



Экономика, международное сотрудничество и нормативные правовые основы рыбохозяйственной деятельности

Моделирование инвестиционной политики рыболовной фирмы на примере российского рыбного промысла в Балтийском море

А.Г. Мнацаканян, А.В. Томкович, А.Г. Харин

Калининградский государственный технический университет (ФГОУ ВО «КГТУ»), Советский пр-т, 1, г. Калининград, 236022
E-mail: mag@klgtu.ru

Цель работы состоит в совершенствовании методологии управления рыболовством в той её части, которая относится к процессу разработки и принятия инвестиционных решений.

Материалы и методы: работа представляет собой дальнейшее развитие биоэкономического подхода в рыболовстве, базирующегося на признании взаимозависимости природного и произведённого (физического) капиталов, причём, последний является результатом необратимых инвестиций. Предлагаемые авторами решения опираются на методы анализа и синтеза, моделирования экономических процессов.

Результаты: авторами разработана теоретическая модель, предназначенная для обоснования инвестиционных решений. Её ключевыми параметрами выступают величина запаса рыбных ресурсов, объём добычи, размер и стоимость существующего капитала и инвестиций. Применение данной модели к исследованию российского рыболовства в Балтийском море подтвердило, что для данного промысла главным фактором, влияющим на принятие решения об уровне инвестиций, выступает соотношение удельных стоимостей существующих активов и инвестиций.

Практическая значимость: хотя предложенная модифицированная модель носит предварительный характер и имеет ряд ограничений, эмпирическая проверка позволяет сделать выводы о возможности её использования для выработки оптимальных производственно-инвестиционных решений в области рыболовства и о целесообразности продолжения работы в данном направлении.

Ключевые слова: рыболовство, рыбные ресурсы, капитал, инвестиции, моделирование.

Modeling the Investment Policy of a Fishing Firm: The Case of Russian Fisheries in the Baltic Sea

Albert G. Mnatsakanyan, Aleksandra V. Tomkovich, Aleksandr G. Kharin

Kaliningrad State Technical University («KSTU»), 1, Sovetsky Prosp., Kaliningrad, 236022, Russia

The purpose of the paper is to improve the methodology of fisheries management by expanding the set of factors for investment decisions.

Materials and methods. Our work is a further development of the bioeconomic approach, which is based on the interdependence of natural and produced capital in fisheries. Author's solutions are based on methods of analysis and synthesis, and use the modeling of economic processes in fisheries.

Results. The paper describes a theoretical model for making investment decisions. This model is used to analyze the investment policy of the firm. The key modeling parameters used are: stock of fish resources, catch size, capital and investment. Our study showed that for this fishery, the main factor in deciding on the optimal level of investment is the ratio of the unit values of existing assets and investments.

Practical significance. Although the proposed modified model is preliminary and has a number of limitations, empirical testing allows us to draw conclusions about the possibility of using it to develop optimal production and investment decisions for a fishing company and about the advisability of continuing work in this direction.

Keywords: fisheries, fish resources, capital, investment, modeling.

ВВЕДЕНИЕ

Теоретические вопросы выбора оптимального соотношения между уровнем инвестиций и размером задействованного капитала выступают предметом внимания многих учёных, тем не менее, довольно редкими остаются исследования проблем управления инвестициями в случаях, когда производственная деятельность базируется на использовании возобновляе-

мых природных ресурсов. Имеется ограниченное число научных работ, в которых бы отражалась вся сложность проблем, возникающих в процессе осуществления инвестиционной деятельности в рыболовстве.

Трудности в использовании стандартных положений экономической теории для решения задачи определения оптимального размера инвестиций в рыбной отрасли вызваны, как минимум, двумя при-

чинами. Во-первых, рыболовство часто сталкивается с проблемой низкой мобильности капитала. Поскольку узкоспециализированные рыболовные суда, как правило, не имеют альтернативного применения, инвестиции в них носят необратимый характер (т. е. затраты могут быть возмещены только через механизм амортизационных отчислений). Проблема необратимости инвестиций в контексте их взаимодействия с природным капиталом подробно исследуется в трудах К. Эрроу, Х. Кэмпбелла и П. Лассерра [Arrow, 1968; Campbell, 1980; Lasserre, 1985], а применительно к особенностям рыбной отрасли её отдельные аспекты нашли отражение в работах К. Кларка, Дж. Бойса, В. Волкогона, А. Мнацаканяна, Л. Сергеева и др. [Clark et al., 1979; Воусе, 1995; Мнацаканян и др., 2018; Волкогон Сергеев, 2017]. Во-вторых, в рыбном бизнесе принятие решений об инвестициях в основные фонды обычно тесно связано с состоянием природного капитала (запаса рыбных ресурсов). Это даёт основание рассматривать деятельность, поддерживающую процесс самовоспроизводства природного капитала (например, установление и контроль норм вылова рыбных ресурсов и другие положения экологического законодательства) как специфический способ инвестирования [Мнацаканян, Харин, 2012]. Указанные особенности обуславливают необходимость согласования направлений и форм инвестиций в рыболовство, достигаемого путём реализации стратегии, в рамках которой решения относительно желаемых размеров промысловых мощностей и рыбных запасов принимаются одновременно. Однако из-за сложности выработки такого подхода большинство теоретических моделей управления рыболовством на сегодняшний день носят узконаправленный характер. В основном они сосредоточены на управлении запасами рыбных ресурсов, полагая при этом размер основного капитала и инвестиций в него экзогенными заданными, часто игнорируя вопросы необратимости инвестиций. Имеется лишь небольшое число работ, содержащих полноценный учёт и анализ отмеченных выше проблем. Одной из таких фундаментальных работ, во многом определившей современные научные взгляды на инвестиции в рыбной отрасли стала статья К. Кларка и др. [Clark et al., 1979]. Авторы предложили рассматривать осуществление необратимых инвестиций в рыболовстве как детерминированный непрерывный процесс, описываемый несколькими переменными состояниями (биомасса и производительность флота) и решения (промысловое усилие и инвестиции), изменяющимися во времени. Данный подход базируется на признании тесной связи природного и произведённого (физического) капиталов. Следуя

