

## МЕТОДИКА РАСЧЕТА КРИТЕРИЕВ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНВЕСТИЦИЙ В АТОМНЫЕ ЛЕДОКОЛЫ

**А.В. Клауз\*, И.Э. Фролов\*, \*\*, В.В. Харитонов\*, А.А. Шаева\***

\* *Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
115409, Москва, Каширское шоссе, д.31*

\*\* *Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН  
117418, Москва, Нахимовский пр., 47*



Предложена экономико-аналитическая модель для оценки микроэкономических критериев эффективности (прибыльности) инвестиций в проекты инновационных атомных ледоколов Северного морского пути. Модель основана на оригинальном аналитическом представлении широко используемой в международной практике методики прогнозирования эффективности инвестиционных проектов. Из математического выражения для чистого дисконтированного дохода получены удобные формулы для расчета ряда критериев эффективности инвестиций в атомные ледоколы: внутренней нормы доходности, минимальной годовой выручки ледокола от проводки судов, дисконтированного периода окупаемости ледокола, объема сопровождаемых грузов. Приведены оценки критериев эффективности инвестиций в ледоколы типа «Лидер» в зависимости от ставки дисконтирования денежных потоков, капитальных и эксплуатационных затрат. Показано, что при высоких капитальных затратах, характерных для строительства атомных ледоколов типа «Лидер», минимально допустимая выручка ледокола, являющаяся финансовым обременением судов, транспортирующих грузы по СМП, быстро увеличивается с ростом ставки дисконтирования и уменьшением периода окупаемости инвестиций. Это означает, что рентабельность ледоколов возможна при низких ставках дисконтирования 2 – 3%/г., т.е. при крайне дешевых кредитах. Даже при столь дешевых кредитах и весьма оптимистических производственных характеристиках ледокола (высокая скорость проводки, большое число судов в караване и их вместимость) период окупаемости превысит 25 лет.

**Ключевые слова:** атомные ледоколы, Северный морской путь, капитальные и эксплуатационные затраты, выручка, критерии эффективности инвестиций, тарифы на проводку судов.

### ВВЕДЕНИЕ

В XXI в. развитию Арктической зоны Российской Федерации уделяется возрастающее внимание со стороны государства [1 – 6]. Так в указе Президента РФ «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» от 7 мая 2018 г. № 204 поставлена задача по развитию Се-

© *А.В. Клауз, И.Э. Фролов, В.В. Харитонов, А.А. Шаева, 2021*

верного морского пути (СМП) и увеличению грузопотока по нему до 80 млн. т/год. Северный морской путь длиной 5600 км начинается в Карских воротах, заканчивается в Бухте Провидения. В декабре 2019 г. Правительство России утвердило подготовленный Госкорпорацией «Росатом» «План развития инфраструктуры Северного морского пути на период до 2035 г.», где предусматривается организация круглогодичного судоходства в акватории СМП и формирование конкурентоспособного международного и национального транспортного коридора на базе СМП. С 2019 г. ГК «Росатом» является инфраструктурным оператором СМП, и некоторые сводные данные об этом новом направлении деятельности корпорации приведены в табл. 1 по данным [6 – 8].

Таблица 1

**Сводные данные о новых продуктах ГК «Росатом» за 2015 – 2020 гг.**

Показатели	2015г.	2016г.	2017г.	2018г.	2019г.	2020г.
ГК «Росатом», выручка (всего), млрд. руб.	821,2	878,1	967,4	1033,9	1151,9	1207,2
Выручка по новым продуктам, млрд. руб.	125	147,4	170,9	196,7	227,9	261,6
Доля новых продуктов в выручке ГК «Росатом», %	15,2	16,8	17,7	19,0	19,8	21,7
Портфель заказов по новым продуктам на 10 лет вперед, млрд. руб.	583,5	1018,8	814,1	1082,6	1169,1	1602,1
ФГУП «Атомфлот», выручка (всего), млрд. руб.	6,073	6,364	6,622	6,806	9,476	н.д.
Доля ФГУП «Атомфлот» в выручке по новым продуктам, %	4,9	4,3	3,9	3,5	4,2	н.д.
Провод по СМП судов вместимостью млн. т. (кол-во судов, шт.)	2,043 (195)	5,29 (400)	7,2 (492)	12,7 (331)	31,5 (510)	33,0 (497)

Согласно данным таблицы, относительная доля выручки ФГУП «Атомфлот», относящейся к новым продуктам (бизнесам) ГК «Росатом», составляет немногим более 4% от суммарной выручки по новым продуктам, но имеет тенденцию к увеличению. При этом в 2020 г. план по объему грузоперевозок по СМП снова перевыполнен: атомными ледоколами проведено 479 судов общей валовой вместимостью более 32,4 млн. т. Доходы ФГУП «Атомфлот» и выручку ГК «Росатом» по этому направлению будет стимулировать и недавнее изменение в «Кодексе торгового мореплавания» [9].

В соответствии с принятыми документами ФГУП «Атомфлот» осуществляет строительство в АО «Балтийский завод» серии из пяти универсальных атомных ледоколов нового поколения (проект 22220), оснащенных парой инновационных ядерных реакторов РИТМ-200 и развивающих пропульсивную мощность ледокола (мощность на винтах) 60 МВт (табл. 2) [1 – 4, 10 – 13].

Стоимость ледокола составляет 37 – 52 млрд. руб. Для обеспечения круглогодичной навигации в восточной части акватории СМП и поддержания коммерчески эффективных скоростей плавания организовано строительство в ООО «ССК «Звезда» трех атомных ледоколов нового проекта 10510 типа «Лидер», оснащенных парой инновационных ядерных реакторов РИТМ-400 и развивающих пропульсивную мощность ледокола 120 МВт (см. табл. 2). На строительство головного ледокола проекта 10510 в период 2020 – 2027 гг. из бюджета выделяется 127,6 млрд. руб. [12].

