

СИНЕРГЕТИКА КАК МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНОВА РАЗВИТИЯ БАЗОВОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ПОРТООРИЕНТИРОВАННОЙ ЛОГИСТИКИ

На основе анализа существующей теории прогнозирования и управления развитием портов сделан вывод о наличии противоречия между существующими моделями и требованиями практики. Исторически сложившийся инструментарий моделей развития, детально рассмотренный в предыдущих публикациях авторов и кратко описанный в данной статье, не дает ответа на стратегические вопросы, интересующие лиц, принимающих решения о будущем развитии конкретного порта. Существующие модели в большей степени объясняют то, почему порт развивался по тому или иному сценарию, не давая каких-либо возможностей для оценки возможных вариантов будущего развития. В статье постулируется невозможность создания единой модели процесса развития порта на традиционных методологических принципах, в основе которых лежит сама природа изучаемого явления. Поскольку современный порт является сложной ступенчатой многоуровневой динамической системой, он не может быть адекватно отображен с помощью традиционной линейной системы, которая является методологическим упрощением реальности. Как следствие, создаваемые в рамках линейной парадигмы модели портов отличаются существенной потерей основных свойств, что изначально ограничивает сферу их применимости. В целях изучения стратегических характеристик развития портов, особенно включенных во взаимодействующие пространственно-экономические кластеры, целесообразным представляется использовать апробированную в других областях знания методологию, основанную на синергетических законах развития систем произвольной природы. Принципиальной задачей авторов являлось не перенесение общих положений этой дисциплины и создание методологической концепции, уже начинающей проникать в сферу транспортного бизнеса, а получение конкретных моделей развития, ориентированных на изучение не только качественных, но и количественных характеристик изучаемых объектов. Приведены результаты моделирования взаимодействия и развития популяции портов, обслуживающих один хинтерленд, которые подтверждают сформулированные теоретические предположения и возможность достижения поставленных целей.

Ключевые слова: порт, модели, логистика, синергетика, хинтерленд.

Анализ существующих подходов к прогнозированию развития портов

Глобальные изменения в мировой экономике и транспортной инфраструктуре, произошедшие в течение последних десятилетий, не могли оставить в стороне морские порты. Сегодня эти ключевые инфраструктурные элементы продолжают находиться в поиске решений, позволяющих справиться с современными вызовами: тесной конкуренцией, растущими экологическими требованиями, дефицитом площадей территорий и акваторий, ростом потребности в резервах пропускной способности, логистическим требованиям к гибкости принятия решений при управлении цепями поставок и многими другими [1]. Очевидно, что успех или провал в решении данных вопросов зависит от правильности постановки целей, которые порт выбирает для своего развития, а также выбора путей достижения поставленных целей. Капиталоемкость строительства портовой инфраструктуры и определенная необратимость этого процесса обуславливают высокую цену ошибок в определении направления развития.

Исследование теории и практики прогнозирования и управления развитием портов активно проводится начиная с середины XX в. Результатом явилось создание ряда моделей, описывающих этапы развития портов под воздействием конкретных сил, определяющих, по мнению исследователей, итоговый (результатирующий) «вектор», характеризующий перспективы конкретного порта. Первая модель развития портов была предложена английским ученым Д. Бердом в 1980 г. Она на содержательном уровне описывала то, как портовые инфраструктуры развиваются во времени и пространстве [2]. Несмотря на первоначально показанную результативность, модель Берда

обнаружила недостаточную универсальность, которую неоднократно пытались скорректировать введением ряда дополнительных фаз развития, которые, с одной стороны, позволяли лучше объяснить процесс развития конкретного порта, а с другой — приводили к утрате универсальности модели. Многие ученые согласились с предложением канадского ученого Ж.-П. Родригэ о том, что все ступени развития могут быть сгруппированы в три основные фазы: становление, расширение и специализация [3].

В то же время Берд подчеркивал, что его модель разрабатывалась на основе этапов развития определенных портов и не была предназначена соответствовать всем портам. Он признал, что модели развития портов могут основываться на различных факторах. В частности, его модель, названная «Анурпорт», основывалась на развитии портовых сооружений для соответствия растущим потребностям морского флота, не учитывая такие факторы, как взаимоотношение «город – порт», развитие доступности хинтерленда и специализации портов [4].

В 1985 г. Конференция ООН по торговле и развитию (UNCTAD) предложила свою концепцию развития портов, обобщив полученные Бердом и его последователями результаты и делая основной упор на грузоведческие аспекты портовых операций [5]. Увеличение коммерческой составляющей, усилия по расширению портовой территории, появление концепции порта как *центра оказания услуг* — все это потребовало нового осмысления, *как и почему* должны развиваться порты. К концу XX в. UNCTAD, обратив внимание на радикальные изменения роли портов в мире, инициировала новый этап исследований по разработке модели развития портов. В результате была предложена концептуальная модель, включающая три обобщенные фазы, или «поколения», развития портов [6]. Принцип деления был основан на совокупности ключевых факторов: политики развития порта, его стратегии, сферы деятельности и границ расширения портовой зоны, степени интеграции портовых функций и организационной структуре порта. В то же время в концепции не был учтен ряд важных факторов, таких, например, как масштабность порта, его геополитическое положение, соотношение государственных и частных форм владения. Развитие изучалось в некотором дискретном, «модульном» времени, а переход от поколения к поколению связывался с ростом порта, частично определяемого мотивацией лиц, принимающих решения.

Описываемая модель была полезным инструментом анализа и сравнения, что делало ее популярной и признанной в течение нескольких десятилетий. В то же время упрощенный взгляд на развитие порта, присущий этой модели развития, делал ее все менее реалистичной и точной, не отражающей события бурно развивающегося мира портовой индустрии. Специалистами-практиками было отмечено, что развитие портов не реализовывалось отдельными «дискретными» стадиями и не все порты проходили одни и те же циклы для перехода в третье поколение. Более того, отдельные терминалы порта демонстрировали дифференцированное развитие, отвечая на специфические запросы. Коммерческое давление и цели являлись основным фактором, определяющим это развитие, а внедрение нового оборудования и технологий являлось непрерывным процессом. Как следствие, даже самые передовые с точки зрения системности, оборудования или проектов терминалов порты часто сохраняли рудименты ранних стадий развития, которые вносили свой вклад в общую эффективность [4]. Кроме того, судостроение и организация судоходства демонстрировали изменения, которые не предполагались при создании модели 80-х гг. XX в. Возникла также значительная сложность объективного отнесения порта к тому или иному поколению: эта процедура была достаточно субъективной, а, значит, связанной с риском ошибок, поскольку каждый порт в большей или меньшей степени является уникальным [3].

Выполненный анализ показал, что большинство важных процессов, описываемых с точки зрения последовательных поколений портов моделью UNCTAD, были определены неоднозначно и неточно. Развитие не фиксируется в определенный момент времени и не обязательно проходит цикл развития, чтобы получить статус *порта третьего поколения*. Модель выделения дискретных «портовых поколений», таким образом, не может точно отражать портовую отрасль в глобальном масштабе. При внимательном изучении становится ясным, что указанная модель не от-

ражает ситуацию, которая сложилась в течение последних четырех десятилетий. Широкий круг других факторов, таких, например, как размер порта, географическое положение, трудовая культура, степень общественной и личной вовлеченности, продемонстрировали серьезные изменения. Указанные обстоятельства привели к появлению новой концепции модели развития портов, получившей название *WORKPORT* [7]. Эта модель в значительной мере расширила круг вовлекаемых в анализ факторов и характеристик, в ее рассмотрение были включены новые связи и закономерности и тем самым она послужила важным шагом в развитии теоретических положений. В то же время она уклонилась в сторону содержательного описания и констатации событий, затруднив использование ее как инструмента прогноза и обобщенного анализа чувствительности вида «если ..., то ...». Кроме того, данная модель не полностью отражала роль опережающего развития логистического фона и изменения транспортных процессов.