ему, инвестиционные решения считаются оптимальными, если они обеспечивают устойчивое равновесие, основанное на долгосрочной сбалансированности накопленного в отрасли физического капитала и размера природного капитала (рыбных запасов). Главным финансовым результатом такого равновесия является стабильный денежный поток, гарантирующий инвесторам возврат вложенного в бизнес капитала и дополнительные выгоды. С другой стороны, экономическая целесообразность инвестиций зависит не только от их текущей выгоды, но и от возможности изъятия в разумный срок без потери стоимости [Clark, Munro, 2017]. Последнее означает, что оптимальные инвестиции должны допускать дезинвестирование (уменьшение физического капитала) в случае сокращения природного капитала [Воусе, 1995], т. е. быть обратимыми, что не обеспечивается в случае инвестиций в рыболовство.

Наше исследование является дальнейшим развитием подхода, основы которого заложены в работах К. Кларка. С тем чтобы повысить функциональность теоретической модели, служащей принятию оптимальных решений о капиталовложениях в рыбодобывающие активы, на наш взгляд необходимо: во-первых, дополнительно учитывать в рамках непрерывного годового цикла фактор цикличности (сезонности) промысла; во-вторых, в качестве индикаторов принимаемых решений использовать не мгновенные (как в моделях непрерывного времени), а интервальные значения переменных, в частности, таких как объём изъятия (добычи) рыбных ресурсов за промысловый сезон и ежегодные инвестиции; в-третьих, принимать во внимание наличие временного лага между моментом принятия инвестиционного решения и временем получения результата от инвестиций. Одновременно с этим, поскольку как минимум одна из базовых характеристик рыболовства — объём рыбных запасов является стохастической переменной, модель, описывающая инвестиции, должна обеспечивать возможность применения адекватных методов выработки управленческих решений.

Очевидно, что полноценное выполнение всех перечисленных выше требований — нетривиальная задача, требующая как переосмысления ряда теоретических положений, так и поиска новых, более технологичных методов управления. Её решение должно носить поэтапный и итеративный характер. Целью данной статьи являются разработка и оценка концептуального подхода, позволяющего улучшить качество обоснования управленческих решений в рыбной отрасли за счёт расширения набора факторов, учитываемых при осуществлении инвестиций. Хотя

предлагаемая модифицированная производственно-инвестиционная модель рыбного промысла является предварительной, имеет ряд ограничений и требует дальнейшего совершенствования, её эмпирическая проверка позволяет сделать вывод о целесообразности продолжения работы в данном направлении.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Рассмотрим агрегированный рыбный ресурс, биомасса которого на начало очередного промыслового сезона $n + 1$ составляет R_{n+1} и зависит от объёма изъятия в предыдущем сезоне B_n так что состояние ресурса описывается функцией $R_{n+1} = F(B_n)$. Если принять, что эксплуатация ресурса осуществляется равномерно в течение всего промыслового сезона и процесс его воспроизводства носит компенсаторный (самовосстанавливающийся) характер, то имеются основания использовать для анализа функции $F(B_n)$ классическую модель Бевертон-Холта [Beverton, Holt, 1957]. С другой стороны, в рамках традиционной биоэкономической модели рыболовства [Schaefer, 1957] изменение количества биомассы ресурса описывается дифференциальным уравнением вида $dx/dt = -h(t) = -qE(t)x(t)$, где x – мгновенный объём биомассы ресурса; $h(t)$ – темп изъятия (вылова) ресурса; $E(t)$ – мгновенное промысловое усилие; q – коэффициент уловистости. С учётом этого, если в начале промыслового сезона n объём биомассы ресурса составляет $x(0) = R_n$, то его изъятие за сезон n составит

$$B_n = R_n e^{-q \int_0^T E(t) dt},$$

где T – продолжительность промыслового сезона.

Поскольку современное рыболовство – отрасль с высокой капиталовооруженностью, показатель максимального мгновенного промыслового усилия $E(t)$ в основном обусловлен количеством капитала K , задействованного для эксплуатации ресурса. При этом в любой момент времени t в течение промыслового сезона n данный показатель удовлетворяет условию $0 \leq E(t) \leq K_n$. Здесь K_n – интегральный параметр, представляющий собой рыбопромысловую мощность активов фирмы в начале сезона n . Он в обобщённом виде характеризует потенциальную продуктивность как материального (например, рыболовные суда, орудия лова, рыбоперерабатывающее оборудование, если оно является частью рыбодобывающего бизнеса и т. п.), так и нематериального (например, квоты, лицензии и права на вылов, опыт и квалификация рыбаков и пр.) капиталов.