Таблица 2

**Инженерно-экономические характеристики ледоколов**

Характеристика	Проект 22220 ледокол типа «Арктика»	Проект 10510 ледокол типа «Лидер»
Основной район эксплуатации	Западный район Арктики круглогодично, восточный район – период лето-осень	Все районы Арктики круглогодично
Длина, м	173	209
Ширина, м	34	47
Осадка, м	10,5	13
Мощность на валах, МВт	60	120
Скорость на чистой воде, узлов	22	20
Ледопроездимость (толщина льда, преодолеваемая со скоростью 1,5 – 2 узла), м	2,9	4,3
Численность экипажа, человек	53	60
Капитальные затраты, млрд руб.	37 – 52*	127
Эксплуатационные затраты, млн. руб./сут	3 – 4*	4 – 5*
Ядерная энергетическая установка	РИТМ-200	РИТМ-400
Тепловая мощность, МВт	2×175	2×315
КИУМ (требование ТЗ на РУ)	0,65	0,65
Период непрерывной работы, час	26 000	26 000
Назначенный энергоресурс активной зоны, ТВт·ч	4,5 – 7,0	6,0
Обогащение топлива, %**	17,5 – 19,7	17,5 – 19,7
Глубина выгорания топлива, МВт·сут/кг (г <sup>235</sup> U/МВт·сут)	77 (2,3)	77* (2,3)*
Период между перегрузками топлива, лет	4,5 – 7	6 – 10
Назначенный срок службы, лет	40	40
Период строительства, лет	6*	8*
* Ориентировочные данные. ** В [8] указана средняя массовая доля <sup>235</sup> U в уране 46,7% (РИТМ-200) и 53,8% (РИТМ-400)		

Коммерческое освоение Арктики подразумевает, что арктические перевозки грузов по СМП должны быть конкурентоспособны с перевозками грузов вокруг Евразии по южным морям. Затраты на осуществление ледокольной проводки являются дополнительным экономическим бременем при проведении транспортных операций [14 – 17]. В настоящее время тарифы на ледокольную проводку судов дифференцируются с учетом ледового класса и валовой вместимости судна, расстояния и зональности проводки, периода навигации (летне-осенний или зимне-весенний) [15 – 17]. Однако, как отмечено в [14], «до сих пор не было опубликовано внятного анализа затрат-выгод от круглогодичной эксплуатации морского пути». В работе [14] предпринята попытка оценить объем перевозок и уровень тарифов для покрытия операционных и капитальных затрат на ледокольный флот в целом.

Цель работы – построение экономико-аналитической модели для оценки микроэкономических критериев эффективности (прибыльности) инвестиций в проекты атомных ледоколов СМП на основании ранее разработанной методики НИЯУ МИФИ [18, 19], включая определение выручки и периода окупаемости ледокола, внутренней нормы доходности, минимально допустимых тарифов и объемов перевозок в зависимости от капитальных и эксплуатационных затрат ледокола.

### КРИТЕРИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНВЕСТИЦИЙ В АТОМНЫЙ ЛЕДОКОЛ

Главным микроэкономическим критерием эффективности инвестиционного проекта, характеризующим его прибыльность, служит чистый дисконтированный доход  $NPV$  – по существу, приведенная к некоторому моменту времени  $T_c$  чистая дисконтированная прибыль, накопленная за период жизненного цикла проекта – периоды сооружения ледокола и его эксплуатации [18, 19]. Задачей инвестора является нахождение инженерно-экономических параметров проекта (ледокола), определяющих ежегодные затраты и доходы, при которых чистый дисконтированный доход имеет наибольшее положительное значение. При  $NPV < 0$  проект убыточен. В работе [18] суммированием затрат и доходов (выручки) с учетом их разновременности получена новая наглядная рабочая формула для расчета  $NPV$  при неизменной ставке дисконтирования  $r$  в следующем виде:

$$NPV = -\sum_{t=1}^{T_c} \frac{K_t}{(1+r)^{t-T_c}} + \sum_{t=T_c+1}^{T_c+T_3} \frac{R_t - Y_t}{(1+r)^{t-T_c}} = -K\varphi_c + \frac{R-Y}{r}\varphi_3, \quad K = \sum_{t=1}^{T_c} K_t, \quad (1)$$

где  $K$  – суммарные капитальные затраты (руб.) за период сооружения ледокола  $T_c$  лет;  $R_t$  и  $R$  – текущая и среднегодовая (за все время эксплуатации) выручка, руб./г.;  $Y_t$  и  $Y$  – текущие и среднегодовые эксплуатационные затраты, руб./г. Безразмерные коэффициенты приведения  $\varphi_c$  и  $\varphi_3$  учитывают соответственно периоды строительства  $T_c$  и эксплуатации  $T_3$  ледокола и определяются формулами, вытекающими из определения средневзвешенной величины:

$$\varphi_c = \frac{1}{K} \sum_{t=1}^{T_c} \frac{K_t}{(1+r)^{t-T_c}} \approx \frac{(1+r)^{T_c} - 1}{rT_c}; \quad (2)$$

$$\varphi_3 = \frac{r}{R-Y} \sum_{t=T_c+1}^{T_c+T_3} \frac{R_t - Y_t}{(1+r)^{t-T_c}} \approx 1 - (1+r)^{-T_3}. \quad (3)$$

Правые части выражений (2) и (3) соответствуют базовому варианту при постоянных ежегодных затратах и выручке. Коэффициенты приведения соответствуют привязке момента приведения денежных потоков к началу эксплуатации ледокола и указывают на отличие реального проекта от «идеального», для которого  $\varphi_c = \varphi_3 = 1$ . Например, при восьмилетнем строительстве ледокола, 40-летней эксплуатации и ставке дисконтирования 5%/г. из выражений (2) и (3) получаем коэффициенты приведения  $\varphi_c = 1,19$  и  $\varphi_3 = 0,86$ .

Из математического определения  $NPV$  вытекают три вспомогательных, но популярных и важных для анализа критерия конкурентоспособности: внутренняя норма доходности  $IRR$ , приведенная (минимальная) выручка ледокола  $LR$  (Levelized Revenue) и дисконтированный период окупаемости  $\Theta$ , отсчитываемый от начала эксплуатации ледокола. Величина  $IRR$  служит ограничением сверху на ставку дисконтирования (доходность проекта  $r < IRR$ ) и, соответственно, на процентную ставку привлеченных финансовых ресурсов (кредита) и определяется из условия  $NPV(r = IRR) = 0$  выражениями

$$IRR \cdot \varphi_c(r = IRR) / \varphi_3(r = IRR) = IRR_0; \quad IRR_0 = (R - Y) / K. \quad (4)$$

Здесь  $IRR_0$  (1/г. или %/г.) – внутренняя норма доходности «идеального проекта» (при  $\varphi_c = \varphi_3 = 1$ ), равная отношению среднегодовой прибыли к капитальным затра-

там, причем  $IRR < IRR_0$ . Например, при  $IRR_0 = 12,8\%/г.$ ,  $T_c = 8$  лет и  $T_3 = 40$  лет получаем  $IRR = 9\%/г.$  Чем выше  $IRR$ , тем устойчивее проект и тем больше возможностей найти необходимое количество кредитных предложений на рынке. Как следует из (4), внутренняя норма доходности тем больше, чем больше среднегодовая прибыль  $R - Y$  и чем меньше капитальные затраты  $K$ .

