



Освоение Арктического пространства: интересы, моделирование, результаты

Диденко Н.И. Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, профессор, Высшая школа управления и бизнеса, заведующий лабораторией "Системная динамика"

Санкт-Петербург, Россия
e-mail: didenko.nikolay@mail.ru



I. What is the Arctic? What does the Arctic mean?

- a) Arctic: the regions around the North Pole. The Arctic Ocean+ the Circumpolar countries.
- b) Trade Routes: Sea route between Europe and Asia. Potential Air routes through the Arctic.
- c) Arctic Natural Resources, Ecological tours in the Arctic.

II. The Arctic living conditions. How should people live in the Arctic?

It is necessary to limit the activities of people in the Arctic, machines should replace people.

III. The technological background of human replacement.

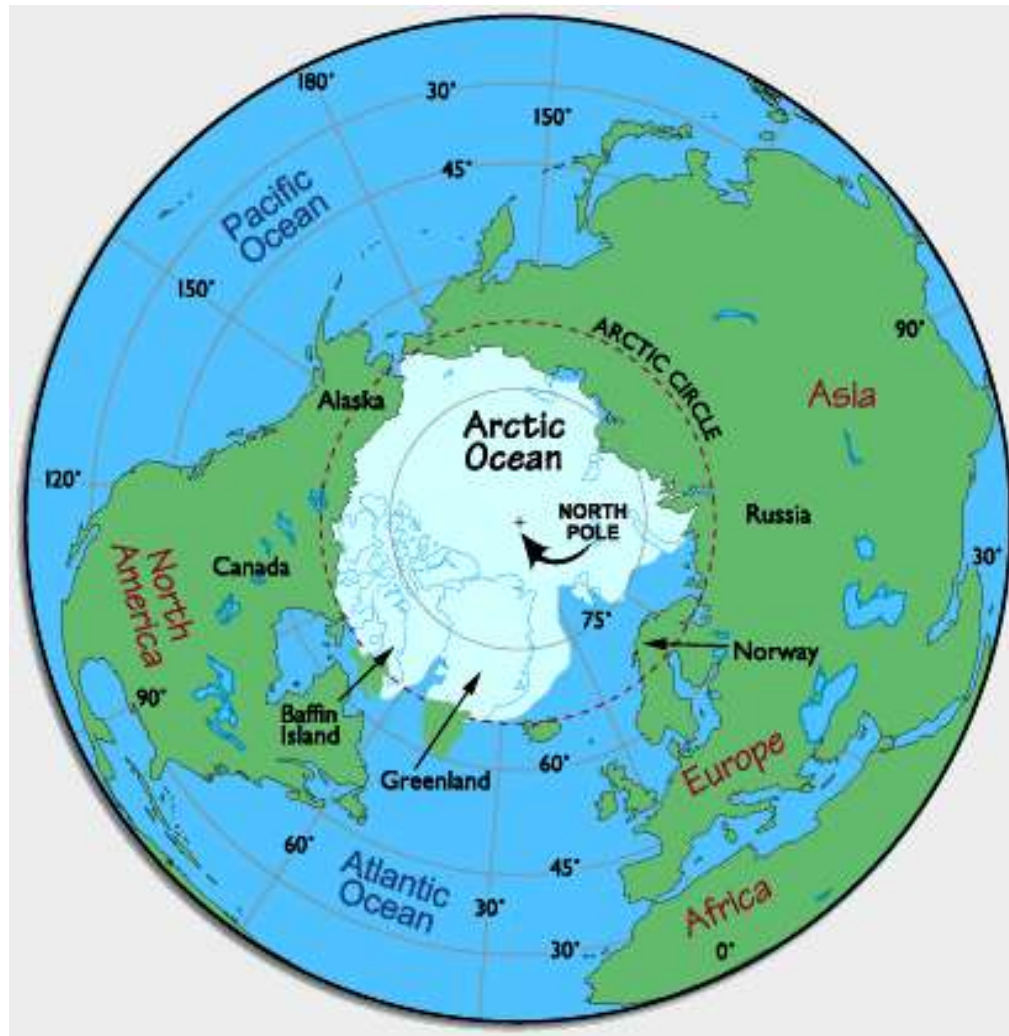
Development of Technological Trends in the World. The Industry IV Technology and the Technological Perspectives of the Arctic Development.