Ответом на возникшие общественные потребности в сфере портового и транспортно-логистического бизнеса в конце XX в. стали предложенные Ж.-П. Родригэ и Т. Е. Ноттебумом модели, развивающие эти представления [3]. В них объединялись разные подходы и учитывались урбанистические аспекты развития. К модели портового развития Берда авторы добавили фазу «портовой регионализации». Это позволяло объяснить причины появления и развития портов транзитного, формирование логистических полюсов и иных аспектов интеграции портов в хинтерленд. Ключевое отличие модели портовой регионализации заключается в том, что она изучает развитие портов в динамике, рассматривая хабы, тыловые логистические платформы и морские порты как единую систему, формирующую сети грузораспределения.

Авторы модели отмечали, что переход к фазе портовой регионализации представляет собой постепенный и управляемый рынком процесс, оказывающий влияние на порт и отражающий повышенное внимание участников рынка к интеграции логистики. В то же время модель не раскрывала детально важные с точки зрения развития портов вопросы: *каким образом регионализация влияет на развитие портов, какую роль играет каждый из участников процесса регионализации, какие стратегии портов (терминалов, муниципального руководства порта и городов) должны приниматься, чтобы управлять этим процессом.*

Модели, рассмотренные в статье, со временем развивались и дополнялись усилиями последователей и подражателей, становясь все более сложными и обретая, таким образом, собственную ценность теоретических построений [4]. Однако такие трансформации делали рассматриваемые модели все менее приспособленными для прогнозирования развития определенного порта, а это являлось именно тем обстоятельством, которое необходимо практическим специалистам. Таким образом, становится очевидным невозможность создания единой модели развития всех типов портов, и гносеологическая причина этого скрыта не в «слабости» концептуальных построений, а в самой природе изучаемого явления.

Синергетика как парадигма изучения развития портов

Современный порт, являясь сложной, ступенчатой, многоуровневой динамической системой, представляет собой совокупность взаимосвязанных производственных элементов, образующих устойчивую целостность, и не может быть адекватно отображен с помощью упрощенной линейной системы без потери своих основных свойств. В связи с этим для изучения свойств объекта целесообразно использовать методологию, основанную на научном направлении — *синергетике*, уже доказавшем свою результативность во многих доменах знания.

В основе синергетики лежит поиск общих закономерностей временного развития систем любой природы. Отрешаясь от специфической природы систем, синергетика обретает способность описывать их эволюцию на некотором универсальном языке. Она устанавливает тождественность, или изоморфизм явлений, изучаемых специфическими средствами различных наук, но имеющих общую модель (точнее, приводимых к этой общей модели). Обнаружение единства модели позволяет синергетике делать достижения одной области науки доступными для понимания представителями другой, возможно, весьма далекой от нее области науки [8].

В синергетике сформированы три основные концепции, характеризующие изучаемые системы: неравновесность, открытость и нелинейность. *Неравновесность* — это состояние открытой системы, при котором происходит изменение ее макроскопических параметров, т. е. ее состава, структуры и поведения. Под *открытостью* понимается способность системы постоянно обмениваться веществом (энергией, информацией) с окружающей средой и обладать как «источниками» — зонами подпитки ее энергией окружающей среды, так и «стоками» — зонами рассеяния, «сброса» энергии. Под *нелинейностью* понимается свойство системы иметь в своей структуре различные стационарные состояния, соответствующие различным допустимым законам поведения этой системы.

Всякий раз, когда поведение таких объектов удастся выразить системой уравнений, эти уравнения оказываются нелинейными в математическом смысле. Нелинейность также рассматривается как необычная реакция на внешние воздействия, когда «правильное» воздействие оказывает большее влияние на эволюцию системы, чем воздействие более сильное, но организованное неадекватно ее собственным тенденциям [9]. В этом смысле важным достижением синергетики является открытие *механизма резонансного возбуждения*. Это означает, что система, находящаяся в неравновесном состоянии, крайне чувствительна к воздействиям, согласованным с ее собственными свойствами. Малые, но согласованные с внутренним состоянием системы внешние воздействия на нее могут оказаться более эффективными, чем большие, но несогласованные.

Открытые нелинейные системы могут по-разному реагировать на действие внешних сил и изменения внутренних факторов. В одних случаях система ответит на них возникновением сильных тенденций возврата к старому состоянию, структуре или поведению, в других случаях — она может разрушиться. И, наконец, существует возможность формирования новой структуры и изменения состояния, поведения и / или состава системы. Любая из описанных возможностей может реализоваться в так называемой *точке бифуркации*, вызываемой указанными воздействиями, в которой система испытывает неустойчивость. Точка бифуркации представляет собой переломный, критический момент в развитии системы, в котором она осуществляет выбор пути; иначе говоря, это точка ветвления вариантов развития, точка, в которой происходит *катастрофа*. Термином «катастрофа» в концепциях самоорганизации называются качественные скачкообразные изменения.

Синергетика дополняет системный подход изучением сложных структур, находящихся вдали от равновесия. Из кибернетики и системного анализа известно о существовании в системе некоторых механизмов коллективного взаимодействия — обратных связей. Когда коллективное системное взаимодействие элементов приводит к тому, что те или иные движения составляющих подавляются, следует говорить о наличии отрицательных обратных связей. Собственно говоря, именно отрицательные обратные связи и создают «традиционные» системы, понимаемые как устойчивые, консервативные, стабильные объединения элементов. Однако, когда система уходит от равновесия, доминирующую роль начинают играть положительные обратные связи, которые не подавляют, а, наоборот, усиливают индивидуальные движения составляющих. Малые воздействия и незначительные прежде процессы выходят на макроуровень. Положительные обратные связи приводят к потере системой устойчивости своей организации, поскольку весьма малое возмущение может иметь большие последствия. Петля положительной обратной связи делает возможным в далеких от равновесия состояниях усиление очень слабых возмущений до гигантских волн, разрушающих сложившуюся структуру системы и приводящих ее к революционному изменению — резкому качественному скачку [10].

С точки зрения математики можно считать, что в процессе моделирования любая динамическая система изменением своих параметров («координат») описывает движение некоторой «изображающей» точки в пространстве, называемом *фазовым*. Фазовое пространство дает удобное средство для наглядного представления поведения динамической системы. Изменение состояний системы во времени, т. е. последовательную смену ее состояний, можно представить линией в фазовом пространстве (пространстве возможных состояний системы, не зависящих от времени).

Фазовые траектории (линии в фазовом пространстве) позволяют увидеть всю совокупность движений, которые могут возникнуть при всевозможных начальных условиях. В картине фазовых траекторий важную роль играют *аттракторы*, характеризующие поведение системы в фазовом пространстве по прошествии некоторого (достаточно длительного) времени. Иными словами, это точка или множество в фазовом пространстве, к которым стремятся («притягиваются») все траектории из некоторой окрестности аттрактора, называемой также *областью, или бассейном, его притяжения*. Траектории, выйдя из начальных состояний, в конце концов, приближаются к аттракторам [9].