Минимально возможная среднегодовая выручка ледокола  $LR$  (руб./г.), при которой проект безубыточен и  $NPV = 0$ , определяется из выражения (1) в виде

$$LR = AK + Y; \quad A = r\varphi_c/\varphi_3, \quad (5)$$

где  $A$  – эффективная норма амортизации капитальных затрат,  $A > r$ . Величину  $AK + Y$  называют приведенными годовыми затратами, состоящими из капитальной  $AK$  и эксплуатационной  $Y$  составляющих. Следовательно, минимальная среднегодовая выручка ледокола численно равна приведенным затратам. При такой выручке затраты на ледокол окупаются в конце его жизненного цикла, т.е. через  $T_3 \approx 40$  лет после начала эксплуатации.

Если кредитор требует возврата инвестиций через  $\Theta < T_3$  лет после начала эксплуатации ледокола, то в течение этого периода времени  $\Theta$  величина выручки должна быть выше (5) согласно формуле [18]

$$LR_\Theta = \begin{cases} A_\Theta K + Y, & T_c \leq t \leq T_c + \Theta; \\ Y, & t > T_c + \Theta. \end{cases} \quad (6)$$

Здесь эффективная норма амортизации капитальных затрат в период  $\Theta$  возврата инвестиций  $A_\Theta = r\varphi_c/\varphi_\Theta$ , где  $\varphi_\Theta = \varphi_3(\Theta) = 1 - (1 + r)^{-\Theta}$ , превышает величину  $A$  в (5), поскольку  $\varphi_\Theta < \varphi_3$  при прочих равных условиях. Например, при  $\Theta = 15$  лет,  $r = 5\%/г.$ ,  $T_c = 8$  лет,  $T_3 = 40$  лет получаем  $\varphi_\Theta = 0,519$  и  $A_\Theta = 11,5\%/г.$   $> A = 6,9\%/г.$ , т.е. капитальная составляющая приведенных затрат увеличивается почти в два раза. После расчетов с кредитором ( $t > T_c + \Theta$ ) ледокол работает без прибыли («сам на себя») с выручкой, равной эксплуатационным затратам, что требует определение  $LR$ , соответствующее  $NPV = 0$ . Из сравнения выражений (4) и (5) следует, что для прибыльности проекта внутренняя норма доходности  $IRR_0$  должна превышать норму амортизации  $A$ .

Дисконтированный период окупаемости инвестиций в ледокол определяется в общем случае последовательным расчетом  $NPV$  как функции времени реализации проекта. Из правой части выражения (1) при коэффициентах приведения (2) и (3) получаем аналитическое выражение для оценки периода окупаемости  $\Theta$  (после начала эксплуатации ледокола):

$$\Theta = -\ln(1 - r\varphi_c/IRR_0)/\ln(1 + r). \quad (7)$$

Например, при  $IRR_0 = 15\%/г.$  период окупаемости ледокола  $\Theta$  составит 10 лет, если ставка дисконтирования не превышает  $5\%/г.$  Как видно, условия прибыльности проекта требуют низких ставок дисконтирования и, соответственно, дешевых кредитов.

Таким образом, с помощью выражений (1) – (7) можно аналитически оценить основные критерии прибыльности проектов ледоколов. Требования к ключевым факторам, влияющим на прибыльность проектов ледоколов (высокие положительные значения  $NPV$  и внутренней нормы доходности  $IRR$ , минимальные выручка  $LR$  и период окупаемости  $\Theta$ ), таковы: снижение капитальных и эксплуатационных затрат и сроков сооружения ледоколов, а также облегчение доступа к дешевому финансированию (низким ставкам дисконтирования).

### **ОЦЕНКИ КРИТЕРИЕВ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНВЕСТИЦИЙ В ЛЕДОКОЛЫ ТИПА «ЛИДЕР»**

Согласно [12], на восьмилетний цикл строительства ледокола ( $T_c = 8$  лет) выделяется из бюджета  $K = 127$  Груб. (Груб. =  $1 \cdot 10^9$  руб.), т.е. ледоколы «Лидер» являются самыми дорогими гражданскими судами в России. Среднегодовые капиталь-

ные затраты принимаем на уровне  $K_t = K/T_c \approx 15,9$  Груб./г. Капитальные затраты, как правило, возрастают с увеличением сроков строительства ледокола. Для определенности положим  $K = 15,9T_c$ . Эксплуатационные затраты ледоколов обнаружить в литературе не удалось. Приводятся оценки суточной аренды атомного ледокола в 3 – 5 Мруб./сут (Мруб. =  $1 \cdot 10^6$  руб.) [14]. В работе [15] приведены годовые эксплуатационные расходы ледокола «Лидер» в размере 2,9 Груб./г. ( $\approx 7,94$  Мруб./сут). Строго говоря, следует различать постоянные и переменные эксплуатационные затраты (издержки), но такой информации в открытой литературе нет. Поскольку ледокол нуждается в обслуживании круглый год, поэтому принимаем среднегодовые эксплуатационные затраты  $Y = 4 \times 365 \approx 1,5$  Груб./г., включая затраты на топливные перегрузки, происходящие раз в 6 – 10 лет. Согласно документу «РД 31.21.86-82. Нормативы времени на перегрузку активной зоны реакторов», актуализированному 01.01.2021, перегрузка реактора занимает не более 35-ти суток [20].