IV. The Position of Laboratory System Dynamics in the Arctic exploration.

The key directions of research in the Arctic of Lab System Dynamics



A. The Arctic is the regions around the North Pole





Секторальное деление Арктики



- Россия
- США
- Канада
- Гренландия, Дания
- Норвегия

Источник: CIA Factbook

19/10/2014





• ***I.Высокий природно-ресурсный потенциал***

- По данным Геологической службы США, подо льдами Арктики залегают около 22% мировых неразведанных ресурсов углеводородов. При этом 84% ресурсов находятся на шельфе Северного Ледовитого океана и лишь 16% - на сухопутной территории арктических государств в пределах Северного полярного круга.

• ***II.Кратчайший морской путь из Европы в Юго-Восточную Азию***

- С таянием морского льда и "открытием" нового океана возникнут планы по использованию новых, более коротких маршрутов через Арктику. Северный морской путь, проходящий через северные моря России. Маршруты непосредственно через Северный полюс в летнее время. Северо-западный проход вдоль берегов Канады.

• ***III.Кратчайшие кроссполярные воздушные маршруты***

- Авиационные трассы, пролегающие над территорией Северного Ледовитого океана и соединяющие Северную Америку со странами Восточной и Юго-Восточной Азии через воздушное пространство России.

• ***IV.Военно-стратегические интересы по-прежнему играют важнейшую роль***

- США стремятся расширить свое присутствие на дальнем Севере в условиях конкуренции с Россией и Китаем", - заявил в январе 2019 года министр ВМС США Ричард Спенсер. Как и некоторые государства, США стремятся к тому, чтобы статус Севморпути, проходящего вдоль арктического побережья России, стал международным. Интересы России в Арктике закрывают «северное» направление в системе геополитических интересов и выполняют задачу обеспечения национальной безопасности страны.



- Oil about 83 billion barrels of oil
- Natural gas about 1550 trillion cubic meters
- Coal 780 billion tons,
- 599 billion tons of them are energy and more than 81 billion tons are coking.
- Mineral Resources.
- The total cost of mineral resources is \$ 30 trillion.
- platinum metals, copper-nickel ores, titanium, tantalum, niobium, rare earth metals, iron, phosphorus, polymetals, fluorite, iron, chromium, manganese, gold, diamonds.
- Science : Arctic Natural Resources Research



Некоторые географические показатели приарктических стран

Страны	Протяженность материкового побережья за полярным кругом, км	Площадь арктического сектора, млн. кв. км	Количество поселений на побережье, ед.	Наличие транспортных подходов к морскому побережью, ед.
Россия	22600	9,3 (44%)	94	7
США	3172	1,7 (8%)	9	2
Канада	5363	4,3 (21%)	12	2
Норвегия	1609	2,7 (13%)	50	3
Дания	5958	3,0 (14%)	12	0



- *Декомпозиция арктического пространства на субпространства*
- *Учёт предыстории процессов*
- *Учёт взаимозависимости процессов*
- *Существование динамики процессов*
- *Учёт влияния внешних факторов*



- 1. Выбор концепции и разработка внешнеэкономической стратегии пространственных образований-муниципальное образование, регион.**
- 2. Обоснование концепции и разработка стратегии научно-технического развития региона в условиях технологических, институциональных и экономических изменений в глобальной экономике.**
- 3. Разработка концепции и методических принципов инновационно-технологической инфраструктуры пространственной экономики.**
- 4. Разработка концепции и разработка стратегии развития компании/предприятия**

Моделирование объектов и процессов Арктики: Построение модели Арктики как сложно структурированного объекта

