

ВЕРОЯТНОСТНО-СТАТИСТИЧЕСКИЙ ПОДХОД В ДОЛГОСРОЧНОМ
ПРОГНОЗИРОВАНИИ НАЦИОНАЛЬНОГО ВЫЛОВА

Д. В. Прозоркевич

A STOCHASTIC-STATISTICAL APPROACH IN LONG-TERM FORECASTING
OF THE NATIONAL CATCH

D. V. Prozorkevich

В практической деятельности отраслевых НИИ Росрыболовства и других научных организаций достаточно часто возникает потребность подготовки прогнозов возможного национального вылова на длительную перспективу. Это необходимо различным субъектам для планирования, в том числе хозяйственной деятельности. Точность этих детерминистических прогнозов, как правило, невысока. Кроме того, для некоторых коммерческих видов вылов определяется не только биологически обоснованными аспектами, но и рядом управленческих решений, которые могут быть сложно предсказуемы в дальнейшем. В работе рассмотрена возможность выполнения долгосрочного (перспективного) прогноза национального вылова промысловых объектов, который зависит не только от состояния запаса, но и от экономико-политических факторов. В его основе лежит вероятностно-статистический подход, базирующийся на многолетнем ряде наблюдений за историей промысла с учетом некоторых закономерностей и допущений. Проанализированы возможные факторы, которые непосредственно могут влиять на объем вылова, и зависимости между ними. Моделирование процессов основано на методе Монте-Карло и выполнено программными средствами, предназначенными для оценки возможных рисков в условиях неопределенности входных параметров. Результатом является наиболее вероятный сценарий развития рыболовства с указанием степени неопределенности. В качестве тестового примера выбран перспективный прогноз отечественного промысла путассу (*Micromesistius poutassou*) гебридо-норвежской популяции на период до 2042 г. Для данного объекта промысла российский вылов в долгосрочной перспективе, очевидно, составит не менее 86 тыс. т. Подобные расчеты могут быть выполнены и для других промысловых видов.

прогноз, запас, общий допустимый улов (ОДУ), вероятность, путассу

Practical activities of research institutes of the Federal Agency for Fishery and other research organizations often involves the necessity to prepare forecasts of a possible national catch for extended time-periods. Different institutions require these forecasts for their business planning and other activities. Generally, accuracy of these deterministic forecasts is low. Moreover, catches of some commercial species are deter-

mined by not only biological parameters, but also management decisions that may result in unpredictable consequences.

This paper considers the possibility to prepare a long-term forecast of the national catches of commercial species, which depends not only on the state of stocks, but also on economic and political factors. This forecast involves a stochastic-statistical approach that is based on a long-term series of observations over fisheries taking into account some patterns and assumptions. The paper includes analysis of some possible factors that can have a direct impact on sizes of catches and the relation between them. Modelling is based on the Monte-Carlo method and is performed using software designed to assess possible risks when input parameters are uncertain. The result is the most likely scenario for the development of fisheries, indicating the range of forecast uncertainty. As a test example, a long-term forecast for the Russian catch of NA blue whiting (*Micromesistius poutassou*) up to 2042 was made. For this fish species, the Russian catch sizes may comprise at least 86 000 tons in the long-term. Similar assessments can be made for other commercial species.

forecast, stock, total allowable catch (TAC), probability, blue whiting

ВВЕДЕНИЕ

Одним из основных направлений деятельности отраслевых НИИ Росрыболовства является оценка запасов промысловых гидробионтов, а также подготовка прогноза их состояния и перспектив дальнейшего промысла. Для этих целей используются различные методы [1–3]. Для запасов, хорошо обеспеченных данными, как правило, применяются различные математические модели. В случае недостатка информации используют методы категории LDM [3].

На основе оценки запасов и их эксплуатации формируются прогнозы возможного вылова, качество которых зависит не только от обеспеченности данными и верных оценок, но и от видовой специфики рыб и особенностей водоемов [4]. Так, выполнить прогноз для короткоциклического вида с высокой вариабельностью пополнения и естественной смертности сложнее, чем для вида с длинным жизненным циклом и многовозрастной структурой запаса.

Дополнительные трудности при построении индуктивной части прогноза [5] возникают при применении статистических моделей для объектов промысла, возможный вылов которых зависит не только от состояния запаса или биологических особенностей вида, но и от таких факторов-аргументов, как управленческие решения и экономико-политические аспекты. Это различные межправительственные договоренности, «обменные квоты», зональное перераспределение возможного вылова, разрешенные приловы при промысле других рыб, перенос части вылова на следующий год, вылов в счет квоты следующего года и т. д.

Выбрать формы уравнения, описывающего динамику или взаимосвязь этих явлений и процессов, оценить их параметры с помощью того или иного метода крайне трудно, а иногда и невозможно.

Процесс поиска долговременных закономерностей и тенденций в рыболовстве и прогноза возможного вылова берет свое начало с середины XX в. [6]. Но до сих пор для большинства промысловых гидробионтов в основном выполняются долгосрочные прогнозы вылова [7] с заблаговременностью от 1 до 5 лет. Перспективное прогнозирование состояния запасов и величины возможного вылова с

большой заблаговременностью пока не имеет широкого распространения в мировой и отечественной практике [8, 9], хотя обсуждается часто [10, 11].

Тем не менее ежегодно от различных федеральных, региональных органов власти, рыбопромышленников в адрес отраслевых НИИ поступают запросы о предоставлении перспективных прогнозов возможного отечественного вылова на длительный период (до 20 лет и более) для планирования хозяйственной деятельности, экономических расчетов или стратегии промысла.

Выполнение точного детерминистического прогноза вылова на длительную перспективу представляет собой сложную задачу. Для его подготовки применяются, как правило, среднескользящие значения величины запасов и интенсивности промысла с привлечением данных по абиотическим факторам и т. д. [8, 12–14]. Существуют и иные подходы, основанные на использовании «нейронных сетей» [15] или анализе глобальных изменений климата [16].

Во многих случаях такой «перспективный прогноз» представляет просто некую экспертную оценку [7] на основании анализа трендов и может иметь достаточно высокую ошибку.