Свойство необратимости инвестиций в рыбопромысловые активы означает невозможность дезинвестиций. В силу этого уменьшение количества K про-

исходит только за счёт амортизации капитала. Тогда, относя всю начисленную амортизацию к концу промыслового сезона и полагая, что её темп задаётся коэффициентом d , а также учитывая прирост капитала за счёт инвестиций, процесс изменения капитала фирмы можно описать уравнением: $K_{n+1} = (1 - d)K_n + I_{n+1}$; $I_{n+1} \geq 0$, где I_{n+1} – инвестиции, объекты которых вводятся в эксплуатацию в году $n + 1$.

При принятии инвестиционного решения в рыбной отрасли важным фактором является наличие временного лага (запаздывания) между актом инвестирования и моментом, когда созданные в результате инвестиций новые активы начинают эксплуатироваться. Такая задержка может возникать, например, из-за времени, необходимого для постройки или ремонта судов, их оснащения и подготовки к промыслу. Поскольку инвестиционный лаг часто становится причиной явных и неявных издержек и, соответственно, может влиять на результаты деятельности, для повышения реалистичности теоретической модели в неё вводится предположение об отсроченном эффекте от инвестиций. При этом для упрощения полагается, что решение об оптимальной величине капитала, используемого в предстоящем сезоне, должно быть принято до конца текущего года, а новые инвестиции в полном объёме финансируются в текущем году.

Управление промыслом на уровне фирмы предполагает периодическое (в нашем случае – ежегодное) принятие решения не только о количестве используемого капитала и инвестициях, но и о планируемом объёме вылова рыбы. Как правило, имеет место стандартная последовательность действий. Первоначально, при заданном (известном) размере рыбного ресурса R_n , фирмой выбирается оптимальный объём вылова B_n^* , с учётом ограничения $R_n e^{-qTK_n} \leq B_n^* \leq R_n$, где нижний предел соответствует промыслу с максимальным усилием. Затем, исходя из величины B_n^* определяется оптимальный размер капитала и инвестиций на следующий год, с учётом $I_{n+1} \geq 0$, и в текущем году n производится оплата инвестиций.

Для простоты предположим, что фирма действует в условиях абсолютно эластичного спроса (цена продажи рыбы p является постоянной), а также постоянных удельных издержек на промысловое усилие (c) и на дополнительную единицу промысловых мощностей (w). В этом случае экономическая прибыль фирмы, зависящая от размера биомассы ресурса, объёма его добычи, количества капитала и инвестиций, с учётом что $dx/dt = -qEx$, $x(0) = R$, $x(T) = B$, за один промысловый сезон может быть выражена как:

$$\pi(R, B, K, I) = \int_0^T (pqEx - cE) dt - wI = p(R - B) - \left(\frac{c}{q}\right) \log\left(\frac{R}{B}\right) - wI.$$

Полагая, что планирующая промысел фирма стремится максимизировать свою прибыль в течение ряда лет, с учётом дисконтирования, задача управления формулируется следующим образом:

$$\max_{(B_1; I_1; B_2; \dots)} \left[\sum_{n=1}^{\infty} \alpha^{n-1} \pi(R_n, B_n, K_n, I_{n+1}) \right],$$

с условиями $R_{n+1} = F(B_n)$; $K_{n+1} = (1-d)K_n + I_{n+1}$; $R_n e^{-qTK_n} \leq B_n \leq R_n$; $I_{n+1} \geq 0$, где $\alpha = (1+r)^{-1}$ – коэффициент дисконтирования; r – ставка дисконтирования.

Используя принцип оптимальности Беллмана, согласно которому экономическая выгода рыбака (полная текущая стоимость промысла) равна сумме текущей прибыли и дисконтированной будущей стоимости промысла (рыбного запаса и капитала, доступных для использования в следующем сезоне) [Bellman, 1957], задача управления промыслом в начале очередного рыболовного сезона n выражается как:

$$V(R_n, K_n) = \max_{B_n} \max_{I_{n+1}} [\pi(R_n, B_n, K_n, I_{n+1}) + \alpha V(R_{n+1}, K_{n+1})],$$

где $R_{n+1} = F(B_n)$; $K_{n+1} = (1-d)K_n + I_{n+1}$, условие внешней максимизации – $R_n e^{-qTK_n} \leq B_n \leq R_n$, а внутренняя максимизация достигается в диапазоне $I_{n+1} \geq 0$.

Удалив индексы у переменных, это выражение можно переписать как

$$V(R, K) = \max_{R \exp(-qTK) \leq B \leq R} \max_{I \geq 0} [\pi(R, B, K, I) + \alpha V(R, (1-d)K + I)], \quad (1)$$

где: $\pi(R, B, K, I) = p(R-B) - (c/q) \log(R/B) - wI$.

Уравнение (1) в концентрированном виде отражает главную цель рыболовного бизнеса – максимизацию его стоимости и служит теоретическим основанием дальнейшего исследования.

