

Ресурсные ограничения вылова красной рыбы в модели транскритической бифуркации (на примере кеты в Приморском крае)

Михайлова Юлиана Юрьевна, Печенкина Валентина Андреевна,
(БПМ-21-1)

Клочкова Ольга Ивановна

канд. физ-мат наук, доцент кафедры математики и моделирования
Владивостокский государственный университет экономики и сервиса
Россия. Владивосток

E-mail: jungkook68enb@gmail.com; тел.: +79142685149

ул. Гоголя, 41, г. Владивосток, Приморский край, Россия, 690014

Согласно опубликованным данным лососевых рыбноводных заводов, определен результат процесса воспроизводства рыбы в Приморском крае, последние опубликованные данные рыбаков об улове кеты на базе модели транскритической бифуркации, проведена оценка ограничителя для максимального количества доступных рыбных ресурсов.

Ключевые слова и словосочетания: транскритическая бифуркация, воспроизводство кеты, ограничитель рыбного ресурса в Приморском крае.

Resource limits of red fish catch in the transcritical bifurcation model (on the example of chum salmon in Primorsky Krai)

According to the published data of salmon hatcheries, the result of the fish reproduction process in the Primorsky Territory was determined, according to the latest published data of fishermen on the catch of chum salmon based on the transcritical bifurcation model, the limiter was evaluated for the maximum amount of available fish resources

Keywords: *transcritical bifurcation, reproduction of chum salmon, limiter of fish resources in Primorsky Krai.*

Актуальность темы исследования обусловлена истощением рыбных ресурсов в мировом океане, и на побережье Приморского края в частности. Загрязнение морской среды вследствие действий человека, неконтролируемый вылов, добыча красной икры, все это может привести к исчезновению красной рыбы.

Цель работы - по опубликованным данным лососёвых рыбноводных заводов определить результат процесса воспроизводства рыбы в Приморском крае, последние опубликованные данные промысловиков по вылову кеты и на базе модели транскритической бифуркации оценить ограничитель на максимальное количество доступного рыбного ресурса.

Задачи работы:

- изучить теоретические аспекты модель транскритической бифуркации;
- найти параметры модели, которые необходимо определить по опубликованным данным;
- провести расчет параметров модели;
- рссчитать оценку ограничителя вылова;
- в RStudio визуализировать полученный результат

Модель транскритической бифуркации. В отличие от модели Мальтуса, где описывается процесс истощения ресурса, в модели транскритической бифуркации, как и в модели Ферхюльста введено ограничение по потребляемой продукции (параметр K)[1,2]

$$\dot{x} = \alpha x \left(1 - \frac{x}{K}\right) - r \cdot x$$

$x \geq 0$ - численность популяции;

r – доля популяции, изымаемая в единицу времени;

α – коэффициент воспроизводства популяции

$r \cdot x$ – изъятие из популяции некоторого числа особей, пропорционального численности популяции.

После преобразований масштабирования и введения новых координат

$$x \equiv Ky, \quad t \equiv \frac{1}{\alpha} \tau, \quad \beta \equiv \frac{r}{\alpha}$$

дифференциальное уравнение в новых координатах можно привести к виду

$$\dot{y} = y(1 - y) - \beta y$$

Легко убедиться, что стационарные точки, отличные от нуля возможны только, если $1 - \beta < 0$, $\beta < 1$. Таким образом, знаменатель (воспроизводство рыбы) должен быть больше числителя (вылов рыбы).

Если $\beta = 1$ или $\beta > 1$, т.е. вылов равен воспроизводству или больше, аттрактор и репеллер (устойчивая и неустойчивая стационарные точки) меняются местами – устойчивая точка будет соответствовать координате $y_t = 0$, т.е. популяция рыбы исчезнет. Обмен устойчивостями и есть транскритическая бифуркация.

Методы. Для расчета и получения графиков использовался компьютерный пакет программ RStudio. Сами данные взяты из опубликованных источников [3,4, 5]

Результаты. Согласно опубликованным источникам для восполнения ущерба акватории из-за дноуглубительных работ, необходимых для спуска на воду построенных ССК «Звезда» судов без ограничений их тоннажа и осадки, судовой заказала выпуск молоди рыбы. В результате за прошлый и нынешний годы был выпущен 21 млн мальков кеты, и более 150 млн мальков планируется выпустить в водные объекты Приморского края в течение семи лет, до 2025 года[3].