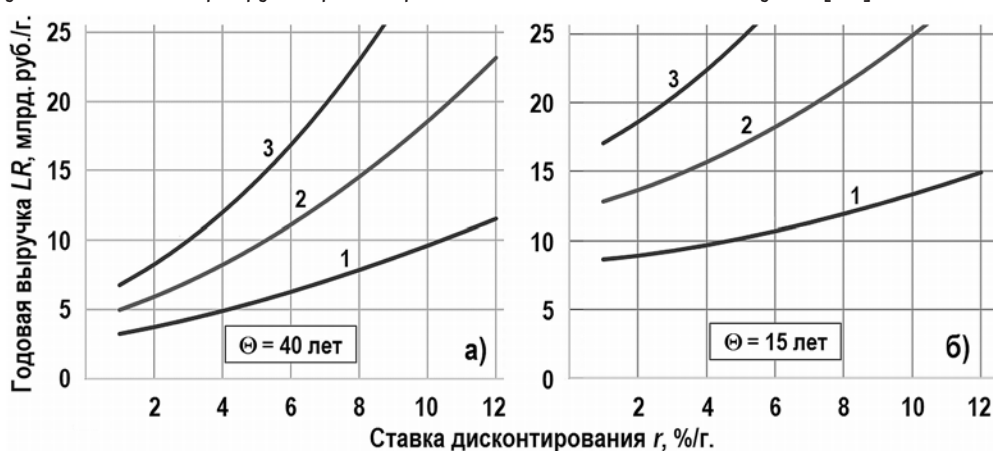


Рис. 1. Минимально необходимая годовая выручка ледокола типа «Лидер» в зависимости от периода строительства  $T_c = 4 - 10$  лет, капитальных затрат  $K = 64 - 159$  Груб., ставки дисконтирования  $r = 1 - 11\%/г.$  и периода возврата инвестиций  $\Theta = 40$  лет (а) и 15 лет (б) при среднегодовых капитальных затратах  $K/T_c = 15,9$  Груб./г. и эксплуатационных затратах  $Y = 1,5$  Груб./г. Расчет по формулам (5) и (6). 1 –  $T_c = 4$  года,  $K = 64$  Груб.; 2 –  $T_c = 7$  лет,  $K = 111$  Груб.; 3 –  $T_c = 10$  лет,  $K = 159$  Груб.

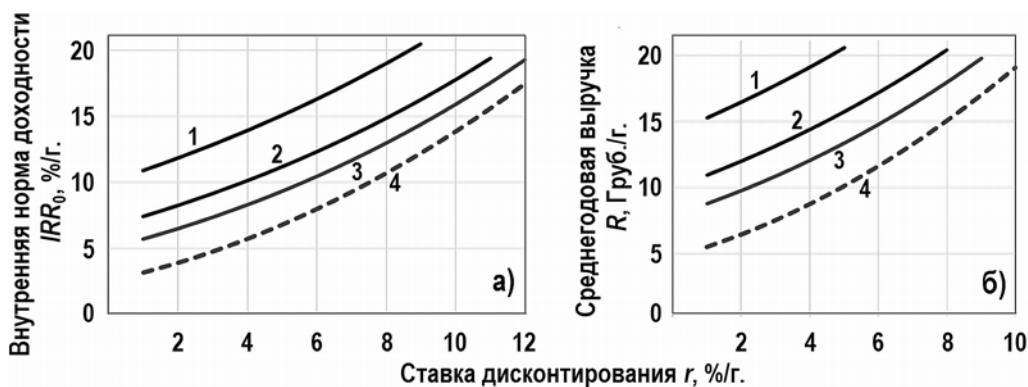


Рис. 2. Зависимость внутренней нормы доходности  $IRR_0$  (а) и среднегодовой выручки  $R$  (б) ледокола от дисконтированного периода окупаемости  $\Theta$  и ставки дисконтирования  $r$  при  $K = 127$  Груб.,  $Y = 1,5$  Груб./г.,  $T_c = 8$  лет,  $T_s = 40$  лет и  $NPV = 0$ . Расчет по формулам (7) и (4). 1 –  $\Theta = 10$  лет; 2 –  $\Theta = 15$  лет; 3 –  $\Theta = 20$  лет; 4 –  $\Theta = 40$  лет

Используя приведенные исходные данные, оценим минимальную выручку, необходимую для безубыточности эксплуатации ледокола, по формулам (5), (6). Как следует из рис. 1, минимальная выручка быстро возрастает с увеличением капитальных затрат, сроков строительства и ставки дисконтирования, а также с уменьшени-



ем периода возврата инвестиций (кредита). Так, при ставке дисконтирования 2 – 3%/г., стоимости ледокола 111 Груб., периоде строительства семь лет и периоде возврата инвестиций 15 лет (средняя кривая на рис. 1б) проект ледокола будет прибыльным, если ежегодная выручка превышает 13,5 – 14,5 Груб./г. Столь низкие ставки дисконтирования указывают на невозможность найти кредиты на капитальные затраты ледокола в коммерческих банках. Затягивание сроков и увеличение стоимости строительства существенно ухудшают перспективы окупаемости ледокола.

Если в выражении (7) считать заданным дисконтированный период окупаемости  $\Theta$  (лет), то можно определить зависимость минимально допустимой внутренней нормы доходности  $IRR_0$  от  $\Theta$  и ставки дисконтирования (рис. 2а), а по определенной величине  $IRR_0$  оценить из формулы (4) зависимость от  $\Theta$  и  $r$  минимально допустимой среднегодовой выручки  $R = IRR_0 K + Y$  (рис. 2б). Как видно, минимально допустимая выручка ледокола быстро увеличивается с ростом ставки дисконтирования и уменьшением периода окупаемости инвестиций. Как и в предыдущем случае, при низких ставках дисконтирования 2 – 3%/г., стоимости ледокола 127 Груб., периоде строительства восемь лет и периоде окупаемости менее 20-ти лет проект ледокола будет прибыльным, если ежегодная выручка превысит 10 – 11 Груб./г. (рис. 2б). Поскольку выручка ледокола является финансовым обременением судов, транспортирующих грузы по СМП, то для повышения конкурентоспособности СМП выручка ледоколов должна быть минимизирована, но достаточна для обеспечения рентабельной работы ледокола.