Целью данной работы было исследовать возможность использования для перспективного прогноза отечественного вылова с заблаговременностью 20 лет и более стохастический (вероятностный) сценарий, который с известной степенью надежности мог бы служить основанием для планирования будущей хозяйственной деятельности. Данный подход находится на стыке нескольких научных дисциплин [7] – биологии, математики, экономики.

Вероятностный прогноз широко используется при расчете финансовых, промышленных и прочих рисков, при разработке различных тестовых систем, от простых до сложнейших [17, 18]. В рыбохозяйственной отрасли использование вероятностного (или стохастического) подхода известно при определении ОДУ некоторых видов рыб [19], однако нам не удалось найти в литературе его применение для оценки возможного долгосрочного вылова.

Исследования были выполнены для нескольких видов рыб, промысел которых активно ведется в настоящее время в Северной Атлантике. Это атлантиско-скандинавская сельдь, путассу, окунь-клювач и скумбрия. В данной работе рассматриваемый подход представлен на примере путассу.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Путассу (*Micromesistius poutassou*) – массовый промысловый вид, широко распространенный в Северо-Восточной Атлантике [20]. Международный промысел базируется на эксплуатации в основном гибридо-норвежской популяции, которая выделена в отдельную единицу запаса [21], и ведется между 48 и 72° с. ш. С конца 80-х годов XX в. путассу – важный объект отечественного промысла, который осуществляется традиционно в районах регулирования NEAFC и рыболовной зоне Фарерских островов. Вылов этого вида отечественным флотом в отдельные годы превышал 350 тыс. т [20]. Оценку запаса и подготовку управленческих рекомендаций выполняет Международный Совет по исследованию морей (ICES) с использованием математической модели SAM [22]. Долгосрочный прогноз дается с максимальным шагом в 2 года [20, 22].

История эксплуатации запаса путассу показывает, что с конца 90-х годов XX в. фактический вылов превышает рекомендуемый (рис. 1). В отдельные годы

общий допустимый уровень (ОДУ) не был согласован, что стало причиной неконтролируемого лова и последующего снижения величины запаса. Среди прибрежных государств иногда возникают разногласия по поводу величины ОДУ и национальных долей [23]. В настоящее время запас путассу находится в хорошем состоянии, хотя и имеет некоторую тенденцию к снижению. Предполагается его стабилизация при условии отсутствия значительных переловов и соблюдения действующего Плана управления, в основе которого лежит стратегия максимально устойчивого улова (MSY) [22].

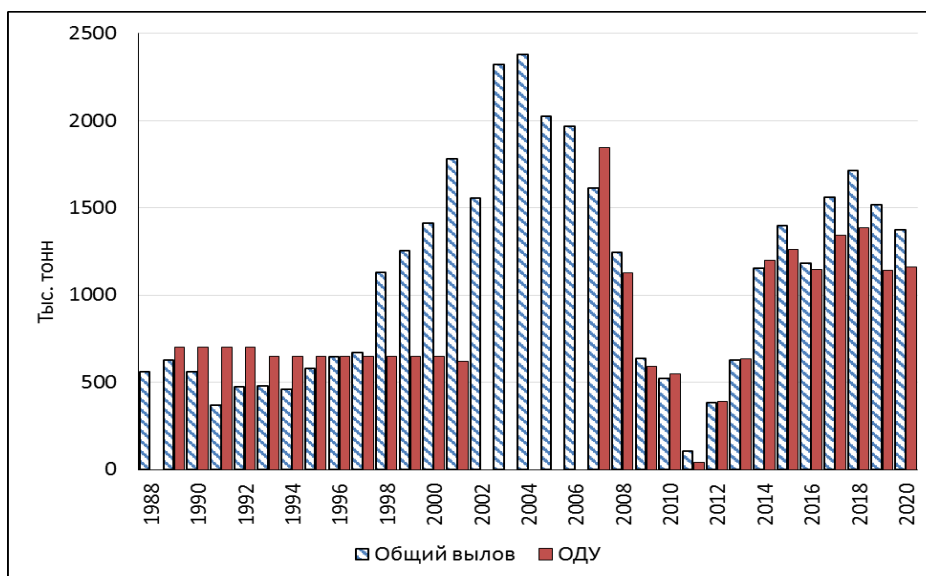


Рис. 1. Вылов путассу всеми странами и ОДУ за период 1988–2020 гг.

Fig. 1. Total catch of blue whiting (blue) and TAC (red) for the period 1988–2020

Россия не является государством, прибрежным по отношению к запасу путассу, и ее национальная квота в международных водах составляет 7,42 % от ОДУ. Дополнительные квоты Россия получает от Фарерских островов и Норвегии в обмен на свои ресурсы.

В качестве исходных данных использованы материалы рабочей группы ICES по широко распределяющимся рыбам (WGWIDE) [22], протоколы Совместной Российско-Фарерской и Российско-Норвежской Комиссий по рыболовству.

Статистическая обработка данных выполнялась с применением программных пакетов «XLSTAT 2017» и «@Risk Analyses v.7.5.1 © Palisade Company LLC», интегрированных в MS EXCEL. Количество расчетных итераций было установлено равным 50 000. Более подробную информацию о программном обеспечении можно узнать на сайте разработчика <https://www.palisade.com>.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В рамках достижения поставленной цели (составить вероятностный прогноз возможного российского вылова путассу на период до 2042 г.) предполагалось решить следующие задачи:

- исследовать зависимость общего вылова от пополнения;

- выполнить вероятностный прогноз пополнения;
- оценить возможную долю вылова России как функцию от общего вылова;

- учесть объем и вероятность обменных квот.

Несмотря на то, что в последние годы была согласована долгосрочная стратегия управления запасом путассу и эксплуатация запаса стала более рациональной, фактический вылов все же превышает рекомендованный (рис. 1), поэтому в качестве аргумента для модели было принято решение взять именно фактический вылов вместо научно-обоснованного ОДУ.