Моделирование политики рыболовной фирмы следует начать с общего анализа уравнения (1). Рассмотрим описываемую этим уравнением задачу с позиций управления бизнесом. Если придерживаться сделанного выше предположения о компенсаторной динамике биомассы рыбного ресурса (функция запаса вогнута и возрастает, как в модели Бевертон-Холта), то частные производные от стоимости промысла по размеру запаса (V_R) и по количеству задействованного капитала (V_K) будут иметь положительные значения [Bellman, 1957]. Это означает, что чем больше биомасса ресурса и больше капитала задействовано для его добычи, тем выше будет стоимость промысла (предполагается, что последнее является главной целью коммерческого промысла), однако предельная отдача от капитала уменьшается.

Аналитическое решение задачи (1) сопряжено со значительными трудностями, но оно может быть упрощено. В частности, в случае регулируемого промысла быстро восстанавливающегося ресурса можно при-

нять, что уровень его добычи в текущем году не оказывает существенного влияния на добычу в последующие годы, то есть $R = F(B) = \text{const}$. Соответственно, оптимальные уровни объёма добычи, капитала и инвестиций можно установить на основании только показателя прибыли. Учитывая это, продифференцировав (1) относительно I получим, что оптимальная мощность для следующего сезона K^* определяется выражением $\pi_I(R, K, B, I) = -w$. В более общем случае, учитывающем будущую стоимость промысла, если зафиксировать величину B и выполнить в уравнении (1) внутреннюю максимизацию, то можно получить условие оптимальности инвестиций в промысловые мощности:

$$V_K [R, (1-d)K + I^*] = \frac{w}{\alpha}. \quad (2)$$

Полученные результаты позволяют сформулировать общий принцип инвестирования. Для того чтобы исключить избыточность промысловых мощностей их величина $(1-d)K + I^*$ на следующий год должна быть установлена так, чтобы предельная выгода от дополнительной единицы капитала, задействованного в промысле, равнялась его предельным издержкам.

Поскольку оптимальная промысловая мощность в следующем году представляет собой возрастающую функцию изъятия ресурса, то задавая $K' = k(B)$ как решение неявного уравнения $VK(R, K') = w/\alpha$ можно формально описать инвестиционную стратегию фирмы. Если её капитал уже является достаточным, то есть $(1-d)K > k(B)$, то инвестиции не требуются ($I^* = 0$). В противном случае I^* выбирается так, чтобы $(1-d)K + I^* = k(B)$. Данное условие записывается как:

$$I^* = \max[k(B) - (1-d)K, 0]. \quad (3)$$

Соответственно, оптимальная стратегия фирмы состоит в том, чтобы инвестировать до некоторого уровня мощности K^* , выбираемого как единовременное необратимое решение. Если изначально $K > K^*$, то фирме следует ожидать до тех пор, пока в результате амортизации уровень K окажется ниже K^* , а затем инвестировать до K^* . С другой стороны, поскольку для рыбного промысла с размером запаса ресурса R и количеством задействованного капитала K в силу естественных и регуляторных причин имеет место ограничение объёма добычи, то есть $R e^{-qTK} \leq B \leq R$, то в зависимости от соотношения этих двух параметров оптимальный размер вылова B^* определяется как:

$$B^* = \begin{cases} R e^{-qTK}; & R > b(K) e^{qTK} \\ b(K); & \text{промежуточное значение } R, \\ R; & R < b(K) \end{cases} \quad (4)$$

где функция $b(K)$ отображает объём вылова ресурса при заданном уровне капитала K .

Система уравнений (4), полученная путём эвристического синтеза, содержит функции, описывающие одновременно промысловую и инвестиционную политики фирмы, и служит основанием для принятия оптимального производственно-инвестиционного решения (B^* , I^*), которое в свою очередь зависит от комбинации имеющихся в распоряжении фирмы запасов природного и произведённого капиталов. Оптимальный объём добычи увеличивается по мере роста количества задействованного на промысле произведённого капитала. В тоже время оптимальный размер капитала, необходимый для следующего промыслового сезона, зависит от уровня добычи в текущем сезоне. Задавая оптимальные политики B^* и I^* в уравнении (1), можно получить результирующую функцию стоимости промысла, используемую в качестве ключевого индикатора стратегии фирмы:

$$V(R, K) = \pi[R, K, B^*, I^*] + \alpha V[F(B^*, (1-d)K + I^*]. \quad (5)$$

Уравнение (5) позволяет укрупнённо описать последовательность действий фирмы, планирующей коммерческую эксплуатацию рыбного ресурса и стремящейся максимизировать стоимость этого бизнеса. Так, накануне промыслового сезона, исходя из доступного размера рыбного запаса R и величины задействованного для его добычи капитала K , определяется целевой уровень вылова $B^*(R, K)$. После этого, если наличное количество капитала с учётом его ожидаемого износа $(1-d)K$ оказывается меньше целевого значения $K(B^*)$, необходимого для обеспечения планируемого объёма вылова, то фирмой осуществляются инвестиции, устраняющие дефицит производственных мощностей. Данный процесс носит циклический характер, периодически повторяясь в зависимости от складывающегося в конце каждого промыслового сезона соотношения величин рыбного запаса и капитала.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Предложенная модель оптимизации инвестиций в рыбный промысел, базирующаяся на уравнении (5) как и любая другая теоретическая модель требует эмпирической проверки на предмет надёжности и результативности. Верификация модели выполнена на основе фактических данных о промысле мелкосельдевых рыб в 26-м и 32-м подрайонах Балтийского моря (согласно классификации ICES). Имеющиеся по этому промыслу данные были модифицированы, чтобы полнее соответствовать формату предлагаемой модели, лучше раскрывать исследуемую проблему и отчасти компенсировать несовершенство общедоступной информации. Для простоты и наглядности расчётов также принято, что промысел ведёт одна

фирма, располагающая однородным по составу рыболовным флотом, состояние рыбного запаса описывается моделью Бевертона-Холта, а также введён ряд других допущений.