Иными словами, аттракторы — это понятие, обозначающее активные устойчивые центры потенциальных путей эволюции системы, способные притягивать и организовывать окружающую среду. Теория аттракторов позволяет понять суть управления сложными системами. Аттракторы делят пространство всех возможных состояний на некоторые области притяжения, попав внутрь которой система неизбежно эволюционирует к соответствующему аттрактору. Этим обуславливается пороговость любого внешнего воздействия на систему. Воздействие может быть эффективным и изменить тенденции системы, только если оно переводит состояние системы в область притяжения другого аттрактора. Чем ближе система к асимптотической стадии развития, к своему аттрактору, тем сложнее «переключить» ее на другой аттрактор. Пороговость воздействия играет здесь первостепенную роль. Прежний аттрактор «не отпускает» систему, и нужно приложить существенные усилия, чтобы преодолеть существующие тенденции для выхода из его области притяжения. Длительное, но слишком слабое или неправильно топологически направленное воздействие будет лишь пустой тратой времени и энергии, система вновь вернется на прежний путь.

Синергетические модели портового развития

Синергетика является чрезвычайно мощным аппаратом, и, как показало исследование, даже только в качестве философской доктрины способна помочь определить возможные направления траекторий развития портов. Однако роль синергетики может быть гораздо более полезной, если ее использовать не только как философскую, но и как математическую основу прогнозирования развития портов. Синергетический взгляд на портовое развитие использовался и ранее, но только лишь в качественной составляющей аспекта [11]. Ниже представлено использование другой стороны синергии, с помощью которой выполнен ряд моделей развития портов. Представленные модели достаточно просты, так как задачей работы является доказательство самой возможности использования синергетики для построения моделей развития портов, а не создание усложненных моделей.

Моделирование взаимодействия двух портов. Рассмотрим процесс моделирования развития двух портов, обслуживающих общий хинтерленд, опирающийся на синергетические законы развития сложных систем. Пусть на некотором побережье размещаются два порта, конкурирующие за один и тот же грузопоток $Q[k]$, который является нелинейным и описывается, например, функцией

$$y = a + b \cdot \sin(cx + d),$$

где a , b , c и d — коэффициенты, определяющие характер грузопотока:

- a — учитывает начальный уровень грузопотока;
- b — учитывает степень колебания грузового потока в единицу времени;
- c — учитывает частоту изменения (колебания) грузопотока;
- d — определяет направление развития грузопотока.

Этот грузопоток делится между двумя портами, образуя для каждого из них свои грузопотоки $z_{1[k]}$ и $z_{2[k]}$.

Каждый из портов описывается своими зависимостями:

Порт 1

- входящий поток заявок — $z_{1[k]}$;
- ресурс обработки заявок — $r_{1[k]}$;
- очередь заявок — $q_{1[k]} = \text{если } [z_{1[k]} + q_{1[k-1]} > r_{1[k]}], \text{ то } [z_{1[k]} + q_{1[k-1]} - r_{1[k]}], \text{ иначе } [0];$
- обработка заявок — $z_{1[k]} = \text{если } [z_{1[k]} + q_{1[k-1]} > r_{1[k]}], \text{ то } [r_{1[k]}], \text{ иначе } [z_{1[k]} + q_{1[k-1]}].$

Порт 2

- входящий поток заявок — $z_{2[k]}$;
- ресурс обработки заявок — $r_{2[k]}$;
- очередь заявок — $q_{2[k]} = \text{если } [z_{2[k]} + q_{2[k-1]} > r_{2[k]}], \text{ то } [z_{2[k]} + q_{2[k-1]} - r_{2[k]}], \text{ иначе } [0];$
- обработка заявок — $z_{2[k]} = \text{если } [z_{2[k]} + q_{2[k-1]} > r_{2[k]}], \text{ то } [r_{2[k]}], \text{ иначе } [z_{2[k]} + q_{2[k-1]}].$

Предположим, что грузовладельцы выбирают тот или иной порт в зависимости от уровня тарифов в нем и качества обслуживания, характеризующегося ожиданием судов в очереди на обслуживание.

Чем больше судов приходит в порт, тем ниже может быть величина тарифа порта как результат действия закона масштабной экономии. Оценка тарифной привлекательности порта может быть сделана, например, в виде $N_a = a / \sum_{i=k-T}^{k-1} z[k]$, т. е. с помощью величины, обратной числу обслуженных портом судов за некоторый интервал времени T .

Чем длиннее очередь судов, тем менее привлекательным для грузовладельца является порт. Оценку качества услуг можно выполнить с помощью функции $N_b = b / \sum_{i=k-T}^{k-1} q[k]$, т. е. с помощью величины, пропорциональной суммарному времени очереди судов за это время. Критерий оценки порта i можно представить в виде суммы $N_i = N_a + N_b$. Чем меньше величина N_i , тем более привлекательным является порт для грузовладельцев.

Вычислив значения N_1 и N_2 , можно предположить распределение грузопотока $Q[k]$ между портами в соотношении обратных величин: порт 2 получит долю $\frac{N_1^{-1}}{N_1^{-1} + N_2^{-1}}$, а порт 1 — долю $\frac{N_2^{-1}}{N_1^{-1} + N_2^{-1}}$ (рис. 1).

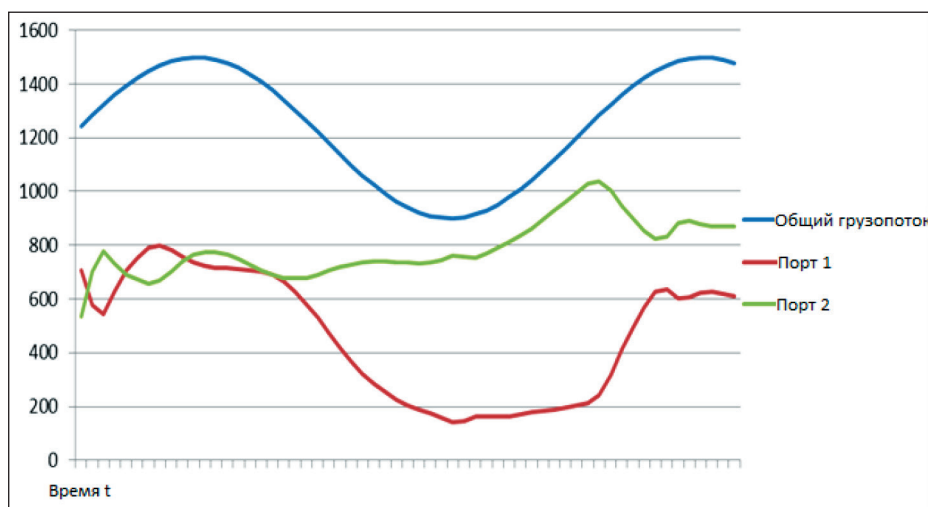


Рис. 1. Поведение модели взаимодействия двух портов

«Портрет» системы на фазовой плоскости грузопотоков показан на рис. 2.



Рис. 2. «Портрет» системы двух взаимодействующих портов на фазовом пространстве грузопотоков

Моделирование взаимодействия трех портов. С использованием того же алгоритма сформирована модель взаимодействия трех портов побережья. Результаты в виде графиков представлены на рис. 3 и 4.