### ОЦЕНКА ОБЪЕМОВ И ТАРИФОВ ПЕРЕВОЗКИ ГРУЗОВ

Годовая выручка ледокола зависит от массы перевозимых грузов и тарифов на ледокольную проводку судов с грузами. Ледоколы типа «Лидер» смогут преодолевать сплошные льды толщиной более четырёх метров и образовывать судоходный канал шириной до 50-ти метров, что позволяет проводить суда с большой вместимостью грузов – массой до 175 кт, например, контейнеровозы вместимостью до 14 тыс. TEU (TEU от англ. Twenty-foot Equivalent Unit – двадцатифутовый эквивалент – условная единица измерения вместимости контейнеровозов и контейнерных терминалов, основанная на объёме 20-футового контейнера с загрузкой около 14,5 т, который может транспортироваться различными видами транспорта) или танкеры со сжиженным природным газом вместимостью свыше 100 кт.

Ледокол «Лидер» сможет проводить в 2-метровом льду суда с такой вместимостью ледового класса не ниже Arc7 со скоростью до 12-ти узлов (1 узел = 1,852 км/ч). Максимальная скорость судов в летне-осенний период навигации (с 1 июля по 30 ноября) может составлять 17 – 19 узлов. Однако в зимне-весенний период (с 1 декабря по 30 июня) скорость может снижаться до шести узлов и ниже. На количество судов в караване ледокола и скорость движения каравана влияет сплоченность льда, которую представляют в баллах: 0 – чистая вода, 10 – сплошной лед. Сплоченность льда характеризует покрытие поверхности воды льдом (от 0 до 100%). Чем выше сплоченность льда, тем меньше судов в караване. Обычно в караване не более 10-ти судов.

На объем перевозимых по СМП грузов влияет длительность эксплуатации ледокола в течение календарного года. По некоторым оценкам в среднем каждый ледокол используется 9,5 месяцев в году (289 сут). При коэффициенте использования установленной мощности реактора РИТМ-400 65% (КИУМ, табл. 2) ледокол может работать не более 237 сут/г. на полной мощности. По данным [21] годовой эффективный фонд эксплуатации ледокола составляет 315 суток, поскольку около 50-ти суток составляет среднегодовая продолжительность ремонтного периода, включаю-

щего в себя, в частности, ежегодное классификационное освидетельствование судна с докованием (стоянкой судна в доке) для освидетельствования подводной части. В литературе отмечается прогрессирующее падение ледопроеходимости ледоколов, связанное с увеличением шероховатости наружной обшивки корпуса вследствие интенсивного коррозионно-эрозионного износа [22, 23].

Тарифы на проводку судов ледоколами применяются в зависимости от вместимости и ледового класса судна, расстояния, на которое осуществляется проводка судна, периода навигации и зоны акватории СМП [16, 17]. Акватория СМП разделена на семь зон [24]. Две самые сложные зоны (шестая и седьмая) с многолетними льдами располагаются в восточной части СМП. В зависимости от ледового класса судна, периода навигации и погодных условий ледокольная проводка может потребоваться либо на отдельных участках, либо на всем протяжении пути. Согласно действующим правилам применения тарифов на ледокольную проводку судов в акватории СМП [17], для судов ледового класса Arc6 – Arc9 вместимостью более 100 тыс. рег. т тариф возрастает с 263 руб./рег. т при проводке через все семь зон в летне-осенний период до 657 руб./рег. т в зимне-весенний период, т.е. возрастает в 2,5 раза.

Таблица 3

**Оценки производственных характеристик ледокола типа «Лидер» за календарный год работы на СМП**

Период навигации	Летне-осенний (1 июля – 30 ноября), 153 сут	Зимне-весенний (1 декабря – 30 июня), 212 сут
Число рабочих суток ледокола	133	182
Средняя скорость проводки, узлов	14	8
Время в пути (в одном направлении)*, сут	9	16
Число круговых рейсов (туда и обратно) за год	7	5
Число судов в караване	10	5
Средняя валовая вместимость судна**, рег. т	100 000	100 000
Объем перевозки грузов за год (туда и обратно)***, млн. рег. т/г.	14	5
Средний тариф на ледокольную проводку судов, руб./рег. т	265	665
Годовая выручка, Груб./г.	3,7	3,3
<b>Суммарная годовая выручка, Груб./г.</b>	<b>7</b>	
* Длина СМП от Карских Ворот до бухты Провидения – около 5600 км (3024 мили).		
** Вместимость судна исчисляется в регистровых тоннах – единица объема входящих в обмер помещений, 1 рег. т = 2,83 м <sup>3</sup> .		
*** При одинаковой загрузке судов в прямом и обратном направлениях.		

Как видно, прогнозирование выручки ледокола от сопровождения судов на СМП является многопараметрической задачей, требующей большого объема конкретной информации, отсутствующей в литературе. Для аналитических оценок выручки ледокола воспользуемся оптимистическими данными, приведенными в табл. 3. Принимаем число рабочих суток ледокола 315, из которых 133 в летне-осенний период (на 20 суток меньше календарного периода) и 182 сут в зимне-



весенний период (на 30 сут меньше календарного).

Соответственно, при средней скорости проводки 14 и 8 узлов, количестве судов в караване 10 и 5, средних тарифах 265 и 665 руб./рег. т на ледокольную проводку судов ледового класса Arc6 – Arc9 при валовой вместимости судов 100 тыс. рег. т годовая выручка ледокола составит 10,3 Груб./г., если принять, что суда полностью загружены в обоих направлениях СМП. Интересно, что почти 2/3 выручки ледокола типа «Лидер» приходится на наиболее сложный зимне-весенний период. Это связано с более высокими тарифами и большей продолжительностью этого периода навигации. Интересно, что выручка в наиболее сложный зимне-весенний период практически совпадает с выручкой в летне-осенний период несмотря на заметную разность числа рейсов (семь и пять). Это связано с более высокими тарифами и большей продолжительностью навигационного периода. Отметим для сравнения, что в мире массовые грузы идут со скоростью около 14 узлов по чистой воде.