Согласно данным отраслевого мониторинга, общая биомасса нерестового запаса мелкосельдевых рыб в 25–29 и 32 подрайонах Балтийского моря с учётом доли РФ в начале 2022 г. оценивалась примерно в размере 285 тыс. т, а суммарный ОДУ для этих видов рыб был установлен на уровне 71 тыс. т. Среднегодовой вылов сельди и шпрот в российских промысловых зонах Балтийского моря за 1993–2020 гг. составлял 41,6 тыс. т [Материалы общего ..., 2022¹]. Российский рыболовный флот на Балтике насчитывает примерно 45 судов размерных классов 15–25 и 25–31 м [ICES, 2021]. Часть этих судов морально устарели, находятся в неудовлетворительном техническом состоянии и для участия в промысле требуют серьёзного ремонта или модернизации. Ориентиром затрат на эти цели могут служить данные целевой программы «Развитие прибрежного рыболовства в Калининградской области на 2013–2020 годы», включавшей проект глубокой модернизации МРТП-1376 «Капитан Лобанов», капиталовложения по которому составили 120 млн руб. Прочие показатели, используемые для моделирования промысла, приняты на уровне среднерыночных и среднеотраслевых значений (см. табл.).

На рис. 1 приведена графическая интерпретация промыслово-инвестиционной политики условной фирмы, эксплуатирующей запас мелкосельдевых рыб в Балтийском море, построенная по изложенной выше методологии, на основе параметров, приведённых в таблице.

Поскольку на момент принятия решения $R_{\text{макс}} > B_{\text{факт}}$ то согласно условию (4) потенциальный объём вылова в следующем промысловом сезоне при заданной величине $R_{\text{макс}}$, в зависимости от величины задействованного на промысле капитала K рассчитывается как $B^* = R_{\text{макс}} e^{-qTK}$. В тоже время функция промысловой мощности определяется числом задействованных на промысле судов (K), производительностью одного судна ($b_{\text{ед}}$) и количеством промыслового времени (T). Исходя из этого, фактический объём вылова в размере 42 тыс. т в текущем сезоне был обеспечен

¹ Материалы общего допустимого улова в районе добычи (вылова) водных биологических ресурсов во внутренних морских водах Российской Федерации, в территориальном море Российской Федерации, на континентальном шельфе Российской Федерации, в исключительной экономической зоне Российской Федерации и Каспийском море на 2022 г. (с оценкой воздействия на окружающую среду). Часть 1. Рыбы морей европейской части России. http://www.atlant.vniro.ru/images/stories/files/ob.sluwanij/2022/2022Materiali_ODU.pdf. 15.11.2022.

Таблица. Основные параметры для моделирования рыбного промысла
Table. Key Parameters for Fishery Modeling

Наименование параметра	Значение
Доступная биомасса ресурса ($R_{\text{макс}}$)	285 тыс. т
Биомасса ресурса, разрешённая для добычи ($R_{\text{ОДУ}}$)	71 тыс. т
Фактический объем добычи ($B_{\text{факт}}$)	42 тыс. т
Удельный объем добычи ($b_{\text{ед}}$)	52,5 т / судно · неделя
Уловистость (q)	0,002 (судно · неделя) ⁻¹
Продолжительность промыслового сезона (T)	28 недель
Цена рыбы (p)	100 руб. / кг
Удельные операционные затраты (c)	4 млн руб./судно · неделя
Удельные капитальные затраты (w)	120 млн руб. / судно
Коэффициент амортизации капитала (d)	0,05
Коэффициент дисконтирования (α)	0,9