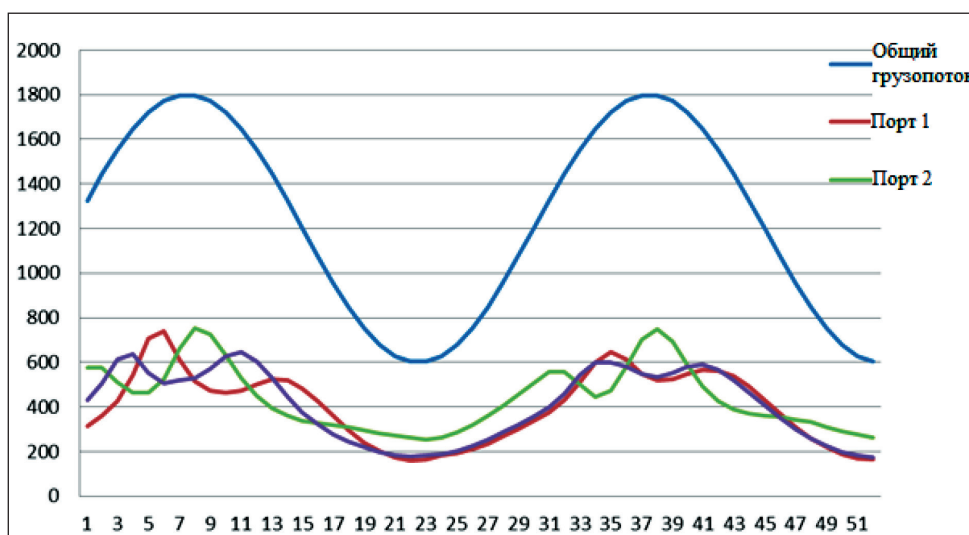


Рис. 3. Поведение модели взаимодействия трех портов

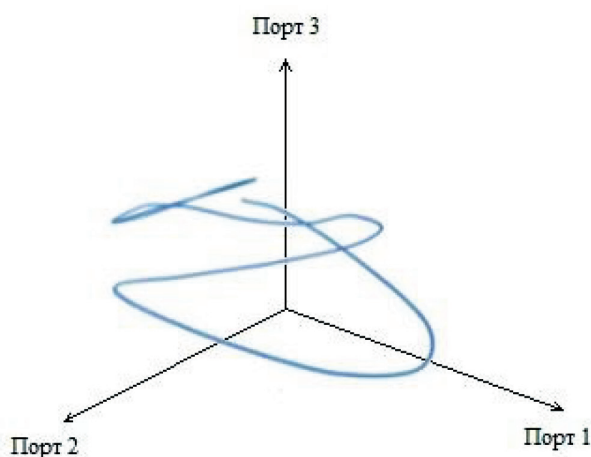


Рис. 4. «Портрет» системы трех взаимодействующих портов на фазовой плоскости грузопотоков

Исследование роста популяции портов побережья. Рассмотрим в произвольный момент времени k некоторое количество портов n_k , расположенных на территории с потенциалом территории грузового тяготения Q . Пусть эта территория способна обеспечить грузом всего n портов. Следуя синергетической традиции, введем новую величину $x_k = n_k / n$, которая является безразмерной, неотрицательной и не превосходящей единицы.

Пусть мы имеем возможность оценить численность «популяции» портов, например, один раз в год. Предположим, что грузообработка в портах генерирует определенных доход, который позволяет строить новые порты. Естественно предположить, что прирост «популяции» портов следующего поколения x_{k+1} есть линейная функция от текущего значения этой величины x_k :

$$\begin{aligned}x_{k+1} &= rx_k; \\ 0 &\leq x_k \leq 1.\end{aligned}$$

Здесь $r > 0$ — параметр, физический смысл которого понимается как скорость развития популяции. (Например, при коэффициенте прироста в 5 % ($r = 0,5$) популяция удваивает свою численность каждые 14 лет).

Попытки применения математики к росту населения восходят к работам Т. Мальтуса, опубликованным в 1798 г. [12]. При сформулированном им законе роста популяции $x_{k+1} = rx_k$, его величина была неограничена, из чего ученым был сделан вывод о необходимости принудительного ограничения рождаемости. В то же время, ресурс грузопотоков остается постоянным или растет лишь арифметически. Следовательно, в какой-то момент времени, при исчерпании этого ресурса, развитие прекратится. В биологической популяции это проявляется как наступление голода, в популяции порта как освоение всего возможного грузопотока.

Таким образом, при ограниченных ресурсах естественно ожидать, что с увеличением популяции будет уменьшаться ее прирост: чем больше x_k , тем меньше параметр роста r . Как следствие, проблему можно решить изменением модели динамики популяции, например, за счет введения зависимости от предыдущего поколения. Простейшим образом это можно сделать, предположив замедление роста в форме $r(1 - x_k)$. Здесь величина $(1 - x_k)$ пропорциональна количеству имеющейся «пищи» для биологической популяции или «дохода» от грузовых операций в случае популяции портов. По мере приближения популяции x_k к единице, количество «пищи» сокращается, и параметр роста стремится к нулю. Получившийся закон роста популяции называется *квадратичным отображением*, или *логистической параболой*:

$$x_{k+1} = r(1 - x_k)x_k.$$

Можно показать, что условие $0 \leq x_k \leq 1$ соблюдается в диапазоне значений $0 < r < 4$.

В течение длительного периода времени считалось само собой разумеющимся, что функциональное поведение логистического уравнения принципиально не меняется с ростом параметра r . Лишь в 1971 г. при практических исследованиях динамики популяции рыб профессор Оксфордского университета Роберт Мэй заметил нечто настолько странное, что он образно сравнил это со «змеей, притаившейся в математической траве». При $r < 1$ популяция не выживала, не успевая восстанавливаться, и естественным образом приходила к вымиранию (нулевой численности), каково бы ни было начальное ее значение (рис. 5).

При $1 < r < 3$ модель показывала некоторую точку равновесия, к которой стремилась популяция вне зависимости от того, насколько далеко она находилась от этой точки вначале. Притяжение к равновесной популяции оказывалось тем сильнее, чем больше было значение r (рис. 6). Однако в окрестности $r \approx 3$ популяция начинала «осциллировать» между двумя различными уровнями равновесия. Так, при $r = 2,6$ (рис. 7) наблюдался «цикл периода 1» — стабильная популяция с единственным равновесным значением $x = 0,6154$.