Существуют достаточно сложные модели, описывающие связь величины запаса или прибавочной продукции с промысловым усилием [1], но попытки использовать эти модели при стохастическом подходе оказались безуспешными, поскольку каждый параметр модели имеет свою структуру ошибок и кумулятивная ошибка делает прогноз вылова нереалистичным (от 0 до ∞). Для вероятностного подхода более пригодны относительно простые решения. Например, общий вылов путассу за ретроспективный период с 1988 г. достаточно хорошо функционально связан с величиной нерестового запаса ($R^2=0,81$) и может быть описан простой линейной регрессией. Соответствие динамики запаса и вылова характерно и для других видов рыб [16], путассу не является исключением.

В свою очередь, величина нерестового запаса хорошо коррелирует с величиной очередных поколений. При этом наилучшая связь ($R^2=0,88$) наблюдается между запасом и кумулятивной численностью поколений (n) в возрасте 1 год (R_1) и выражена уравнением (1):

$$n = \sum_{y=1}^{y-5} R_1, \quad (1)$$

где y – терминальный год.

Таким образом, общий вылов путассу фактически зависит от кумулятивного пополнения рекрутами ($R^2=0,86$), и промежуточный элемент в виде величины нерестового запаса может быть исключен. Зависимость эффективности промысла от численности пополнения отмечалась исследователями и ранее [24]. В том числе известен факт, что пополнение может активно изыматься промыслом.

Линейная регрессия зависимости общего вылова (C , тыс. т) от кумулятивного пополнения (n) представлена на рис. 2 и описывается уравнением (2):

$$C = 12.2840509257354 \times n \pm 617 \quad (2)$$

При этом значение угла наклона кривой ($\beta_0=144,89$) было исключено из уравнения, поскольку вылов при отсутствии пополнения невозможен. Это несколько снижает коэффициент детерминации, но является логически обоснованным. Данная регрессия в целом адекватно описывает связь двух переменных. График остатков имеет нормальное распределение ($W=0,989$, $p\text{-value}=0,978$, $\alpha=0,05$).

Зная величину пополнения, можно с некой степенью вероятности спрогнозировать общий вылов. Выполнить перспективный прогноз пополнения является наиболее трудной задачей, так как для путассу, как и для многих других видов, не существует четкой зависимости между нерестовым запасом и пополнением, и применение эмпирического подхода [25] затруднительно. Формирование численности очередных поколений зависит от неизвестных нам факторов и имеет вероятностный характер. Для выполнения прогноза по путассу рабочая группа ICES WGWIDE использует среднее геометрическое за ретроспективный период [22].

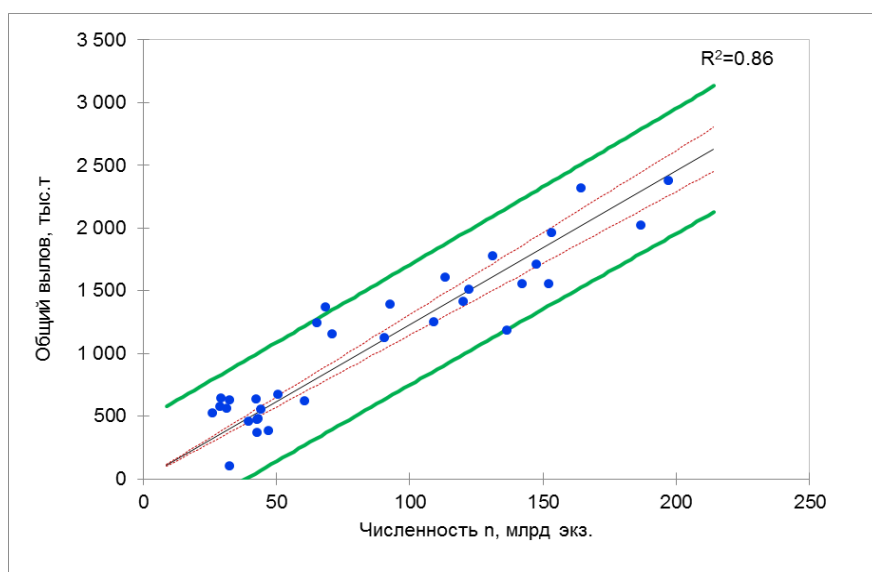


Рис. 2. Линейная регрессия (диаграмма рассеяния) зависимости вылова от кумулятивного пополнения. Толстыми линиями обозначен доверительный интервал с вероятностью 95 %

Fig. 2. Linear regression (scatter plot) between total catch and cumulative recruitment. The bold lines are the 95 % confidence interval

На основании имеющихся оценок [22] за период с 1981 по 2020 гг. видно, что численность пополнения путассу в возрасте 1 год изменялась от $3,96 \cdot 10^9$ до $63,696 \cdot 10^9$ экз.

Вероятность формирования численности наиболее точно ($p\text{-value} = 0,628$; $\alpha=0,05$; K-S test: $D=0,115 > 0,215$) описывается лог-нормальным законом, частотная диаграмма которого представлена на рис. 3.

Это дает основание с определенной долей вероятности моделировать пополнение (n) и, используя описанную выше линейную регрессию, рассчитать общий вылов путассу с учетом существующих неопределенностей.

Зная прогностическую величину общего вылова, можно предположить и долю отечественного, который в районах NEAFC исторически составлял 0–30,93 % от мирового. В последние 8 лет Россия имеет достаточно стабильную величину вылова в этих районах – 3,74–8,62 % от общего вылова (в среднем – 6 %) и является ответственным пользователем запаса, исключаящим переловы. Предполагаем, что такая ситуация сохранится в будущем.

Однако, как было указано выше, объем российского вылова зависит не только от квоты в NEAFC, но и от обменных, которые Россия исторически получает от Фарерских островов и Норвегии.

Для объема, выделяемого ежегодно Фарерскими островами, нет четко сформулированных правил. Фарерская рыболовная зона является важным районом для отечественного промысла, и вылов России в этом районе составлял в разные годы от 30 до 100 %, в среднем – 57 %. Обменная квота от Фарерских островов за ретроспективный период изменялась от 207 (2004 г.) до 8 (2011 г.) тыс. т. Данная величина статистически не зависит ни от ОДУ или общего вылова ($R^2=0,28$), ни от собственного вылова путассу Фарерскими островами ($R^2=0,26$). В

последние 7 лет обменная квота стабилизировалась на уровне около 80 тыс. т [20]. Эту величину можно рассматривать как медианное значение.