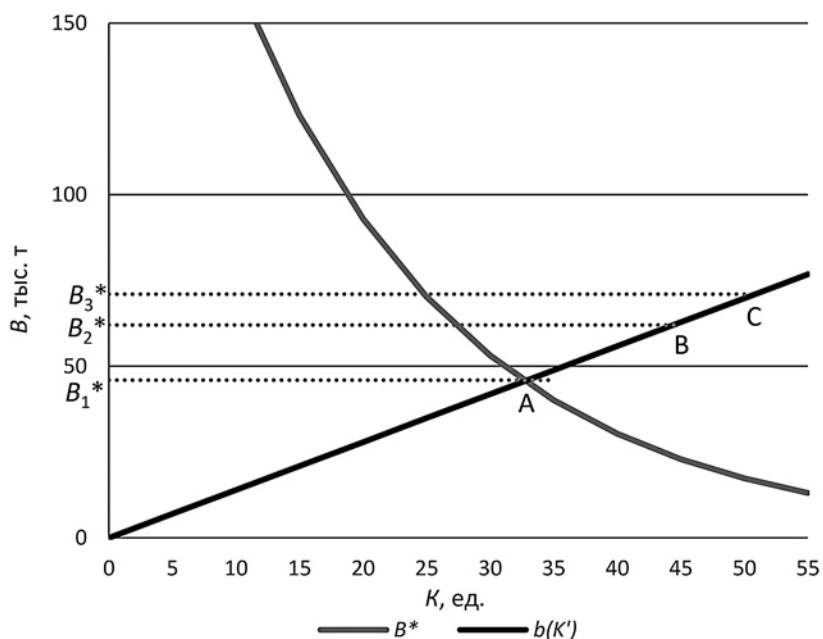


Рис. 1. Промыслово-инвестиционная политика рыболовной фирмы
Fig. 1. Fishing and investment policy of the firm

работой 28 единиц капитала (условных промысловых судов).

С учётом износа капитала функция промысловой мощности выглядит как $b(K') = b_{\text{ед}}TK'$, где $K' = (1 - d)K$. Если фирма ставит цель в следующем сезоне сохранить достигнутый уровень добычи, то ей потребуется компенсировать потерю производственной мощности в силу износа капитала. Это означает, что при фиксированной величине промыслового ресурса на следующий год необходимо увеличить капитал на 5 единиц. На рис. 1 это состояние, соответствующее объёму добычи $B_1^*(R, K_1')$ отображено точкой А. В том случае, если фирма решит полностью задействовать все име-

ющиеся промысловые мощности (45 судов), отремонтировав/модернизовав неиспользуемые в настоящее время суда и, таким образом, нарастить капитал до $K_2' = K_1' + I_1$, то она может увеличить объём вылова до уровня $B_2^*(R, K_2')$, приблизительно равного 62 тыс. т (точка В). Если же целью фирмы является полное освоение ОДУ, то есть в следующем сезоне объём добычи ресурса $B_2^*(R, K_2')$ составит 71 тыс. т, то ей потребуется нарастить капитал до $K_2' = K_1' + I_2$ единиц. Данное состояние промысла отображено на рис. 1 точкой С. В этом случае инвестиции должны обеспечить увеличение капитала фирмы на 17 единиц, из которых 5 – вновь приобретённые или построенные суда.

Дополнение анализа финансовыми характеристиками улучшает качество управленческих решений, поскольку позволяет в явном виде оценивать их соответствие главной цели бизнеса – максимизации стоимости. На рис. 2 отображён вид зависимости π от I , при условии, что капитал фирмы достаточен для достижения уровня добычи $B_3^*(K_3^*)$, учитывая, что объём добычи на следующий год ограничен ОДУ. Оптимум функции экономической выгоды достигается, когда $\pi_j = -w$ (соответствует точке С на рис. 1). Если же целью является не увеличение, а сохранение достигнутого объёма вылова $B_1 = 42$ тыс. т, для чего потребуются инвестиции в капитал в количестве 5 единиц, то в этом случае потеря в прибыли относительно оптимума в результате недоиспользования ресурса составит примерно 60 млн руб.

Учитывая, что значительную часть промысловых мощностей составляет ранее созданный капитал, со-

стояние которого часто неизвестно, представляет интерес сравнение оптимальной инвестиционной политики при разных уровнях остаточной стоимости этого капитала. На рис. 3 показаны варианты функции стилизованной стоимости промысла в зависимости от данного параметра (для расчёта величины стоимости промысла V применена упрощённая формула (5), не включающая экономическую ценность рыбного запаса). Линия, проходящая через точки максимума функции стоимости промысла, является графической интерпретацией инвестиционной максимы, согласно которой чем выше остаточная стоимость «старых» судов, тем менее привлекательными выглядят инвестиции в поддержание или расширение капитала. При заданных параметрах моделирования удельная стоимость существующих судов (FA) выше 130 млн руб. становится своего рода «барьером» для инвестиций в капитал, необходимый для освоения ресурса.