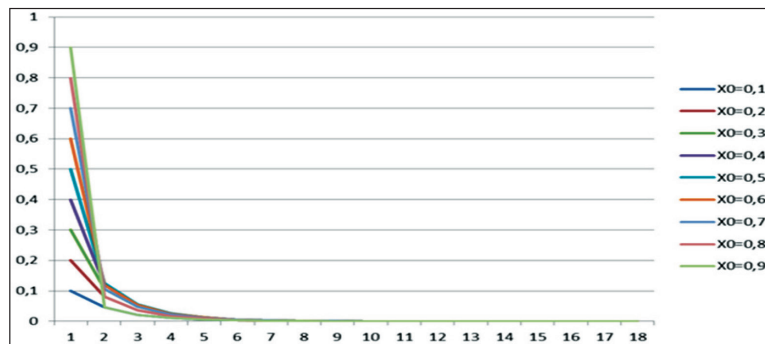


Рис. 5. Снижение популяции при $r < 1$

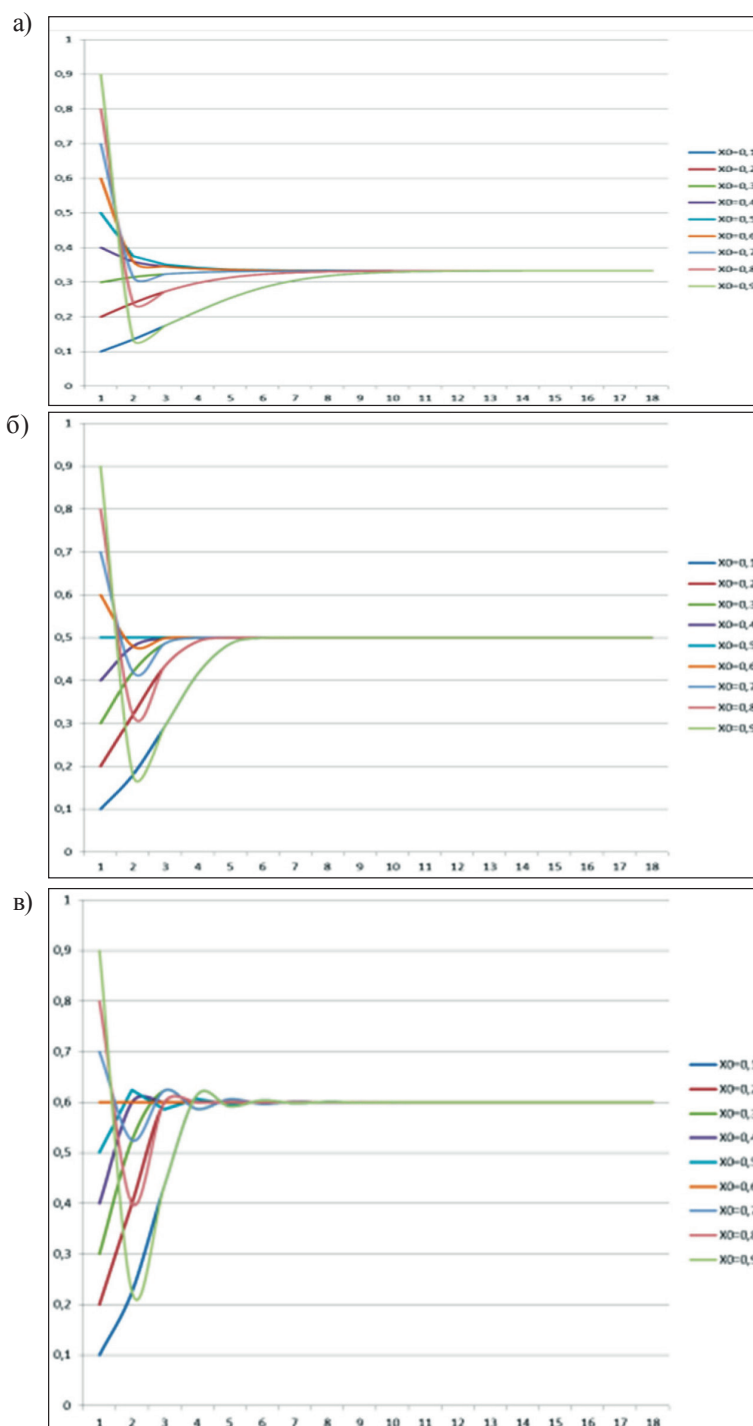


Рис. 6. «Притяжение» к равновесной популяции: а — при $r = 1,5$; б — при 2,0; в — при 2,5

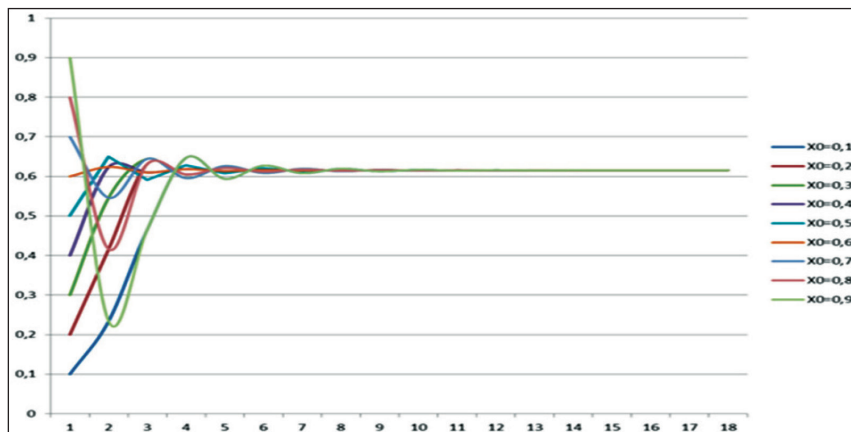


Рис. 7. Стабильная популяция при $r = 2,6$

При $r = 3,1$ (рис. 8) наблюдался «цикл периода 2», когда популяция осциллирует (периодически повторяет значения) между $x = 0,5582$ и $x = 0,7645$.

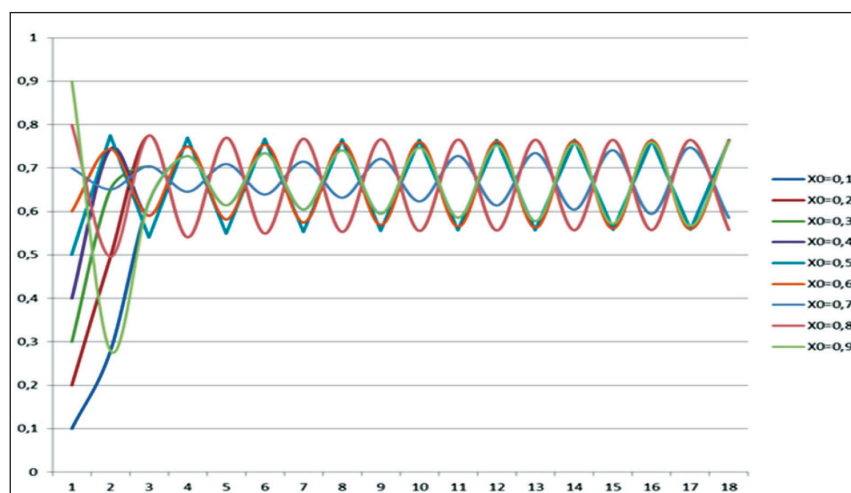


Рис. 8. Осцилляция значений популяции между двумя уровнями при $r = 3,1$

Такое явление, получившее название бифуркация (раздвоение), полностью противоречило традиционным представлениям. При увеличении величины r картина становилась еще более странной: два уровня сначала переходили в четыре, затем в восемь, шестнадцать, тридцать два и, в конце концов, вели к хаосу (рис. 9).

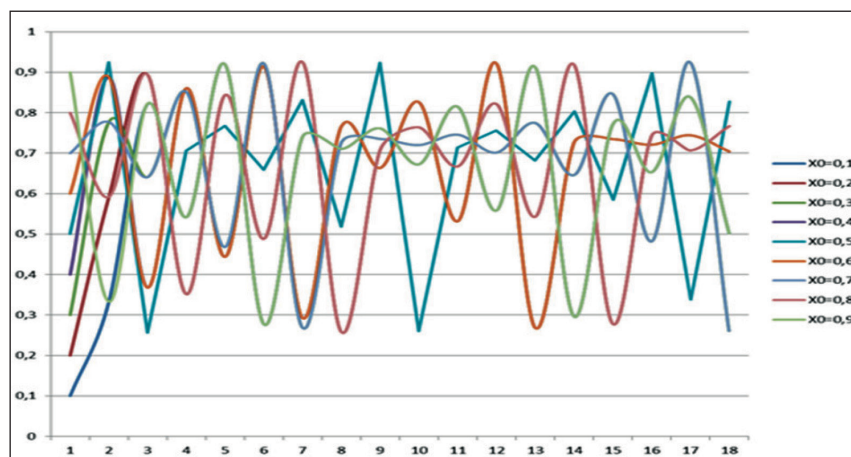


Рис. 9. Осцилляциям между множественными уровнями

Все изложенное ранее удобно представлять в виде бифуркационной диаграммы в координатах « $x - r$ » (рис. 10).

