность и оптимальность) в популяции морского котика о-ва Тюлений появились признаки депрессии. Так, к концу 80-х гг. численность новорожденных щенков уменьшилась вдвое, относительно средних значений для периода 60-х – начала 70-х гг., а затем практически стабилизировалась на этом низком уровне. Депрессия настигла и другие популяции морского котика Северной Пацифики: Командорскую и Прибыловскую (Trites, Larkin, 1989; Wickens, York, 1997; Angliss, Lodge, 2003;

Корнев и др., 2008; Lee et al., 2014). Чтобы изменить эту негативную тенденцию, промысел на о-ве Тюлений был значительно ограничен к 90-м гг., а после 2008 г. вообще прекращен. В результате резко выросла численность секачей, но ожидаемого восстановления популяции не произошло: хотя численность новорожденных щенков растет, уровень середины 60-х гг. так и не достигнут.

Чтобы выявить внутрипопуляционные изменения, которые могли привести к нестабильному росту популяции даже в условиях отсутствия эксплуатации, была проведена оценка выживаемостей различных половозрастных групп северного морского котика на основе доступных данных наблюдений (Жданова и др., 2017 а, б) за более чем полувековой период. Результаты проведенного исследования показывают, что видимого снижения не демонстрируют ни выживаемости, на первых годах жизни, ни выживаемости других возрастных групп. Более того, показано, что после 1988 г. выросли ювенильная выживаемость самок (Жданова и др., 2017 б), и выживаемости старших возрастных групп самцов (Жданова и др., 2017 а). Следовательно, поиск причины замедленного роста Тюленьевского стада северного морского котика остается актуальной задачей.

В данной работе мы провели подробный модельный анализ динамики численности и возрастной структуры самцовой части популяции с помощью матричной модели Лесли-Лефковича: $M(n+1)=A \cdot M(n)$, где вектор-столбец $M(n)=(M_0(n), M_1(n), M_2(n), M_3(n), M_4(n), M_5(n), M_6(n), M_{7+}(n))^T$ представлен численностями самцов соответствующего возраста в n -ом году. Численность новорожденных самцов $M_0(n)$ равна половине численности всех новорожденных щенков $P(n)$, а репродуктивная группа секачей (M_{7+}) представлена половозрелыми самцами всех возрастов от семи лет и старше. Проекционная матрица модели A соответствует графу жизненного цикла самцов популяции северного морского котика (рис.).

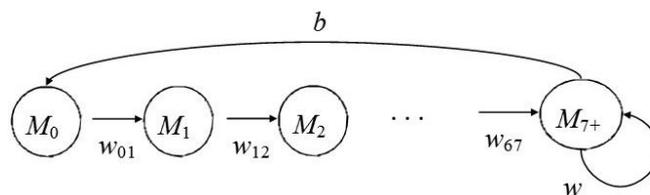


Рис. Граф жизненного цикла самцов северного морского котика

Проведенное исследование фактически дает достаточно убедительное обоснование гипотезы о весьма глубоком и возможно необратимом воздействии промысла, приведшем к кардинальным изменениям в популяциях северного морского котика. Можно с уверенностью утверждать, что промысел носил селективный характер: из популяции изымались наиболее продуктивные потенциальные производители. Вероятно, такой многолетний промысел привел к принципиальным перестройкам качественного состава популяции (как

генетических параметров, так и физиологии): избежали промысла слабые производители и их доля среди половозрелых самцов существенно возросла. Средний репродуктивный потенциал самцов снизился почти катастрофически. Это привело к существенной перестройке возрастной структуры популяции и резкому замедлению роста популяции, даже на фоне небольшого увеличения естественной выживаемости практически всех возрастных групп. Дальнейший рост популяции северного морского котика, если и произойдет, то будет весьма небыстрым. Для такого роста (и особенно для его ускорения) необходима новая перестройка качественного состава популяции: увеличение доли самцов с высоким репродуктивным успехом. Эта перестройка наверняка уже идет в популяции под действием естественного отбора после прекращения промысла. Но поскольку сейчас доля самцов-производителей с высоким репродуктивным успехом невелика (если судить по текущим низким средним значениям) позитивные процессы естественного отбора займут много времени. Получение количественных оценок интенсивностей и сроков этих процессов требует обстоятельных дополнительных исследований.

Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ, проект № 18-04-00073 а.

Список литературы:

Жданова О.Л., Кузин А.Е., Фрисман Е.Я. Динамика выживаемости самцов северного морского котика (*Callorhinus ursinus*) острова Тюлений (Охотское море) по данным многолетних наблюдений // Зоологический журнал. 2017 а. № 6 (96). С. 720–739.

Жданова О.Л., Кузин А.Е., Фрисман Е.Я. Математическое моделирование динамики выживаемости самок северного морского котика *Callorhinus ursinus* (Linnaeus, 1758) стада острова Тюлений // Биология моря. 2017 б. № 5 (43). С. 310–320.

Корнев С.И., Блохин И.А., Генералов А.А., Семеринов А.П. Исторический тренд командорской популяции северного морского котика за 50 лет (1958-2007 гг.) // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. 2008. № 11. С. 105–120.

Angliss R.P., Lodge K.L. Northern fur seal (*Callorhinus ursinus*): Eastern Pacific Stock. NOAA Technical Memorandum, Report No. NOAA-TM-AFSC-144. US Department of Commerce, Washington, DC., 2003.

Lee O.A., Burkanov V., Neill W.H. Population trends of northern fur seals (*Callorhinus ursinus*) from a metapopulation perspective // J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 2014. V. 451. P. 25–34.

Trites A.W., Larkin P.A. The decline and fall of the Pribilof fur-seal (*Callorhinus Ursinus*) – a simulation study // Can. J. Fish. Aquat. Sci. 1989. V. 46. P. 1437–1445.

Wickens P., York A.E. Comparative population dynamics of fur seals // Mar. Mammal Sci. 1997. № 2 (13). P. 241–292.