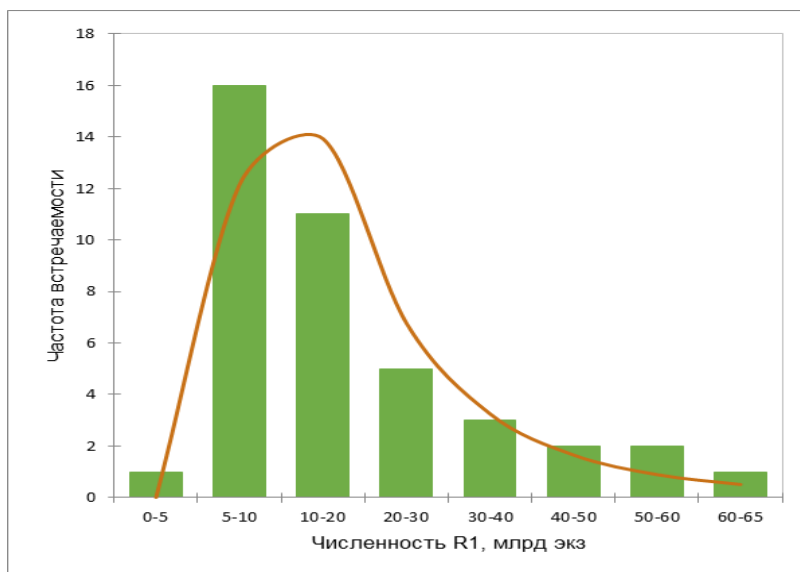


Рис. 3. Вероятностное распределение численности поколений путассу в возрасте 1+ за период 1981–2020 гг. Линия – лог-нормальная кривая

Fig. 3. Probabilistic distribution of the number of blue whiting at the age of 1+ for the period 1981–2020. The line is the log-normal curve

До 2007 г. процесс формирования обменной квоты от Норвегии основывался на двусторонних договоренностях и не имел какой-либо статистической зависимости от величины общего вылова ($R^2=0,18$) либо от вылова Норвегии ($R^2=0,13$). СССР (Россией) впервые получено 10 тыс. т путассу от Норвегии в 1978 г. В дальнейшем объемы достигали 485 тыс. т (1983 г.) или 290 тыс. т (1989 г.). Столь значительные квоты представляются необоснованно завышенными и маловероятны в дальнейшей перспективе, так как отечественный флот практически не ведет промысел путассу в НЭЗ [26].

В 1992–1995 гг. обменная квота составляла 80 тыс. т, в 1996–2006 гг. – 50 тыс. т. С 2007 г. процесс обмена приобретает некую логическую зависимость от величины ОДУ и общего вылова. Не вдаваясь в детали с временным и пространственным перераспределением, можно рассмотреть зависимость норвежской обменной квоты от величины ежегодного вылова. В наилучшей степени они согласуются за период 2008–2020 гг. (рис. 4).

Данная регрессия в целом адекватно описывает связь двух переменных ($R^2=0,97$), хотя основана на сравнительно небольшом наборе данных. График остатков имеет нормальное распределение ($W=0,920$, $p\text{-value}=0,287$; $\alpha=0,05$).

Полученную зависимость величины обменной квоты (Δ) от общего вылова (C , тыс. т) можно описать уравнением (3):

$$\Delta=0.76031369534709+0.0140123272144078\times C\pm 7.48. \quad (3)$$

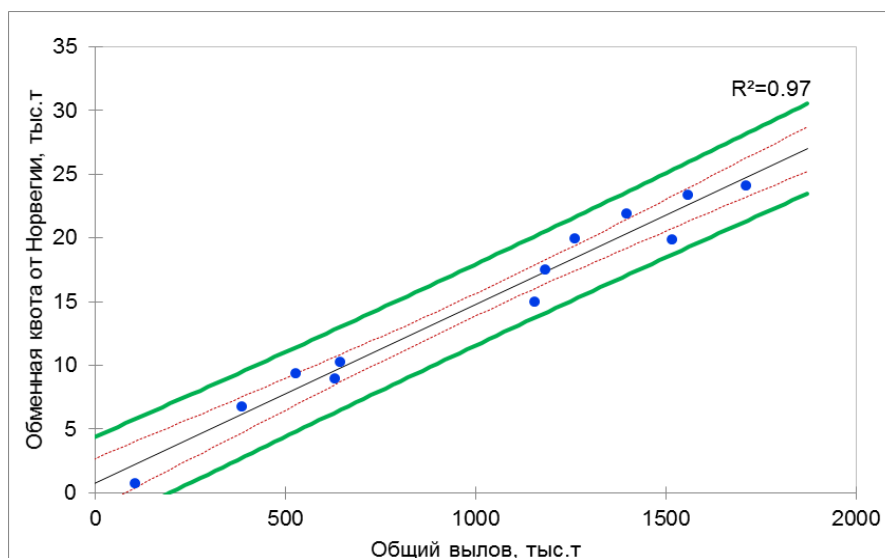


Рис. 4. Линейная регрессия (диаграмма рассеяния) зависимости норвежской обменной квоты, получаемой Россией от общего вылова. Толстыми линиями обозначен доверительный интервал с вероятностью 95 %

Fig. 4. Linear regression (scatter plot) of the dependence of the Russian quotas in NEZ and the total catch. The bold lines are the 95 % confidence interval

Таким образом, при переходе к дедуктивной части вероятностного прогноза нами использовались приведенные ниже предположения. Их нельзя рассматривать как окончательные, они должны быть подвергнуты ревизии в зависимости от актуальной ситуации на момент запуска модели [5]. Некоторые моделируемые аргументы могут казаться спорными, и мы открыты к дискуссии. Каждое из последующих положений может быть активно только при выполнении предыдущего.