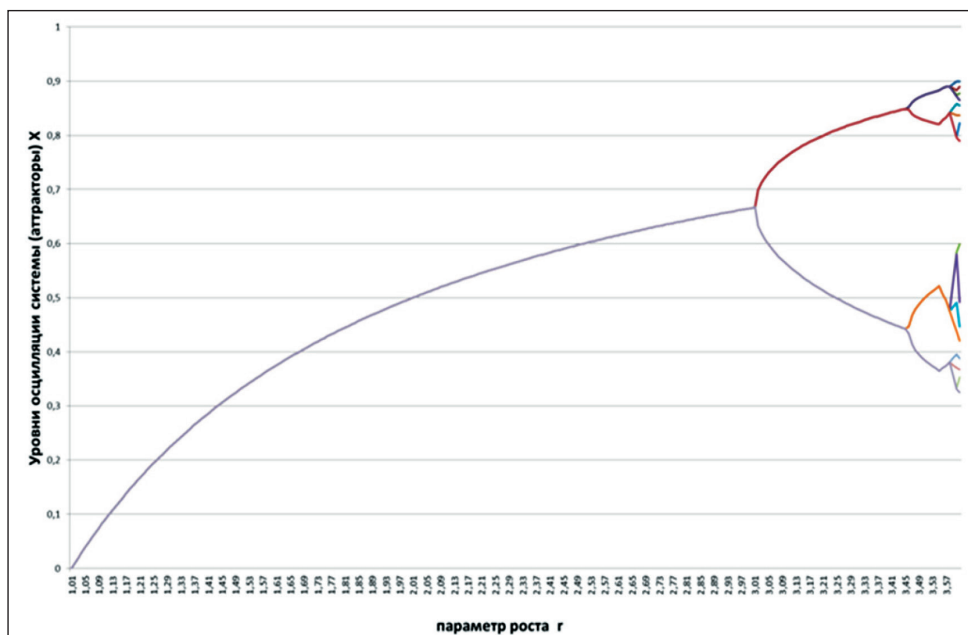


Рис. 10. Бифуркационная диаграмма

Модели, подобные рассмотренным, легко узнаваемы, они могут быть обнаружены во многих исследованиях, основанных на синергетических принципах. Причина, по которой они были представлены в работе, достаточно проста — *доказать, что синергетика успешно применима для исследования направлений портового развития*. Кроме того, рассмотренные модели убедительно доказывают свою жизнеспособность с математической точки зрения.

Синергетика в примерах развития портов

Проанализируем примеры развития портов, подтверждающие основные принципы синергетики: резонансное возбуждение и точки бифуркации.

Резонансное возбуждение (порт Барселона). Примером использования механизма резонансного возбуждения, при котором малые, но согласованные с внутренним состоянием системы внешние воздействия на нее могут оказаться более эффективными, чем большие, но не согласованные, может служить развитие порта Барселона. Широко известно о значительном росте грузооборота порта Барселона в период с 1998 по 2006 гг. Этот феноменальный случай не раз упоминался в работах различных авторов [13], [14]. Власти порта Барселона, оценив состояние системы, нашли то воздействие, которое необходимо было совершить для наиболее эффективного изменения состояния системы (грузооборота порта), а именно целенаправленно инвестировали средства не в сам порт, а в железнодорожную инфраструктуру, чем обеспечили привлекательность и доступность порта для широкого круга грузовладельцев в других регионах страны. Вряд ли такой эффект был бы достигнут при другом воздействии на систему, например, строительстве дополнительных причалов или приобретении нового перегрузочного оборудования.

Точки бифуркации (порт Санкт-Петербург). Примером могут служить два момента в истории развития порта Санкт-Петербург:

Первый момент связан с постановлением в 1721 г. Сената Российской Империи о концентрации экспортных грузов в порту Санкт-Петербург, которое обеспечило лидерство Санкт-Петербурга как ведущего порта Российской империи на ближайшее столетие. Становление Петербургского порта происходило в обстановке острой конкуренции с главным в то время портом России – Архангельским портом. Состояние торговли в 1716 – 1719 гг. отражено в табл. 1 [15].

Таблица 1

Грузооборот портов в 1716 – 1719 гг., (тыс. пудов)

Годы	Архангельск	Санкт-Петербург
1716	208	33
1717	146	51
1718	116	54
1719	119	33

По окончании Северной войны Петр I дал указание Сенату разработать указ о концентрации экспортных товаров в Петербурге. В результате кипучая торговая деятельность Архангельской городской биржи сменилась затишьем, что отмечено в табл. 2 [15].

Таблица 2

Грузооборот портов в 1722 – 1725 гг. (тыс. пудов)

Годы	Архангельск	Санкт-Петербург
1722	60	119
1724	22	240
1725	19	236

Второй момент связан с историческим решением, которое было принято в середине XIX в., о строительстве Морского канала в порту Санкт-Петербург, и обеспечившим лидерство этому порту среди Балтийских российских портов до 1917 г. и далее. К середине XIX в., с увеличением числа судов, заходящих в порт Санкт-Петербург, стало практически невозможно обрабатывать суда на Стрелке Васильевского острова — все труднее было производить погрузочно-разгрузочные операции на сравнительно небольших площадках. С ростом размерений судов, а также после постройки моста в нижнем течении Невы (вначале понтонного, а позже и постоянного), продвижение судов к Стрелке Васильевского острова стало совсем затруднительным. Суда в большинстве случаев уже не могли следовать через бары рукавов Невы. Это обстоятельство потребовало создания дополнительной перевалочной площадки в Кронштадте. Суда со значительной осадкой подходили к Кронштадтским причалам, где грузы перегружались на лихтеры, которые доставляли экспортные товары в Петербург. Суда уходили из Петербурга в Кронштадт с недогрузом, куда дополнительный груз доставлялся баржами. Глубина на Невском баре не превышала 3 м, а при низкой воде доходила до 2,5 м. Из 2600 судов, ежегодно прибывающих в то время в Кронштадт, не более половины могли пройти Невский бар. Остальные суда, перевозящие более двух третей всего груза, из-за значительных размерений были вынуждены останавливаться в Кронштадте и перегружать товар на баржи. Такая организация доставки товаров приводила к дополнительным затратам из-за двойной перегрузки, порче и утрате товаров (к примеру, при перегрузках и перевозках угля таким способом терялось 4 – 8 % его объема) [16].

В этот период у порта Санкт-Петербург были серьезные конкуренты. Для иллюстрации конкурентной ситуации на рис. 11, а приведены статистические данные одного из десятилетий (1865 – 1874), являющегося достаточно показательным. В последние годы указанного десятилетия наблюдалось снижение грузопотока через Санкт-Петербург. Отпуск товаров (экспорт) из России в Европу через Петербург понизился с 28 % до 20,9 %, а ввоз (импорт) — с 43,6 % до 27,7 % [15].

Во избежание лишних перегрузок товары стали выгружаться в портах Ревеле (Таллине) и Нарве, а затем уже по Балтийской железной дороге направлялись вглубь России. Так, если до 1868 г. в порту Ревеля разгружалось товаров на сумму от 600 до 800 тыс. руб., то начиная с 1869 г., динамика (в млн руб.) была такова: 1869 г. — 1,4; 1870 г. — 3,6; 1871 г. — 13,7; 1872 г. — 32,6; 1873 г. — 21,1; 1874 г. — 40,6. Аналогичная картина наблюдалась и в Нарвском порту, грузооборот которого за этот же период вырос с 1,5 до 4,0 млн руб. (см. рис. 11, б) [15]. Таким образом, существовал выбор между тремя портами: Санкт-Петербург, Ревель и Нарва.