Модель в виде системы эконометрических уравнений четырех уровней

Процесс в виде ADL – модели

$$\left. \begin{cases} y_t^1 = f(x_t^1, y_t^3, x_t^2, x_t^3, Q_t^n) \\ y_t^2 = f(y_t^3, Q_t^n, x_t^4, x_t^5, x_t^6) \\ y_t^3 = f(Q_t^n, x_t^2, x_t^3, x_t^7, y_{t-1}^3) \\ y_t^4 = f(Q_t^n, y_{t-1}^4, y_t^3, x_t^8, x_t^2) \\ y_t^5 = f(y_t^2, x_t^3, x_t^4, x_t^9, x_t^{10}) \\ y_t^6 = f(Q_t^n, y_t^3, x_t^{11}, x_t^{12}) \end{cases} \right\} \begin{cases} V_t^1 = f(Z_t^1, Y_t^5, Z_t^2, Z_t^3, Z_t^4) \\ V_t^2 = f(Z_t^5, Z_t^6, Z_t^7, Y_t^5) \\ V_t^3 = f(Z_t^5, Z_t^7, Y_t^1, Y_t^2, Y_t^5) \\ V_t^4 = f(Z_t^5, Z_t^6, Z_t^7, Y_t^5) \\ V_t^5 = f(Z_t^6, Z_t^8, Z_t^9, Y_t^3, Y_t^5) \end{cases}$$

$$\left. \begin{cases} Y_t^1 = f(X_t^1, y_t^6, Y_{t-1}^1, Y_t^3) \\ Y_t^2 = f(X_t^1, y_t^6, Y_t^3, x_t^{12}, Y_{t-1}^2) \\ Y_t^3 = f(X_t^2, Y_{t-1}^3, y_t^1, X_t^3) \\ Y_t^4 = f(X_t^4, X_t^5, Y_{t-1}^4, y_t^2) \\ Y_t^5 = f(y_t^6, X_t^5, X_t^6, Y_{t-1}^5) \end{cases} \right\}$$

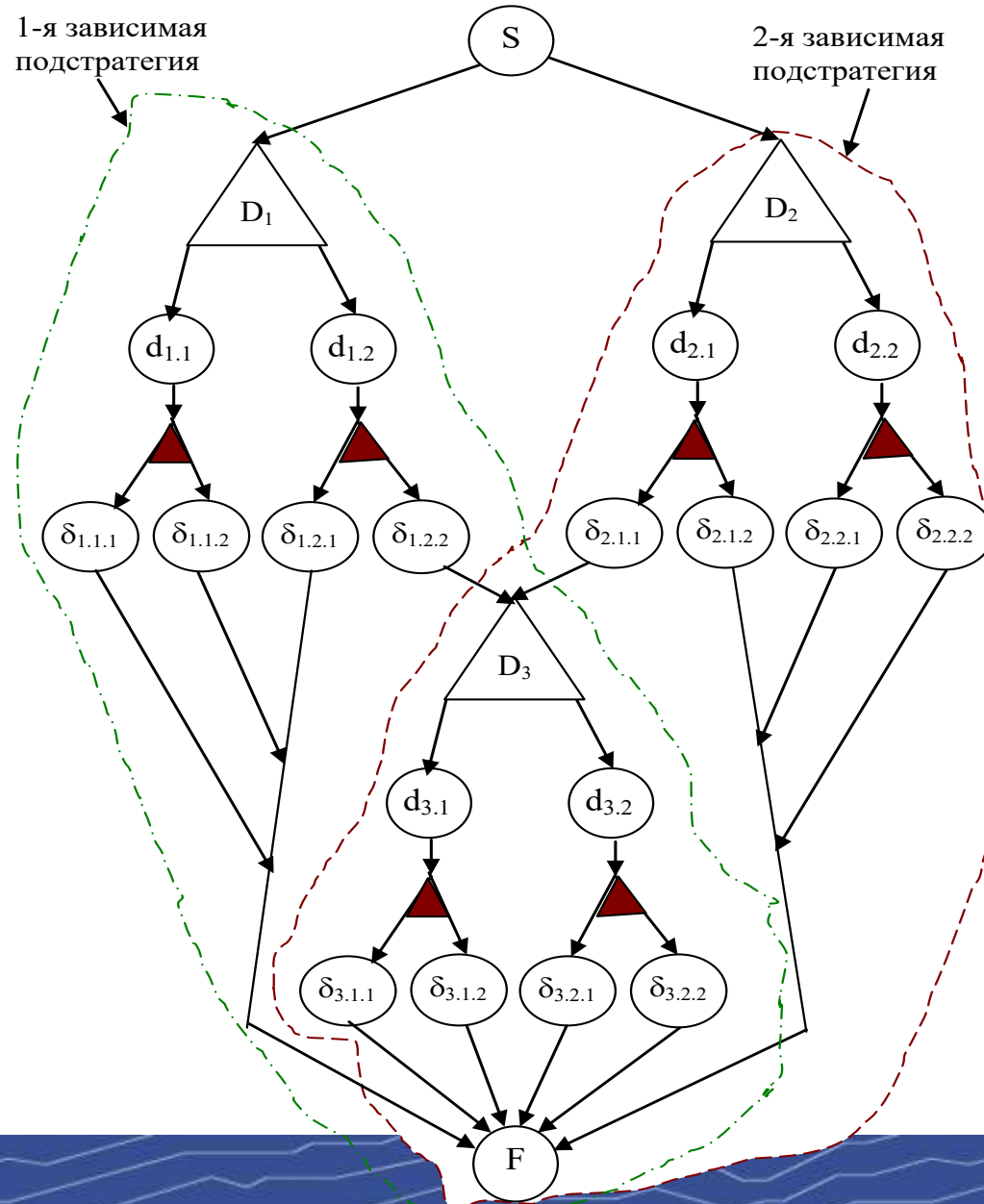
$$y_t = a_0 + \sum_{i=1}^n a_i y_{t-i} + \sum_{j=0}^{q1} b_j x_{t-i}^1 + \dots + \sum_{j=0}^{qk} b_j x_{t-i}^k + E_t \quad (1)$$