Факторы-аргументы развития рыболовства (в порядке значимости):

- практика по установке национальных квот путассу в одностороннем порядке не будет возобновлена, и страны, ведущие промысел, станут придерживаться долгосрочной стратегии управления запасом;
- пополнение путассу в возрасте 1+ не выйдет за пределы для исторического периода 1981–2020 гг. Оно формируется согласно закону лог-нормального распределения (рис. 3) с вероятностью 95 %;
- российский вылов в районах регулирования NEAFC с вероятностью 100 % будет 3,74 – 8,62 % от общего вылова и в среднем составит 6 %;
- установленные в модели лимиты ежегодной квоты, получаемой Россией от Фарерских островов, составят 8–207 тыс. т, с вероятностью 90 % они будут находиться в пределах 47–112 тыс. т.
- установленные в модели ограничения ежегодной квоты, получаемой Россией от Норвегии, будут находиться в пределах 0–50 тыс. т, на 95 % они станут зависимыми от общего вылова и на 5 % – от других факторов;
- с 2023 г. вылов начнет зависеть от кумулятивного пополнения (n), которое не может быть меньше или равно 0;
- для 2021–2022 гг. вылов путассу с вероятностью 95 % будет превышать ОДУ на величину от 3 до 24 % ежегодно, в среднем – на 10,5 %.

Далее моделирование выполнено программным пакетом @RISK с использованием метода Монте-Карло, который широко применяется для изучения стохастических явлений и основан на генерации случайных величин [18]. Подстановкой диапазона значений распределения вероятностей указанных выше факторов-аргументов и с учетом их внутренней неопределенности получены диаграммы распределения всех возможных результатов (рис. 5–7).

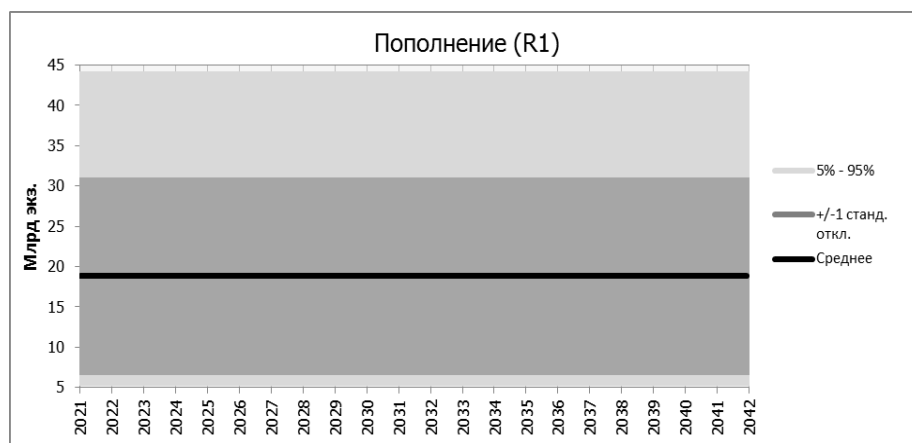


Рис. 5. Вероятностный прогноз численности пополнения путассу в возрасте 1 год на период 2021–2042 гг.

Fig. 5. Probabilistic forecast of the number of replenished blue whiting at the age 1 for the period 2021–2042

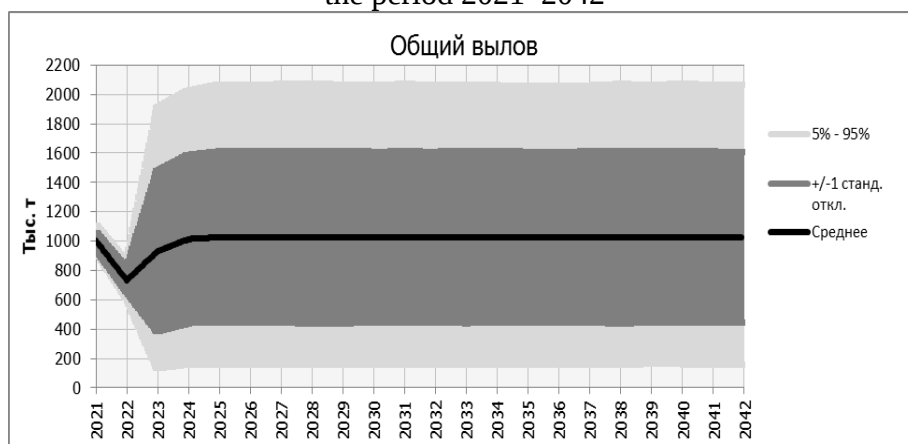


Рис. 6. Вероятностный прогноз общего вылова путассу на период 2021–2042 гг.

Fig. 6. Probabilistic forecast of the total catch of blue whiting for the period 2021–2042

Как видно из диаграмм, уровень неопределенности данного перспективного прогноза достаточно высок. Неопределенность возрастает по мере использования только моделируемых параметров (например, численности пополнения).

Учитывая выдвинутые предположения о динамике запаса вида, характеристиках промысла и управленческих решениях, можно рассмотреть некий диапазон или медианное значение как наиболее вероятный сценарий развития рыболовства.

Предполагаем, что в долгосрочной перспективе нижний порог общего вылова с вероятностью 95 % составит 180 тыс. т, его среднее значение – около 1 млн т. В обозримой перспективе мировой вылов будет равен 400–1600 тыс. т.

Вылов России в рассматриваемый период с вероятностью 95 % не будет ниже 86 тыс. т, наиболее ожидаем – 108–209, в среднем – 159 тыс. т.

В данном случае самой значимой величиной следует считать нижнюю границу 95 % перцентиля (рис. 7). Этот объем (86 тыс. т) можно рекомендовать в качестве ответа на запрос о перспективном прогнозе вылова путассу как наиболее вероятное значение для планирования хозяйственной деятельности.