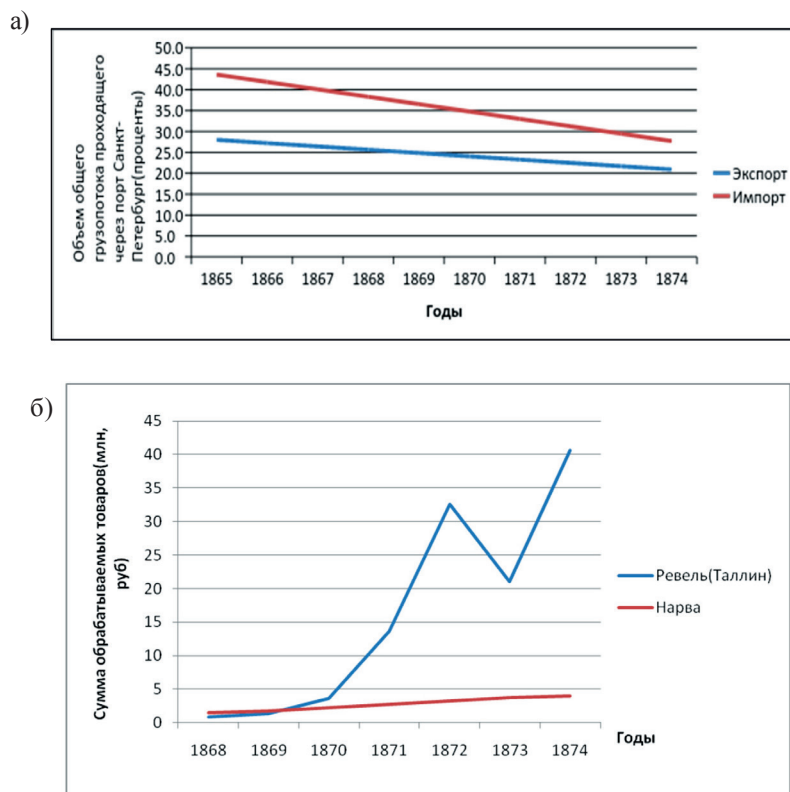


Рис. 11. Динамика грузопотоков, проходящих через порт Санкт-Петербург в 1865 – 1874 гг. (а) и порты Ревель и Нарва в 1868 – 1874 гг. (б)

После принятия решения в пользу порта Санкт-Петербург начались дноуглубительные работы, и в 1885 г. было закончено создание Морского канала от о. Котлин до устья Невы. В устье Невы также были проведены масштабные дноуглубительные работы, что привело к образованию трех гаваней. Небольшой бассейн у начала расхождения дамб канала («Морская пристань») и таможенная гавань при входе в канал из Невы («Гутуевский порт») были созданы в 1885 г.

Третья гавань, служащая для отгрузки за границу лесных товаров и зерновых культур, была образована в период 1897 – 1907 гг. и получила название «Хлебная-Лесная» [16] (рис. 12). Таким образом, была закреплена позиция порта Санкт-Петербург как ведущего Российского порта на Балтийском море.

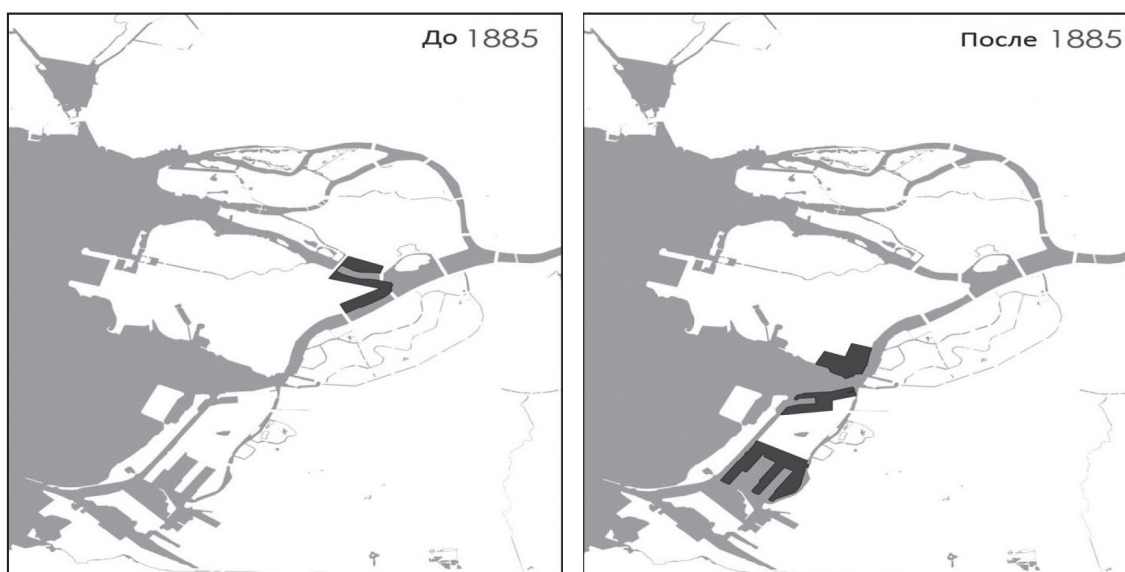


Рис. 12. Схема развития порта Санкт-Петербург

Выводы

1. В современной транспортной науке для изучения принципов управления развития портовыми комплексами сформировалась явная потребность перехода к более мощной методологически синергетической парадигме.

2. Суть синергетического управления состоит во взгляде на указанную комплекс как сложную нелинейную систему, способную к самоорганизации, спонтанному изменению структуры, различию откликов на воздействия, совпадающие и противодействующие существующим внутренним тенденциям саморазвития этой системы.

3. Основываясь на синергетической идее существования «поля путей развития, спектра структур, потенциально содержащегося, скрытого в нелинейных средах» и роли человека в мире, можно утверждать следующее: *поскольку всякое развитие многовариантно, всегда имеется выбор оптимального пути развития, который возможно не только выбрать, но и управлять им. Количество путей развития может быть велико, но не бесконечно, и всегда можно пытаться установить ограничение конкретной системы, сужающее пространство поиска оптимальных.*

4. Имеется принципиальная возможность исследовать оптимальные и осуществимые в рамках имеющихся возможностей сценарии развертывания событий, а также предполагаемые механизмы их реализации.

5. Зная будущее желательное состояние и способы следования естественным тенденциям самоорганизации систем, можно сократить время выхода на аттрактор, или будущую форму организации.

6. Следуя представлениям синергетики, порты и транспортно-логистическая среда должны рассматриваться как сверхсложная самоорганизующаяся, открытая, нелинейная система, со всеми присущими ей свойствами, законами и принципами развития. Портовые процессы реорганизации и развития следует не просто строить и даже не перестраивать, а инициировать, выводить соответствующие системы на собственные линии развития.