- $$Y_t^1 = a_0 + \sum_{j=1}^{k1} a_j * Y_{t-j}^1 + \sum_{i=1}^{k2} b_i * Y_t^n + c_1 * X_{3t}^1 + c_2 * X_{2t}^2 + c_3 * X_{1t}^3 + c_4 * X_{2t}^1 + c_5 * X_{1t}^4$$
-
- $$Y_t^3 = a_0 + \sum_{i=1}^{k1} a_i * Y_{t-i}^3 + e_1 * X_{2t}^2 + e_2 * X_{1t}^3 + e_3 * X_{1t}^4 + e_4 * X_{1t}^5 + e_5 * X_{2t}^3$$
- $$Y_t^4 = a_0 + \sum_{i=1}^{k1} a_i * Y_{t-i}^4 + \sum_{i=1}^{k2} b_i * Y_t^n + f_1 * X_{1t}^2 + f_2 * X_{2t}^1 + f_3 * X_{1t}^4 + f_4 * X_{1t}^5 + f_5 * X_{1t}^3$$
- $$Y_t^5 = a_0 + \sum_{i=1}^{k1} a_i * Y_{t-i}^5 + \sum_{i=1}^{k2} b_i * Y_t^n + g_1 * X_{2t}^1 + g_2 * X_{1t}^2 + g_3 * X_{1t}^4 + g_4 * X_{1t}^5$$
- $$Y_t^6 = a_0 + \sum_{i=1}^{k1} a_i * Y_{t-i}^6 + \sum_{i=1}^{k2} b_i * Y_t^n + h_1 * X_{1t}^6 + h_2 * X_{1t}^2 + h_3 * X_{1t}^4$$
- $$Y_t^7 = a_0 + \sum_{i=1}^{k1} a_i * Y_{t-i}^7 + \sum_{i=1}^{k2} b_i * Y_t^n + j_1 * X_{1t}^7 + j_2 * X_{1t}^2 + j_3 * X_{2t}^1$$



Моделирование альтернативной структуры стратегии компании с стохастическими мероприятиями





II.Кратчайший морской путь из Европы в Юго-Восточную Азию





- Северный морской путь - кратчайший маршрут из Европы в Азию, является сферой жизненных стратегических и экономических интересов России.
- Выгодность положения России заключается в свете использования кратчайшей морской трассы между Европой и Азией.
- Используя СМП, можно проделать маршрут из Европы на Дальний Восток почти вдвое короче морских путей через Суэцкий канал или мыс Доброй Надежды.