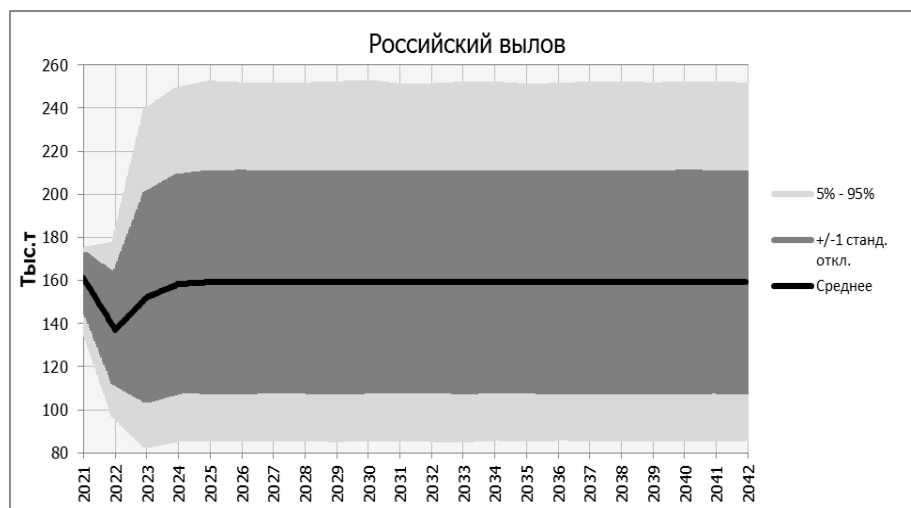


Рис. 7. Вероятностный прогноз российского вылова путассу на период 2021–2042 гг.

Fig. 7. Probabilistic forecast of the Russian catch of blue whiting for the period 2021–2042

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование изложенного вероятностно-статистического (или рискового) подхода демонстрирует одну из возможностей перспективного рыбопромыслового прогнозирования отечественного вылова для объектов рыболовства, при промысле которых существует значительное количество неопределенностей. Набор факторов-аргументов может включать в себя и другие параметры, для которых известна статистика или какие-либо зависимости. Это могут быть данные по производительности промысла, конъюнктуре рынка сбыта и т. д.

Мы попытались максимально обоснованно ответить на вопрос о возможном отечественном вылове (на примере путассу) в долгосрочной перспективе и на базе имеющихся знаний определить его минимальный уровень в ближайшие 22 года. Вероятнее всего при прогнозируемой ситуации с эксплуатацией запаса путассу отечественный вылов в этот период составит не менее 86 тыс. т с вероятностью 95 %. Данный объем можно рекомендовать в качестве ответа за запросы, связанные с долгосрочным планированием хозяйственной деятельности и стратегии рыболовства.

Автор выражает благодарность главному специалисту Полярного филиала ФГБНУ «ВНИРО» А. А. Пронюку за ценные замечания при подготовке работы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Максименко, В. П. Количественные методы оценки рыбных запасов / В. П. Максименко, Н. П. Антонов. – Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО, 2003. – 256 с.
2. Rosenberg, A. A. Developing new approaches to global stock status assessment and fishery production potential of the seas / A. A. Rosenberg, M. J. Fogarty, A. B. Cooper, M. Dickey-Collas, E. A. Fulton, N. L. Gutiérrez, K. J. W. Hyde, K. M. Kleisner, T. Kristiansen, C. Longo, C. Minte-Vera, C. Minto, I. Mosqueira, G. Chato Osio, D. Ovando, E. R. Selig, J. T. Thorson // FAO Fisheries and Aquaculture Circular. – Rome, FAO, 2014. – No. 1086. – 175 p.
3. Методические рекомендации по оценке запасов приоритетных видов водных биологических ресурсов / В. К. Бабаян, А. Е. Бобырев, Т. И. Булгакова, Д. А. Васильев [и др.]. – Москва: Изд-во ВНИРО, 2018. – 312 с.
4. Дементьева, Т. Ф. Биологическое обоснование промысловых прогнозов / Т. Ф. Дементьева. – Москва: Пищевая промышленность, 1976. – 238 с.
5. Четыркин, Е. М. Статистические методы прогнозирования / Е. М. Четыркин. – Москва: Статистика, 1977. – 200 с.
6. Kesteven, G. L. A note on the fisheries resources of the North West Atlantic / G. L. Kesteven, S. J. Holt // FAO Fisheries Paper. – Rome: FAO, 1955. – No. 7. – 12 p.
7. Бабаян, В. К. Краткий словарь терминов долгосрочного прогнозирования (промысловые биопрогнозы) / В. К. Бабаян. – Москва: ВНИРО, 1990. – 48 с.
8. Ulltang, Ø. Fish stock assessment and prediction: integrating relevant knowledge. An overview / Ø. Ulltang // Scientia Marina. – 2003. – Vol. 67, No. S 1. – pp. 5–12.
9. Гаврилов, Г. М. Динамика вылова, методические основы оценки запасов, прогнозирования общего допустимого улова (ОДУ) и возможного вылова (ВВ) промысловых рыб в экономической зоне России дальневосточных морей и северо-западной части Тихого океана / Г. М. Гаврилов // Успехи современного естествознания. – 2014. – № 5 (1). – С. 55–76.
10. Тезисы докладов X Всероссийской конференции по проблемам рыбопромышленного прогнозирования / отв. ред. Л. И. Пестрикова. – Мурманск: ПИНРО, 2009. – 147 с.
11. Материалы XI Всероссийской конференции по проблемам рыбопромышленного прогнозирования, посвященной 150-летию со дня рождения Н. М. Книповича / отв. ред. М. С. Шевелев. – Мурманск: Издательство ПИНРО, 2012. – 228 с.
12. Мельников, И. В. Современное состояние сырьевой базы рыбной промышленности Дальневосточного бассейна и перспективный прогноз ее развития на период до 2025 г. / И. В. Мельников, А. А. Байталюк // Таможенная политика России на Дальнем востоке. – 2012. – № 3(60). – С. 15–21.