Если сравнить оцененную в табл. 3 выручку с минимально необходимой для рентабельности ледокола, представленной на рис. 2б, то можно заключить, что даже при весьма оптимистических производственных характеристиках ледокола типа «Лидер», взятых из этой таблицы, период его окупаемости близок к периоду эксплуатации при очень низких ставках дисконтирования. Один ледокол участвует в проводке 19-ти млн. рег. т в год при полной загрузке судов в обе стороны. Три ледокола могут обеспечить проводку 57-ми млн. рег. т в год. Если в обратном направлении суда идут порожняком, то объем перевозимых грузов и выручка ледокола сокращаются вдвое, что делает проект убыточным (в правилах применения тарифов говорится о вместимости судов, а не об их реальной загрузке). Затраты каждого судна на проводку по СМП (в одну сторону) составляют более 26 Мруб./рейс в летне-осенний период и 66 Мруб./рейс в зимне-весенний период. Варьируя параметры в табл. 3, можно при заданных тарифах оценивать объем и стоимость проводки грузов и выручку ледокола либо по заданному объему перевозок формировать тариф на проводку.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Предложена экономико-аналитическая модель для оценки микроэкономических критериев эффективности (прибыльности) инвестиций в проекты инновационных атомных ледоколов Северного морского пути. Модель основана на оригинальном аналитическом представлении широко используемой в международной практике методики прогнозирования эффективности инвестиционных проектов. Из математического выражения для чистого дисконтированного дохода получены удобные формулы для расчета таких критериев эффективности инвестиций в атомные ледоколы, как внутренняя норма доходности, минимальная годовая выручка ледокола от проводки судов, дисконтированный период окупаемости ледокола.

Показано, что при высоких капитальных затратах, характерных для строительства атомных ледоколов типа «Лидер», минимально допустимая выручка ледокола, являющаяся финансовым обременением судов, транспортирующих грузы по СМП, быстро увеличивается с ростом ставки дисконтирования и уменьшением периода окупаемости инвестиций. Это означает, что рентабельность ледоколов возможна при низких ставках дисконтирования 2 – 3%/г., т.е. при крайне дешевых кредитах. Даже при столь дешевых кредитах и весьма оптимистических производственных характеристиках ледокола (высокая скорость проводки, большое число судов в караване и их вместимость) период окупаемости превысит 25 лет.

Дальнейшее исследование предполагает усложнение представленной экономико-аналитической модели в направлении учета рисков увеличения периода окупаемости ледокола из-за развития инфляционных процессов в российской экономике, в том чис-

ле и из-за повышения волатильности валютного курса рубля, а также вследствие затягивания сроков производства серийных судов для СНП из-за низких темпов перевооружения производственно-технологической базы российского судостроения.

### **Литература**

1. *Кашка М.М., Ирлица Л.А., Ефанская Е.А. и др.* Роль атомного ледокольного флота в достижении национальной задачи по увеличению объема грузопотока в акватории Северного морского пути. // Арктика: экология и экономика. 2021. Т. 11. № 1. С. 101-110.
2. *Кашка М.М., Смирнов А.А., Головинский С.А. и др.* Перспективы развития атомного ледокольного флота. // Арктика: экология и экономика. – 2016. – № 3 (23). – С. 98-107.
3. *Рукша В.В., Головинский С.А., Белкин М.С.* Ледокольное обеспечение крупнейших национальных арктических углеводородных проектов. // Арктика: экология и экономика. 2016. № 4 (24). С. 109-113.
4. *Князевский К.Ю.* Развитие атомного ледокольного флота для обеспечения крупнейших национальных Арктических проектов. / Атомфлот. Презентация. Петербург, 20-21 июня 2019. Электронный ресурс: <https://www.nevainter.com/files/File/2019/programm/material/1809/atomflot.pdf> (дата доступа 10.04.2021).
5. *Саркисов А.А., Смоленцев Д.О., Антипов С.В. и др.* Экономическая эффективность и возможности применения атомных энергоисточников мегаваттного класса в Арктике. // Арктика: экология и экономика. – 2018. – № 1 (29). – С. 4-14.
6. *Фролов И.Э.* Освоение российской зоны Арктики: проблемы воссоздания транспортной и военной инфраструктур. // Проблемы прогнозирования. – 2015. – № 6. – С. 67-74.
7. Итоги деятельности государственной корпорации по атомной энергии «Росатом». Годовые отчеты за 2017-2020 гг. Электронный ресурс: <https://rosatom.ru/about/gosudarstvennye-uslugi/otchetnost-fz-goskorporatsii-rosatom/> (дата доступа 10.04.2021).
8. *Фролов И.Э.* Оценка развития российского высокотехнологичного комплекса в условиях низкой инфляции и ограниченности господдержки. // Проблемы прогнозирования. – 2019. – № 4. – С. 3-15.
9. Федеральный закон от 20 апреля 2021 г. № 94-ФЗ «О внесении изменения в статью 51 Кодекса торгового мореплавания Российской Федерации». // Российская газета. – 2021. – № 88 (8439). Электронный ресурс: <https://rg.ru/2021/04/23/moreplavanie-dok.html> (дата доступа 10.04.2021).
10. *Зверев Д.Л., Фадеев Ю.П., Пахомов А.Н. и др.* Реакторные установки для атомных ледоколов. Опыт создания и современное состояние. // Атомная энергия. – 2020. – Т. 129. – Вып 1. – С. 29-37.
11. РИТМ. Реакторные установки для атомных ледоколов и оптимизированных плавучих энергоблоков. – Н.Новгород: АО «ОКБМ Африкантов», 2020. – 12 с.
12. Постановление правительства РФ № 11 от 15.01.2020. Об осуществлении бюджетных инвестиций в строительство головного атомного ледокола проекта 10510 «Лидер». Электронный ресурс: <http://government.ru/docs/all/125813/> (дата доступа 10.04.2021).
13. *Князевский К.Ю., Фадеев Ю.П., Пахомов А.Н. и др.* Проектные решения реакторной установки РИТМ-200, предназначенные обеспечить экологически безопасную и экономически эффективную эксплуатацию универсального атомного ледокола на арктических трассах. // Арктика: экология и экономика. – 2014. – № 3 (15). – С. 86-91.
14. *Му А.* Экономика Арктики: чего не хватает? Пример Северного морского пути. // ЭКО. – 2020. – № 12. – С. 62-83.
15. *Загородников М.А.* Совершенствование тарифов на ледокольную проводку. // Управленческое консультирование. – 2017. – № 6. – С. 127-132.
16. Приказ Федеральной службы по тарифам (ФСТ России) № 45-т/1 от 04.03.2014. Об

утверждении тарифов на ледокольную проводку судов, оказываемую ФГУП «Атомфлот» в акватории Северного морского пути. Электронный ресурс: [http://www.rosatomflot.ru/img/all/2\\_0\\_prikaz\\_45\\_t\\_1\\_ot\\_04\\_03\\_14.pdf](http://www.rosatomflot.ru/img/all/2_0_prikaz_45_t_1_ot_04_03_14.pdf) (дата доступа 10.04.2021).