The Northern Sea Route (red line) 7300 against 11200 nautical miles





From Europe to Japan: Yokohama – Rotterdam route





ADL модель для *Суэцкого канала* имеет вид:

$$\Delta y_t = a_0 + \sum_{i=1}^p a_1 \Delta y_{t-i} + \sum a_2 \Delta x_2 + \sum a_3 \Delta x_3 + \sum a_4 \Delta x_4$$

Учитывая количество лагов зависимой переменной,

ADL модель приобретает вид:

$$\Delta y_t = a_0 + a_1 \Delta y_{t-1} + a_2 \Delta x_2 + a_3 \Delta x_3 + a_4 \Delta x_4$$

ADL модель для *Транссибирской магистрали* имеет вид:

$$\Delta y_t = a_0 + \sum_{i=1}^p a_1 \Delta y_{t-i} + \sum a_1 \Delta z_1 + \sum a_2 \Delta z_2 + \sum a_3 \Delta z_3 + \sum a_4 \Delta z_4 + \sum a_5 \Delta z_5$$

ADL модель для *Северного морского пути* имеет вид:

$$y_t = a_0 + \sum_{i=1}^p a_1 y_{t-i} + \sum a_1 w_1 + \sum a_2 w_2 + \sum a_3 w_3 + \sum a_4 w_4 + \sum a_5 w_5 + \sum a_6 w_6$$



- Прогнозные сравнения транзита по СМП с вариантами морской транспортировки грузов через Суэцкий канал в Юго-Восточную Азию и через Панамский канала на западное побережье Северной Америки дают основание оптимистично оценить конкурентоспособность СМП, поскольку он сокращает время перехода судна на 10-15 суток.
- В числе серьёзных недостатков, снижающих преимущества СМП, выделяются следующие:
 - непредсказуемость, связанная с климатом;
 - слабая портовая инфраструктура на пути следования;
 - экологические риски,
 - правовой статус



III. The shortest potential Air routes between Asia and American continents



Кратчайшие кроссполярные воздушные маршруты

Потенциал

- Геостратегический ресурс для продвижения интересов России.
- Американские компании экономят большое количество денег, их пассажиропоток растёт, логистические издержки — снижаются.
- «Дилемма заключенного» - фундаментальная проблема в теории игр.

Результат

- Кроссполярные маршруты для России позволяют:
 - а) получить прибыль от аэронавигационного обслуживания (АНО),
 - б) развивать инфраструктуру регионов, с) доступ отечественных авиапредприятий к американо-азиатским рынкам.Из всех преимуществ на данном направлении Россия смогла получать только доход за АНО.



«Дилемма заключенного»- фундаментальная проблема теории игр

	Сотрудничать	Предлагать санкции
Сотрудничать	<p>Американские компании экономят большое количество денег, их пассажиропоток продолжает расти, а логистические издержки — снижаться.</p> <p>РФ получает сборы за АНО, но и полноценную интеграцию в мировое сообщество, а также определенные выгоды от выхода на американо-азиатский авиационный рынок.</p> <p>взаимное «доверие»</p>	<p>Число разрешений на полёты увеличиваются</p> <p>Санкции против России</p> <p>высока вероятность «предательства» по Нэшу.</p>
Предлагать свою политику по кроссполярным полётам	<p>Разрешения на полёты выдаются</p> <p>Предложение о сотрудничестве</p>	<p>Число разрешений на полёты уменьшается</p> <p>Санкции уменьшаются .</p> <p>зеркальное отражение всех действий оппонента.</p> <p>Р</p>

«Дилемма заключённого» в нормальной форме.

Равновесие Нэша между «доверием- сотрудничеством» и «предательством»



- Арктическая зона мира.
- В качестве данных были использованы суммарные значения показателей пяти регионов Арктических стран:
- **Дания**(Гренландия);
- **Канада**(Канадский Арктический Архипелаг);
- **Норвегия**(архипелаг Шпицберген);
- **России**(1.Мурманская область.2.Семь мо Архангельской области.3.Ненецкий автономны округ.4.Го «Воркута»
- Республики Коми.5.Ямало-Ненецкий автономный округ.6.Го Норильск, Таймыр и Туруханский район
- Красноярского края.7.Пять улусов (районов) Республики Саха
- (Якутия).8.Чукотский автономный округ;;
- **США**(Аляска).