13. Ojaveer, E. Long-term prediction on Baltic fish stocks based on periodicity of solar activity / E. Ojaveer, M. Kalejs // *Rev Fish Biol Fisheries*, 2012. – Vol. 22, Issue 3. – P. 683–693. [Электронный ресурс] – URL: <https://doi.org/10.1007/s11160-012-9264-8> (дата обращения 03.08.2021).
14. Филин, А. А. Модельный анализ динамики запаса баренцевоморской трески при различных сценариях долгосрочного изменения температуры воды / А. А. Филин // *Вопросы рыболовства*. – 2016. – Т. 17, № 4. – С. 232–245.
15. Yuan, H. Study on the Medium and Long Term of Fishery Forecasting Based on Neural Network / H. Yuan, Y. Gu, J. Wang, Y. Chen, X. Chen // *Artificial Intelligence and Computational Intelligence*. – Berlin, Heidelberg : Springer, 2012. – vol. 7530. – pp. 186–205. [Электронный ресурс] – URL: https://doi.org/10.1007/978-3-642-33478-8_77 (дата обращения 31.07.2021).
16. Кляшторин, Л. Б. Циклические изменения климата и рыбопродуктивности: моногр. / Л. Б. Кляшторин, А. А. Любушин. – Москва: ВНИРО, 2005. – 235 с.
17. Merayo, M. G. Statistical Approach to Test Stochastic and Probabilistic Systems / M. G. Merayo, I. Hwang, M. Núñez, A. A. Cavalli // *Formal Methods and Software Engineering. Part of the Lecture Notes in Computer Science*. – Berlin, Heidelberg : Springer, 2009. – vol. 5885. – pp. 186–205. [Электронный ресурс] – URL: https://doi.org/10.1007/978-3-642-10373-5_10 (дата обращения 31.07.2021).
18. Картвелишвили, В. М. Риск-менеджмент. Методы оценки риска: учеб. пособие / В. М. Картвелишвили, О. А. Свиридова. – Москва: ФГБОУ ВО «РЭУ им. Г. В. Плеханова», 2017. – 120 с.
19. Gjøsæter, H. Assessment methodology for Barents Sea capelin, *Mallotus villosus* (Müller) / H. Gjøsæter, B. Bogstad, S. Tjelmeland // *ICES Journal of Marine Science*. – 2002. – 59. – pp. 1086–1095.
20. Состояние сырьевых биологических ресурсов Баренцева, Белого и Карского морей и Северной Атлантики в 2021 г. / Д. И. Александров, А. В. Амелькин, А. С. Амеликина, М. Ю. Анциферов [и др.] / отв. ред. Л. И. Пестрикова. – Мурманск: ПИНРО им. Н. М. Книповича, 2021. – 145 с.
21. Report of the Blue Whiting Assesment Working Group // *ICES Document C. M.* – 1987. – Assess: 4. – 57 p.
22. Working Group on Widely Distributed Stocks (WGWIDE) // *ICES Scientific Reports*. – 2020. – Vol. 2, Issue 82. – 1019 p. [Электронный ресурс] – URL: <http://doi.org/10.17895/ices.pub.7475> (дата обращения 28.07.2021).
23. Международное регулирование промысла сельди, путассу и скумбрии / Ю. Н. Калашников, А. И. Крысов, А. А. Пронюк, М. О. Рыбаков // *Вестник МГТУ*. – 2017. – Т. 20, № 2. – С. 422–433.
24. Зиланов, В. К. Путассу Северной Атлантики / В. К. Зиланов. – Москва: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 160 с.
25. Шибаев, С. В. Промысловая ихтиология / С. В. Шибаев. – Калининград: ООО «Аксиос», 2014. – 535 с.
26. Борисов, В. М. Смешанная Российско-Норвежская комиссия по рыболовству: плюсы и минусы (к 30-летию образования СРНК) / В. М. Борисов, Б. Н. Котенев // *Рыбное хозяйство*. – 2005. – № 2. – С. 6–8.

REFERENCES

1. Maksimenko V. P., Antonov N. P. *Kolichestvennye metody otsenki rybnyykh zapasov* [Quantitative Methods of Fish Reserves Evaluation]. Petropavlovsk-Kamchatskiy, KamchatNIRO, 2003, 256 p.
2. Rosenberg A. A., Fogarty M. J., Cooper A. B., Dickey-Collas M., Fulton E. A., Gutiérrez N. L., Hyde K. J. W., Kleisner K. M., Kristiansen T., Longo C., Minto-Vera C., Minto C., Mosqueira I., Chato Osio G., Ovando D., Selig E. R., Thorson J. T. Developing new approaches to global stock status assessment and fishery production potential of the seas. *FAO Fisheries and Aquaculture Circular*, Rome, FAO, 2014, no. 1086, 175 p.
3. Babayan V. K., Bobyrev A. E., Bulgakova T. I., Vasilyev D. A., Il'in O. I., Kovalev Yu. A., Mikhailov A. I., Mikheyev A. A., Petukhova N. G., Safaraliev I. A., Chetyrkin A. A., Sheremet'ev A. D. *Metodicheskie rekomendatsii po otsenke zapasov prioritnykh vidov vodnykh biologicheskikh resursov* [Guidelines for assessing the stocks of priority species of water biological resources]. Moscow, Publish. VNIRO, 2018, 312 p.
4. Dement'eva T. F. *Biologicheskoe obosnovanie promyslovykh prognozov* [Biological basis of commercial forecasts]. Moscow, Pishchevaya promyshlennost', 1976, 238 p.
5. Chetyrkin E. M. *Statisticheskie metody prognozirovaniya* [Statistical forecasting methods]. Moscow, Statistika, 1977, 200 p.
6. Kesteven G. L., Holt S. J. A note on the fisheries resources of the North West Atlantic. *FAO Fisheries Paper*, Rome, FAO, 1955, no. 7, 12 p.
7. Babayan V. K. *Kratkiy slovar' terminov dolgosrochnogo prognozirovaniya (promyslovye bioproгноzy)* [A short glossary of terms for long-term forecasting (fishery biopredictions)]. Moscow, VNIRO, 1990, 48 p.
8. Ulltang Ø. Fish stock assessment and prediction: integrating relevant knowledge. An overview. *Scientia Marina*, 2003, vol. 67, no. S 1, pp. 5–12.
9. Gavrilov G. M. Dinamika vylova, metodicheskie osnovy otsenki zapasov, prognozirovaniya obshchego dopustimogo ulova (ODU) i vozmozhnogo vylova (VV) promyslovykh ryb v ekonomicheskoy zone Rossii dal'nevostochnykh morey i severo-zapadnoy chasti Tikhogo okeana [Dynamics of catch, methodical basis framework for the assessment of reserves and forecasting of the total allowable catch (TAC) of commercial fish in the Russian economic zone of the Far Eastern seas and North-Western Pacific]. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*, 2014, no. 5 (1), pp. 55–76.
10. *Tezisy dokladov X Vserossiyskoy konferentsii po problemam rybopromyshlennogo prognozirovaniya* [Abstracts of the X Russian Conference on the Problems of Fishery Industry Forecasting]. Pestrikova L.I. Ed. Murmansk, PINRO, 2009, 147 p.
11. *Materialy XI Vserossiyskoy konferentsii po problemam rybopromyslovogo prognozirovaniya, posvyashchennoy 150-letiyu so dnya rozhdeniya N. M. Knipovicha* [Proceedings of the XI Russian Conference on the Problems of Fishery Industry Forecasting]. Shevelev M. S. Ed. Murmansk, Izdatel'stvo PINRO, 2012, 228 p.
12. Mel'nikov I. V., Baytalyuk A. A. Sovremennoe sostoyanie syr'evoy bazy rybnoy promyshlennosti Dal'nevostochnogo basseyana i perspektivnyy prognoz ee razvitiya na period do 2025 g. [Current status of the resource base of the fishing