По данным [4,5] за 4 года кета набирает вес в среднем 4 кг. Таким образом, общий вес рыбы к 2029 достигнет 600 тонн. Через 4 года, т.е. в 2026 из выпущенных 21 млн мальков будет получено 84 тонны кеты.

За последние 10 лет объемы добычи красной рыбы, стабильны и в среднем составляют 92 тыс. тонн, при этом кета составляет 20%, что соответствует $\beta = 0,21$. На рис.1 видно, что в этом случае количество популяции выходит на плато .

Однако, по сообщению ТАСС[6] в пресс-службе Тихоокеанского филиала Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (ТИНРО) вылов всех видов красной рыбы по итогам завершившейся лососевой путины 2021 года в тихоокеанских водах России превысил прогнозные значения более чем на 11%, и составил к настоящему времени 511 тыс. тонн

изменение популяции кеты

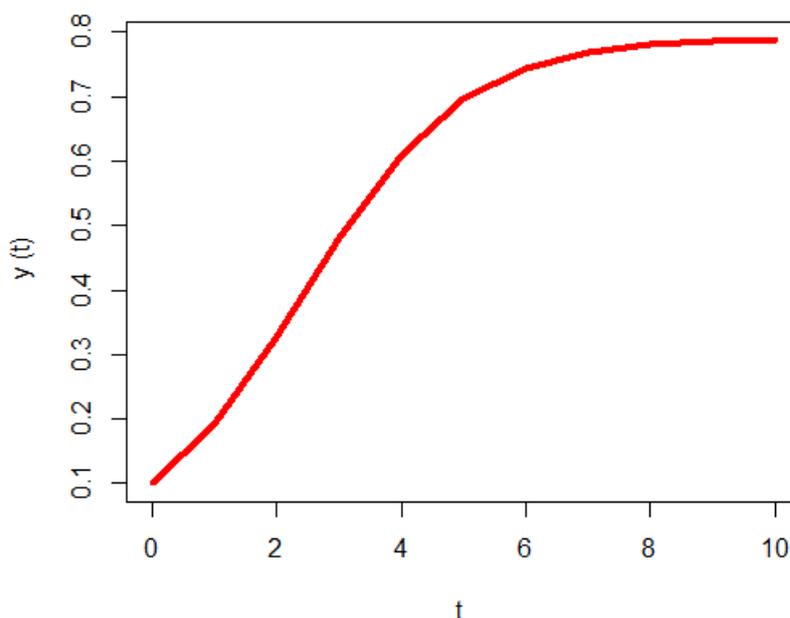


Рис.1 Изменение популяции кеты при $\beta=0,21$

С учетом 20 % доля кеты составила 102 тонны. Соответственно $\beta=1,21$. Такой вылов рыбы может привести к исчезновению популяции, согласно модели транскритической бифуркации

Необходимо отметить, что план промыслового вылова красной рыбы определяется ТИНРО опытным путем, с помощью базы исследовательского флота[7].

Однако, очевидно, что опасность исчезновения популяции из-за агрессивного вылова кеты достаточно реалистична, если не принимать дополнительные меры к ее воспроизводству.

-
1. Ю. Э. Даник, М. Г. Дмитриев, Д. А. Макаров, “Один алгоритм построения регуляторов для нелинейных систем с формальным малым параметром”, ИТиВС, 2015, № 4, 35–44
 2. Г.Г. Малинецкий. Математические основы синергетики: хаос, структуры, вычислительный эксперимент. М.: Изд-во ЛКИ, 2007
 3. Федеральное агентство по рыболовству российской федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа :<https://prrybvod.ru/dpages/smi-onas.html>, [Дата обращения – 15.04.2022]
 4. Приказ Федерального агентства по рыболовству от 19 апреля 2010 г. № 349 “Об утверждении временных биотехнических показателей по разведению молоди (личинки) в учреждениях и на предприятиях, подведомственных

Федеральному агентству по рыболовству, занимающихся искусственным воспроизводством водных биологических ресурсов в водных объектах рыбохозяйственного значения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/2071763/>, [Дата обращения – 15.04.2022]

5. BoatFisher [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://boatfisher.ru/ryba-keta>, [Дата обращения – 15.04.2022]
6. ТАСС[Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://tass.ru/ekonomika/12375841?utm_source=google.com&utm_medium=organic&utm_campaign=google.com&utm_referrer=google.com, [Дата обращения – 15.04.2022]
7. Тихоокеанский филиал ФГБНУ «ВНИРО» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://tinro.vniro.ru/ru/baza-issledovatel-skogo-flota-bif>, [Дата обращения – 15.04.2022]