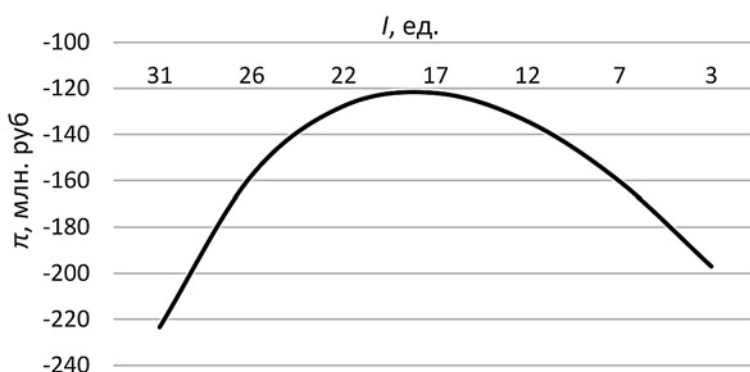


Рис. 2. Экономическая прибыль фирмы
 Fig. 2. Profit of the firm

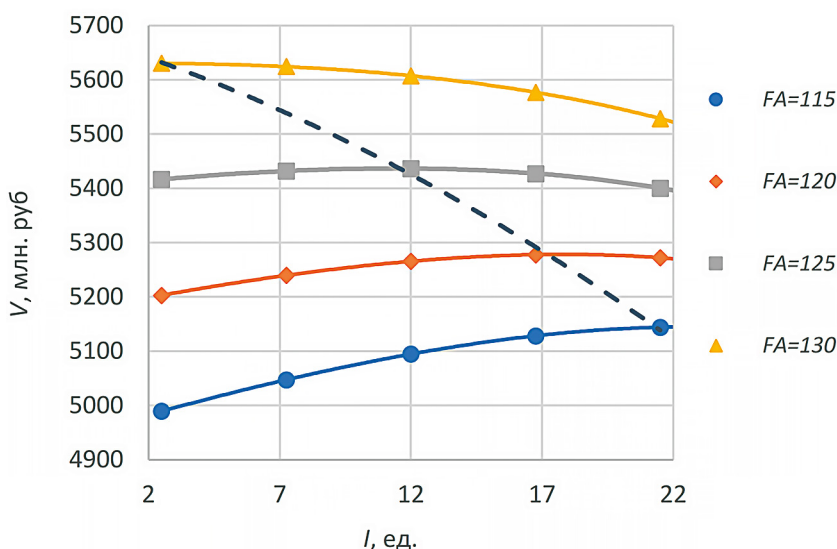


Рис. 3. Стоимость промысла (V) в зависимости от удельной остаточной стоимости капитала (FA)
 Fig. 3. The value of the fishery depending on the specific residual value of capital

ОБСУЖДЕНИЕ

Проверка предложенной модели, выполненная на основании показателей реального промысла, позволяет говорить о её адекватности описываемой проблеме и возможности использования для принятия решений об инвестициях. Некоторым недостатком является то, что для проверки использовалась упрощённая версия модели, не учитывающая всю сложность взаимодействий её элементов и взаимное влияние параметров модели. Вместе с тем изложенный выше подход содержит предпосылки для полноценного численного решения задачи, сформулированной в уравнении (5) с помощью технологии динамического программирования. Для реализации этой технологии управления все решения, возможные в рамках единой промыслово-инвестиционной политики, следует представить как множества целевых значений объёма добычи и величины капитала фирмы, соответственно. Параметры данных функций могут быть определены разными способами, например, методом итераций, согласно которому проектировщиком задаются первоначальные значения $b(K)$ и $k(R)$ и рассчитывается соответствующая им стоимость V . Затем вычисляются частные производные V_R и V_K , служащие улучшению функций $b(K)$ и $k(R)$. После этого рассчитывается соответствующее скорректированным политикам новое значение стоимости промысла. Данная последовательность действий повторяется до тех пор, пока не будет достигнута требуемая степень сходимости, что соответствует нахождению оптимального решения.

Интеграция в процесс управления рыболовным бизнесом техники численных расчётов потребует определения значений не только переменных состояния, таких как биомасса и промысловая мощность, но и ряда неявных параметров, используемых для расчёта стоимости. Для этого может быть применена техника визуализации, в рамках которой для каждой пары функций политики решается система совместных уравнений, дающих значения функции стоимости в заданных точках двумерного пространства. Построение по этим точкам гладкой поверхности позволяет упростить нахождение значений частных производных V_R и V_K (например, за счёт использования методов интерполяции) и в конечном счёте повышает качество принимаемых управленческих решений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Одной из проблем современного рыболовства является избыточность промысловых мощностей, не обеспеченных сырьём. Данная проблема носит глобальный характер [Bertheussen, Vassdal, 2020]. В российских условиях она во многом обусловлена имма-

нентным недостатком, присущим механизму инвестиционных квот, фактически выступающим в настоящее время безальтернативным способом стимулирования инвестиций в отечественное рыбное хозяйство [Мнацаканян, Харин, 2022]. Наша работа направлена на выработку более взвешенного подхода к осуществлению инвестиций в рыболовство, позволяющего учитывать ключевые аспекты этой деятельности, в том числе, принимать согласованные (по сути, единые) промыслово-инвестиционные решения. Предложенная в рамках подхода модель носит универсальный характер. С её помощью, выбирая тот или иной вид функции воспроизводства рыбного запаса и варьируя параметры, описывающие промысловую деятельность, можно учитывать довольно широкий спектр экономических и экологических условий, соответствующих различным промыслам и случаям инвестирования. Универсальность найденного решения позволяет применять его не только к рассматриваемому в статье, но и ко многим другим промыслам водных биоресурсов и, возможно, к более широкому кругу задач, связанных с принятием оптимальных инвестиционных решений в сельском и лесном хозяйстве.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов при подготовке данной статьи.

Соблюдение этических норм

Все применимые этические нормы соблюдены.

Финансирование

Работа является результатом личной инициативы авторов, она выполнена без привлечения внешнего финансирования.