industry in the Far Eastern basin and a long-term forecast of its development for the period up to 2025]. *Tamozhennaya politika Rossii na Dal'nem vostoke*, 2012, no. 3(60), pp. 15–21.

13. Ojaveer E., Kalejs M. Long-term prediction on Baltic fish stocks based on periodicity of solar activity. *Rev Fish Biol Fisheries*, 2012, Vol. 22, Issue 3, pp. 683–693. Available at: <https://doi.org/10.1007/s11160-012-9264-8> (Accessed 03 August 2021).

14. Filin A. A. Model'nyy analiz dinamiki zapasa barentsevomorskoy treski pri razlichnykh stsensariyakh dolgosrochnogo izmeneniya temperatury vody [Model analysis of the dynamics of the Barents Sea cod stock under different scenarios of long term changes in water temperature]. *Voprosy rybolovstva*, 2016, vol. 17, no. 4, pp. 232–245.

15. Yuan H., Gu Y., Wang J., Chen Y., Chen X. Study on the Medium and Long Term of Fishery Forecasting Based on Neural Network. *Artificial Intelligence and Computational Intelligence*, Berlin, Heidelberg, Springer, 2012, vol. 7530, pp. 186–205. Available at: https://doi.org/10.1007/978-3-642-33478-8_77 (Accessed 31 July 2021).

16. Klyashtorin L. B., Lyubushin A. A. *Tsiklicheskie izmeneniya klimata i ryboproduktivnosti* [Cyclic Changes in Climate and Fish Capacity]. Moscow, VNIRO, 2005, 235 p.

17. Merayo M. G., Hwang I., Núñez M., Cavalli A. A. Statistical Approach to Test Stochastic and Probabilistic Systems. *Formal Methods and Software Engineering*. Part of the Lecture Notes in Computer Science, Berlin, Heidelberg, Springer, 2009, vol. 5885, pp. 186–205. Available at: https://doi.org/10.1007/978-3-642-10373-5_10 (Accessed 31 July 2021).

18. Kartvelishvili V. M., Sviridova O. A. *Risk-menedzhment. Metody otsenki riska: uchebnoe posobie* [Risk management. Risk assessment methods: manual]. Moscow, FGBOU VO “REU im. G. V. Plekhanova”, 2017, 120 p.

19. Gjøsæter H., Bogstad B., Tjelmeland S. Assessment methodology for Barents Sea capelin, *Mallotus villosus* (Müller). *ICES Journal of Marine Science*, 2002, 59, pp. 1086–1095.

20. Aleksandrov D. I., Amelkin A. V., Amelkina A. S., Antsiferov M. Yu. [i dr.]. *Sostoyanie syr'evykh biologicheskikh resursov Barentseva, Belogo i Karskogo morey i Severnoy Atlantiki v 2021 g.* [Status of biological resources of the Barents, White and Kara Seas and North Atlantic in 2021]. Murmansk, PINRO im. N. M. Knipovicha, 2021, 145 p.

21. Report of the Blue Whiting Assesment Working Group. *ICES Document C.M.*, 1987, Assess: 4, 57 p.

22. Working Group on Widely Distributed Stocks (WGWIDE). *ICES Scientific Reports*, 2020, vol. 2, issue 82, 1019 p. Available at: <http://doi.org/10.17895/ices.pub.7475> (Accessed 28 July 2021).

23. Kalashnikov Yu. N., Krysov A. I., Pronyuk A. A., Rybakov M. O. Mezhdunarodnoe regulirovanie promysla sel'di, putassu i skumbrii [International regulation of the fishery for herring, blue whiting and mackerel]. *Vestnik MGTU*, 2017, vol. 20, no. 2, pp. 422–433.

24. Zilanov V. K. *Putassu Severnoy Atlantiki* [North Atlantic blue whiting]. Moscow, Lyogkaya i pishchevaya promyshlennost', 1984, 160 p.

25. Shibaev S. V. *Promyslovaya ikhtiologiya* [Commercial ichthyology]. Kaliningrad, ООО “Aksios“, 2014, 535 p.

26. Borisov V. M., Kotenev B. N. Smeshannaya Rossiysko-Norvezhskaya komissiya po rybolovstvu: plyusy i minusy (k 30-letiyu obrazovaniya SRNK) [The Joint Russian-Norwegian Commission on Fisheries: pluses and minuses (to the 30-th Anniversary of the JRNFC)]. *Rybnoe khozyaystvo*, 2005, no. 2, pp. 6–8.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Прозоркевич Дмитрий Владимирович – Полярный филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ПИНРО» им. Н. М. Книповича), г. Мурманск; кандидат биологических наук; ведущий научный сотрудник; E-mail: dvp@pinro.ru

Prozorkevich Dmitry Vladimirovich – Polar Branch of FSBSI “VNIRO” (“PINRO” named after N. M. Knipovich), Murmansk; PhD in Biology; leading researcher; E-mail: dvp@pinro.ru