17. Приложение к приказу Федеральной службы по тарифам от 04.03.2014 № 46-т/2. Правила применения тарифов на ледокольную проводку судов в акватории Северного морского пути. Электронный ресурс: <https://minjust.consultant.ru/documents/9542?items=1&page=3> (дата доступа 10.04.2021).

18. Харитонов В.В., Косолапов Н.В., Ульянов Ю.А. Прогнозирование эффективности инвестиций в многоблочные электростанции. // Вестник НИЯУ МИФИ. – 2018. – Т. 7. – № 6. – С. 545-562.

19. Харитонов В.В. Динамика развития ядерной энергетики. – М.: НИЯУ МИФИ, 2014. 328 с.

20. РД 31.21.86-82 Нормативы времени на перегрузку активной зоны реакторов. Электронный ресурс: <https://meganorm.ru/Index2/1/4293745/4293745560.htm> (дата доступа 10.04.2021).

21. Загородников М.А. Развитие транспортной инфраструктуры Северного морского пути (СМП) // Корпоративное управление и инновационное развитие экономики Севера: Вестник Научно-исследовательского центра корпоративного права, управления и венчурного инвестирования Сыктывкарского государственного университета. – 2017. – № 2. – С. 68-73.

22. Цой Л., Легостаев Ю., Кузьмин Ю. Ледокол XXI века или ржавый утюг? Электронный ресурс: <http://www.morvesti.ru/themes/1700/55563/> (дата доступа 10.04.2021).

23. Нестеров Н.М. Ледокольное обеспечение в Западной Арктике. Проблемы и решения. Электронный ресурс: <http://sstc.spb.ru/nauchnye-publikacii.pdf> (дата доступа 10.04.2021).

24. Баженов М., Ветрова А. Перспективы и неопределенности развития Северного морского пути. Электронный ресурс: <http://www.morvesti.ru/themes/1698/81094/> (дата доступа 10.04.2021).

Поступила в редакцию 17.04.2021 г.

**Авторы:**

Клауз Артём Вадимович, магистрант

E-mail: [Uni.klauz@gmail.com](mailto:Uni.klauz@gmail.com)

Фролов Игорь Эдуардович, профессор, зав. лаб. ИНП РАН, д-р. экон. наук,

E-mail: [frolovector@gmail.com](mailto:frolovector@gmail.com)

Харитонов Владимир Витальевич, профессор, д-р. физ.-мат. наук

E-mail: [vvkharitonov@merphi.ru](mailto:vvkharitonov@merphi.ru)

Шаева Александра Андреевна, магистрант

E-mail: [sfshulka\\_94@mail.ru](mailto:sfshulka_94@mail.ru)

## METHODOLOGY FOR CALCULATING THE CRITERIA OF ECONOMIC EFFICIENCY OF INVESTMENTS IN NUCLEAR ICEBREAKERS

Klauz A.V.\*, Frolov I.E.\*,\*\*, Kharitonov V.V.\*, Shaeva A.A.\*

\* National Research Nuclear University MEPhI

31 Kashirskoe Hwy, 115409 Moscow, Russia

\*\* Institute of Economic Forecasting, Russian Academy of Sciences,  
47 Nakhimovsky Ave, 117418 Moscow, Russia

### ABSTRACT

The authors propose an economic and analytical model for evaluating the criteria of efficiency (profitability) of investments in the projects of innovative nuclear icebreakers of the Northern Sea Route. The model is based on the new analytical representation of the methodology for forecasting the investment project efficiency that is widely used in international practice. The mathematical expression for the net discounted income provides convenient formulas for calculating several investment efficiency criteria for nuclear icebreakers: internal rate of return, minimum annual revenues from icebreaker convoys, discounted payback period, and the sheer volume of delivered cargo. The paper gives estimates of the criteria for the efficiency of investments in *Leader* class icebreakers that depend on the discount rate of cash flows, capital, and operating costs. It is shown that at such high capital costs, typical for construction of *Leader* class nuclear icebreakers, the minimum allowable revenue of an icebreaker is a financial burden for ships transporting cargo along the NSR, which also increases rapidly with the growth of discount rate and the reduction of investment payback period. This means that the profitability of the icebreakers is only possible at low discount rates of 2 – 3% per year, that is, at extremely low interest credit. Even with low interest and very optimistic production characteristics of the icebreaker (high speed of navigation, large number of ships in the caravan and their capacity) the payback period will exceed 25 years.

**Key words:** Northern Sea Route (NSR), nuclear icebreakers, capital and operating costs, revenues, investment efficiency criteria, ship escort tariffs

### REFERENCES

1. Kashka M.M., Irlica L.A., Efanskaya E.A., Matviyshina K.A., Golovinskij S.A. The role of the nuclear icebreaker fleet in achieving the national task of increasing the volume of cargo traffic in the water area of the Northern Sea Route. *Arktika: Ekologiya i Ekonomika*. 2021, no. 1, pp. 101-110 (in Russian).
2. Kashka M.M., Smirnov A.A., Golovinskij S.A., Vorob'ev V.M., Ryzhkov A.V., Babich E.M. Prospects for the development of the nuclear icebreaker fleet. *Arktika: Ekologiya i Ekonomika*. 2016, no. 3, pp. 98-107 (in Russian).
3. Ruksha V.V., Golovinskij S.A., Belkin M.S. Icebreaking support for the largest national Arctic hydrocarbon projects. *Arktika: Ekologiya i Ekonomika*. 2016, no. 4, pp. 109-113 (in Russian).
4. Knyazevskij K. Yu. Development of the nuclear icebreaker fleet to support the largest national Arctic projects. Available at <https://www.nevatinter.com/files/File/2019/material/1809/atomflot.pdf> (accessed Apr. 10, 2021) (in Russian).
5. Sarkisov A.A., Smolentsev D.O., Antipov S.V., Bilashenko V.P., Shvedov P.A. Economic efficiency and possibilities of using nuclear power sources of megawatt class in the Arctic. *Arktika: Ekologiya i Ekonomika*. 2018, no.1, pp. 4-14 (in Russian).
6. Frolov I.E. Development of the Russian Arctic Zone: Problems of Reconstruction of