ЛИТЕРАТУРА

- Волкогон В.А., Сергеев Л.И. 2017. Обобщение динамики пропорций основных натурально-стоимостных параметров развития рыбной отрасли // Рыбное хозяйство Дальнего Востока. № 1. С. 169–189.
- Мнацаканян А.Г., Харин А.Г. 2012. О некоторых особенностях применения концепции управления стоимостью для компаний, деятельность которых основана на использовании природных ресурсов // Финансы и кредит. № 1(481). С. 12–19.
- Мнацаканян А.Г., Кузин В.И., Харин А.Г. 2018. О некоторых современных тенденциях в развитии российского рыбного хозяйства. Часть 2. Проблема модернизации производственного потенциала // Балтийский экономический журнал. № 2(22). С. 28–38.
- Мнацаканян А.Г., Харин А.Г. 2022. Инвестиции и перспективы развития российского рыбного хозяйства // АПК: экономика и управление. № 2. С. 64–74.

- Arrow K.J.* 1968. Optimal capital policy with irreversible investment. Value, capital and growth: papers in honor of Sir John Hicks. / J.N. Wolfe ed. Edinburgh University Press. Edinburgh. Scotland. p. 1–263.
- Bellman R.* 1957. Dynamic programming. Princeton University Press, Princeton, NJ. 340 p.
- Bertheussen B., Xie J., Vassdal T.* 2020. Strategic investments in catch capacity and quotas: How costly is a mismatch for a firm? // *Marine Policy*. V. 117, article 103231. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2020.103874>.
- Beverton R.J.H., Holt S.J.* 1957. On the dynamics of exploited fish populations. *Fisheries Investigations*, V. 19. 533 p.
- Boyce J.R.* 1995. Optimal Capital Accumulation in a Fishery: A nonlinear Irreversible Investment Model // *J. of Environmental Economics and Management*. V. 28. P. 324–339.
- Campbell H.F.* 1980. The effect of capital intensity on the optimal rate of extraction of a mineral deposit // *Canadian J. of Economics*. V. 13. P. 349–356.
- Clark C.W., Clarke F.H., Munro G.R.* 1979. The Optimal Exploitation of Renewable Resource stocks: Problems of Irreversible Investment // *Econometrica*. V. 47. P. 25–47.
- Clark C., Munro G.* 2017. Capital Theory and the Economics of Fisheries: Implications for Policy // *Marine Resource Economics*. V. 32. No. 2. P. 123–142.
- ICES.* 2021. Baltic Sea Ecoregion – Fisheries overview. In Report of the ICES Advisory Committee, 2021. ICES Advice 2021, *FisheriesOverviews_BalticSea_2021*. <https://doi.org/10.17895/ices.advice.9139>
- Lasserre P.* 1985. Exhaustible-resource extraction with capital. *Progress in natural resource economics*. / A.C. Scott ed. Oxford University Press. Oxford. U.K. P. 176–202.
- Schaefer M.B.* 1957. Some Considerations of Population Dynamics and Economics in Relations to the Management of Marine Fisheries // *J. of Fisheries Research Board of Canada*. V. 14. P. 669–681.
- Part 2. The problem of modernization of production potential // *Baltic Economic Journal*. No. 2(22). P. 28–38. (In Russ.)
- Mnatsakanyan A.G., Kharin A.G.* 2022. Investments and development prospects of the Russian fish industry // *APK: economics and management*. No. 2. P. 64–74. (In Russ.)
- Arrow K.J.* 1968. Optimal capital policy with irreversible investment. Value, capital and growth: papers in honor of Sir John Hicks. / J.N. Wolfe ed. Edinburgh University Press. Edinburgh. Scotland. p. 1–263.
- Bellman R.* 1957. Dynamic programming. Princeton University Press, Princeton, NJ. 340 p.
- Bertheussen B., Xie J., Vassdal T.* 2020. Strategic investments in catch capacity and quotas: How costly is a mismatch for a firm? // *Marine Policy*. V. 117, article 103231. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2020.103874>.
- Beverton R.J.H., Holt S.J.* 1957. On the dynamics of exploited fish populations. *Fisheries Investigations*, V. 19. 533 p.
- Boyce J.R.* 1995. Optimal Capital Accumulation in a Fishery: A nonlinear Irreversible Investment Model // *J. of Environmental Economics and Management*. V. 28. P. 324–339.
- Campbell H.F.* 1980. The effect of capital intensity on the optimal rate of extraction of a mineral deposit // *Canadian J. of Economics*. V. 13. P. 349–356.
- Clark C.W., Clarke F.H., Munro G.R.* 1979. The Optimal Exploitation of Renewable Resource stocks: Problems of Irreversible Investment // *Econometrica*. V. 47. P. 25–47.
- Clark C., Munro G.* 2017. Capital Theory and the Economics of Fisheries: Implications for Policy // *Marine Resource Economics*. V. 32. No. 2. P. 123–142.
- ICES.* 2021. Baltic Sea Ecoregion – Fisheries overview. In Report of the ICES Advisory Committee, 2021. ICES Advice 2021, *FisheriesOverviews_BalticSea_2021*. <https://doi.org/10.17895/ices.advice.9139>
- Lasserre P.* 1985. Exhaustible-resource extraction with capital. *Progress in natural resource economics*. / A.C. Scott ed. Oxford University Press. Oxford. U.K. P. 176–202.
- Schaefer M.B.* 1957. Some Considerations of Population Dynamics and Economics in Relations to the Management of Marine Fisheries // *J. of Fisheries Research Board of Canada*. V. 14. P. 669–681.

REFERENCES

Поступила в редакцию 06.12.2022 г.
Принята после рецензии 11.01.2023 г.