- Декомпозиция Арктического пространства на шесть субпространств
- 1. Транспортно-логистическая освоенность, включающая морские транспортные системы, железнодорожные транспортные системы, автомобильные транспортные системы, воздушные транспортные системы, логистическую инфраструктуру, трубопроводные транспортные системы.
- 2. Производственно-экономическая освоенность.
- 3. Социальная освоенность.
- 4. Демографическая освоенность.
- 5. Инновационно-технологическая освоенность.
- 6. Экологическая освоенность.



Пример формирования уравнения для производственно-экономической освоенности

- Основные факторы, характеризующие производственно-экономическую освоенность Арктического пространства.
- В качестве эндогенной переменной для анализа взята:
- Y_t^2 – Доля ВРП Арктических территорий стран от мирового ВВП, (%).
- В качестве экзогенных факторов были взяты следующие показатели:
- Y_t^1 - Годовой объем инвестиций в транспортную инфраструктуру Арктического пространства (млн. долл. США).
- Y_t^3 – Количество экономически активного населения Арктических территорий стран (млн. чел.).
- Y_t^4 – Численность населения Арктических территорий стран (млн. чел.).
- Y_t^5 – Затраты на НИОКР Арктических территорий стран (млрд. долл. США).
- Y_t^6 – Общие расходы на охрану окружающей среды Арктических территорий стран (млрд. долл. США).
- x_t^7 – Индекс промышленного производства Арктических территорий стран (в % к предыдущему году).
- x_t^8 - Индекс продукции сельского хозяйства, реализованной на территории Арктических территорий стран (в % к предыдущему году).
- x_t^9 – Экспорт товаров и услуг Арктических территорий стран (в % к предыдущему году).
- x_t^{10} – Импорт товаров и услуг Арктических территорий стран г (в % к предыдущему году).



Модель освоенности субпространств Арктического пространства

- **1ое уравнение:** факторы которые в наибольшей степени влияют на транспортно-логистическую освоенность Арктического пространства мира .
$$Y1_t = 18485,83 + 0,886808 \times Y1_{t-1} - 7,50688 \times Y6_t - -27,6838 \times Y6_{t-1} + 0,031421 \times x1_t + 0,061157 \times x1_{t-1} - 316,447 \times x2_t - 16,268 \times x2_{t-1}$$
- **2ое уравнение** Основные факторы, влияющие на производственно-экономическую освоенность Арктического пространства.
$$Y2_t = -1,2538601 - 0,0094252 \times Y2_{t-1} + 0,0409087 \times Y5_t - 0,0644381 \times Y5_{t-1} + 0,0039473 \times x7_t + 0,156303 \times x7_{t-1} - 0,0605333 \times x9_t - 0,0405898 \times x9_{t-1}$$
- **3-е уравнение:** факторы в наибольшей степени влияющие на социальную освоенность Арктики
$$Y3_t = -11,649466 + 1,092638 \times Y3_{t-1} + 0,0954336 \times Y4_t + 0,3489118 \times Y4_{t-1} + 0,0538032 \times x11_t - 0,1215947 \times x11_{t-2}$$
- **4-ое уравнение:** факторы, которые в наибольшей степени влияют на демографическую освоенность Арктики,
$$Y4_t = 38,70193 - 0,24429 \times Y4_{t-1} + 0,175854 \times Y3_t + 0,75067 \times Y3_{t-1} + 0,191997 \times x13_t + 0,20821 \times x13_{t-1}$$
- **5-ое уравнение:** факторы, которые в наибольшей степени влияют на инновационно-технологическую освоенность Арктики
$$Y5_t = 0,4401682 - 0,0223884 \times Y5_{t-1} + 0,4222562 \times Y2_t + 2,2313117 \times Y2_{t-1} + 3,859E - 05 \times x16_t + 0,0002894 \times x16_{t-2} + 0,0002005 \times x17_t + 1,963E - 05 \times x17_{t-2}$$
- **6-ое уравнение:** определение факторов, которые в наибольшей степени влияют на экологическую освоенность Арктики
$$Y6_t = 138,079812 - 0,0837027 \times Y6_{t-1} + 0,01082193 \times Y1_t + 0,00076069 \times Y1_{t-1} - 0,0036833 \times x22_t + 0,0041361 \times x22_{t-1} + -5,922E - 05 \times x23_t + 6,038E - 05$$