- Transport and Military Infrastructures. *Problemy Prognozirovaniya*. 2015, no. 6, pp.67-74 (in Russian).
7. ROSATOM Key Results. Annual Reports 2015-2020. Available at: <https://rosatom.ru/about/gosudarstvennye-uslugi/otchetnost-fz-goskorporatsii-rosatom/> (accessed Apr. 10, 2021) (in Russian).
8. Frolov I.E. Russian high-technology complex under low inflation and government support limitation: the condition, capacity and tendencies for development. *Problemy Prognozirovaniya*. 2019, no. 4, pp. 3-15 (in Russian).
9. Federal Law No. 94-FZ, April 20, 2021. About Making Changes to the Article 51 Code of Merchant Shipping of the Russian Federation. *Rossiyskaya Gazeta*. No. 88(8439), April 23, 2021. Available at: <https://rg.ru/2021/04/23/moreplavanie-dok.html> (in Russian).
10. Zverev D.L., Fadeev Yu.P., Pakhomov A.N., Galickih V.Yu., Polunichev V.I., Veshnyakov K.B., Kabin, S.V. Turusov A.Yu. Reactor installations for nuclear icebreakers. Creation experience and modern state. *Atomnaya Energiya*. 2020, v. 129, iss. 1, pp. 29-37 (in Russian).
11. RITM. *Reactor Plants for Nuclear Icebreakers and Optimized Floating Power Units*. Nizhny Novgorod. JSC «Afrikantov OKBM» Publ., 2020, 12 p. (in Russian).
12. Resolution of the Government of the Russian Federation No. 11 from Jan. 15, 2020. *On the Implementation of Budgetary Investments in the Construction of the Lead Nuclear Icebreaker of Project 10510 «Leader»*. Available at: <http://government.ru/docs/all/125813/> (accessed Apr. 04, 2021) (in Russian).
13. Knyazevskij K.Yu., Fadeev Yu.P., Pakhomov A.N., Polunichev V.I., Veshnyakov K.B., Kabin S.V. Design solutions for the RITM-200 reactor facility, designed to ensure environmentally safe and cost-effective operation of a universal nuclear icebreaker on the Arctic routes. *Arktika: Ekologiya i Ekonomika*. 2014, no. 3, pp. 86-91 (in Russian).
14. Mu Aril'd. Arctic Economy: What's Missing? An example of the Northern Sea Route. *EKO*. 2020, no. 12, pp. 62-83 (in Russian).
15. Zagorodnikov M.A. Improvement of tariffs for icebreaker assistance. *Upravlencheskoe Konsul'tirovanie*. 2017, no. 6, pp. 127-132 (in Russian).
16. Order of the Federal Tariff Service (FST Russia) No. 45-t/1 from Mar. 4, 2014. *On the Approval of Tariffs for Icebreaker Assistance of Ships Provided by FSUE Atomflot in the Water Area of the Northern Sea Route*. Available at: [http://www.rosatomflot.ru/img/all/2\\_0\\_prikaz\\_45\\_t\\_1\\_ot\\_04\\_03\\_14.pdf](http://www.rosatomflot.ru/img/all/2_0_prikaz_45_t_1_ot_04_03_14.pdf) (accessed Apr. 04, 2021) (in Russian).
17. Annex to the Order of the Federal Tariff Service dated March 4, 2014 46-t/2. *Rules for the Application of Tariffs for Icebreaker Assistance of Ships in the Water Area of the Northern Sea Route*. Available at: <https://minjust.consultant.ru/documents/9542?items=1&page=3> (accessed Apr. 04, 2021) (in Russian).
18. Kharitonov V.V., Kosolapov N.V., Ul'yanin Yu.A. Forecasting the effectiveness of investments in multi-unit power plants. *Vestnik NIYaU MIFI*. 2018, no. 6, pp. 545-562 (in Russian).
19. Kharitonov V.V. *Nuclear Energy Development Dynamics*. Moscow. NIYaU MIFI Publ., 2014, 328 p. (in Russian).
20. RD 31.21.86-82. *Time Standards for Refueling the Reactor Core*. Available at: <https://meganorm.ru/Index2/1/4293745/4293745560.htm> (accessed 15 Apr. 2021) (in Russian).
21. Zagorodnikov M.A. Development of transport infrastructure of the Northern Sea Route (NSR). *Korporativnoe i Innovatsionnoe Razvitie Ekonomiki Severa: Vestnik Nauchno-Issledovatel'skogo Tsentra Korporativnogo Prava, Upravleniya i Venchurnogo Investirovaniya Syktyvkar'skogo Gosudarstvennogo Universiteta*. 2017, no. 2, pp. 68-73 (in Russian).
22. Tsoy L., Legostaev Yu., Kuz'min Yu. Icebreaker of the XXI century or Rusty Iron? Available at: <http://www.morvesti.ru/themes/1700/55563/> (accessed Apr. 10, 2021) (in Russian).



23. Nesterov N.M. Icebreaking Support in the Western Arctic. Problems and Solutions. Available at: <http://sstc.spb.ru/nauchnue-publikacii.pdf> (accessed Apr. 10, 2021) (in Russian).

24. Bazhenov M., Vetrova A. Prospects and uncertainties of the development of the Northern Sea Route. Available at: <http://www.morvesti.ru/themes/1698/81094/> (accessed Apr. 10, 2021) (in Russian).

**Authors**

Klauz Artyom Vadimivich, Master Student

E-mail: [Uni.klauz@gmail.com](mailto:Uni.klauz@gmail.com)

Frolov Igor Eduardovich, Advanced Professor, Head of Lab IEF RAS, Dr. Sci. (Economic)

E-mail: [frolovector@gmail.com](mailto:frolovector@gmail.com)

Kharitonov Vladimir Vitalievich, Professor, Dr. Sci. (Phys.-Math.)

E-mail: [vvkharitonov@mephi.ru](mailto:vvkharitonov@mephi.ru)

Shaeva Aleksandra Andreevna, Master Student

E-mail: [sfshulka\\_94@mail.ru](mailto:sfshulka_94@mail.ru)