7. В то же время все модели должны не просто служить новой мировоззренческой платформой для лиц, принимающих решения, а носить предметный, численный характер, делающий их реальным инструментом планирования развития.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стратегия развития морской портовой инфраструктуры России до 2030 г. — М.: Росморпорт, 2012. — 170 с.
2. Bird J. Seaports and Seaport Terminals / J. Bird. — London: Hutchinson University Library, 1980. — 117 p.
3. Notteboom T. E. Port regionalization: towards a new phase in port development / T. E. Notteboom, J. P. Rodrigue // Maritime Policy & Management. — 2005. — Vol. 32. — Is. 3. — Pp. 297–313. DOI: 10.1080/03088830500139885.
4. Кузнецов А. Л. Генезис моделей развития портов в современной транспортной науке/ А. Л. Кузнецов, А. В. Галин // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2015. — № 2 (30). — С. 141–153.
5. Port development. — New York: UNCTAD, 1985. — 228 p.
6. Port marketing and the challenge of the third generation port. — Geneva: UNCTAD, 1992. — 55 p.
7. Beresford A. K. C. The UNCTAD and WORKPORT models of port development: evolution or revolution? / A. K. C. Beresford, B. M. Gardner, S. J. Pettit, A. Naniopoulos, C. F. Wooldridge // Maritime Policy & Management. — 2004. — Vol. 31. — Is. 2. — Pp. 93–107. DOI: 10.1080/0308883042000205061.
8. Хакен Г. Информация и самоорганизация. Макроскопический подход к сложным явлениям / Г. Хакен. — М.: Мир, 1991. — 240 с.
9. Хакен Г. Тайны природы. Синергетика: учение о взаимодействии / Г. Хакен. — Ижевск: ИКИ, 2003. — 320 с.
10. Пригожин И. Самоорганизация в неравновесных системах: от диссипативных структур к упорядоченности через флуктуации / И. Пригожин, Г. Николис. — М.: Мир, 1979. — 512 с.

11. Кузнецов А. Л. Кибернетический метод управления развитием морских портов/ А. Л. Кузнецов, А. В. Галин // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. — 2016. — № 3. — С. 93–97.
12. Всемирная история экономической мысли: в шести томах. — М.: Мысль, 1988–1990. — Т. 2: От Смита и Рикардо до Маркса и Энгельса / А. В. Аникин, В. С. Афанасьев, С. З. Бубликов [и др.]; под ред. Л. Н. Сперанской и др. — 576 с.
13. Review of Maritime Transport 2015. — USA, New York: UNCTAD, 2015. — 122 p.
14. Van den Berg R. Hinterland strategies of port authorities: A case study of the port of Barcelona / R. Van den Berg, P. W. De Langen // Research in Transportation Economics. — 2011. — Vol. 33. — Is. 1. — Pp. 6–14. DOI: 10.1016/j.retrec.2011.08.002.
15. Месняков А. Л. История города. — СПб.: Изд-во «Александр Принт», 2002. — 304 с.
16. Кузнецов А. Л. Пространственное развитие портов / А. Л. Кузнецов, А. В. Галин // Инновации. — 2015. — № 2 (208). — С. 115–120.

THE SYNERGY AS THE METHODOLOGICAL APPROACH FOR THE BASICAL INFRASTRUCTURE OF PORT-ORIENTED LOGISTICS

Based on the analysis of existing theory of the port development prediction and control was found the contrariety between existing models and requirements of practice. Historically formed toolkit detail briefed in previous publications of the authors and summarize in this article does not answer to the strategic question of the decision-makers about development program of exact port. Existing models explain in details why the port was developed on a particular way without explanations of the exact directions for future development. Due to the nature of studying subject it is impossible to create a single model of the process of port development using the traditional methodological principles, above question is postulated in the article. Since the modern port is a complex, stepwise, multi-level dynamic system, it cannot be adequately mapped using traditional linear system, which is the methodological simplification of reality. As a result, the port models constructed within the linear paradigm suffer significant loss of properties that initially limits the scope of their applicability. To study the strategic characteristics of ports development, especially included in the associated spatial-economic clusters, it is convenient to use well established in other fields of knowledge. The principal task of the authors was not the transfer of the general provisions of this theory and the creation of a methodological concept which is already used in transport business, but getting specific models of development, focused on the study of the qualitative and quantitative characteristics of the studied objects. It is shown the results of modeling the interaction and evolution of port populations serving the hinterland, the results confirmed the theoretical assumptions and the possibility of achieving stated goals.

Keywords : port, models, logistics, synergy, hinterland.

REFERENCES

1. Strategija razvitija morskoy portovoj infrastruktury Rossii do 2030 g. M.: Rosmorport, 2012.
2. Bird, J. *Seaports and Seaport Terminals*. London: Hutchinson University Library, 1980.
3. Notteboom, Theo E., and Jean-Paul Rodrigue. "Port regionalization: towards a new phase in port development." *Maritime Policy & Management* 32.3 (2005): 297–313. DOI: 10.1080/03088830500139885.
4. Kuznetsov, A. L., and Galin, A. V. "The genesis of port development models in modern transportation science." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S.O. Makarova* 2(30) (2015): 141–153.
5. *Port development*. New York: UNCTAD, 1985.
6. *Port marketing and the challenge of the third generation port*. Geneva: UNCTAD, 1992.
7. Beresford, A. K. C., B. M. Gardner, S. J. Pettit, A. Naniopoulos, and C. F. Wooldridge. "The UNCTAD and WORKPORT models of port development: evolution or revolution?" *Maritime Policy & Management* 31.2 (2004): 93–107. DOI: 10.1080/0308883042000205061.
8. Haken, G. *Informacija i samoorganizacija. Makroskopicheskiy podhod k slozhnym javlenijam*. M.: Mir, 1991.
9. Haken, G. *Tajny prirody. Sinergetika: uchenie o vzaimodejstvii*. Izhevsk: IKI, 2003.
10. Prigozhin, I., and G. Nikolis. *Samoorganizacija v neravnovesnyh sistemah: ot dissipativnyh struktur k uporyadochennosti cherez fluktuacii*. M.: Mir, 1979.

11. Kuznetsov, A. L., and A. V. Galin. "Cybernetic method of management of development of sea ports." *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Marine Engineering and Technologies* 3 (2016): 93–97.
12. Anikin, A. V., V. S. Afanasev, S. Z. Bublikov, et al. "Ot Smita i Rikardo do Marksa i Jengel'sa." *Vsemirnaja istorija jekonomicheskoj mysli*. M.: Mysl, 1988–1990. Vol. 2. 560–566.
13. *Review of Maritime Transport 2015*. USA, New York: UNCTAD, 2015.
14. Van den Berg, Roy, and Peter W. De Langen. "Hinterland strategies of port authorities: A case study of the port of Barcelona." *Research in Transportation Economics* 33.1 (2011): 6–14. DOI: 10.1016/j.retrec.2011.08.002.
15. Mesnjakov, A. L. *Istorija goroda*. SPb.: Izdatelstvo Aleksandr Print, 2002.
16. Kuznezov, A. L., and A. V. Galin. "Spatial development of ports." *Innovations* 2(208) (2015): 115–120.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Кузнецов Александр Львович —
доктор технических наук, профессор.
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени
адмирала С.О. Макарова»
thunder1950@yandex.ru
Галин Александр Валентинович —
кандидат технических наук, доцент.
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени
адмирала С.О. Макарова»
galin2403@gmail.com
Кириченко Александр Викторович —
доктор технических наук, профессор.
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени
адмирала С.О. Макарова»
a.v.kirichenko@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Kuznetsov Aleksandr Lvovic —
Dr. of Technical Sciences, professor.
Admiral Makarov State University of Maritime and
Inland Shipping
thunder1950@yandex.ru
Galin Aleksandr Valentinovic —
PhD, associate professor.
Admiral Makarov State University
of Maritime and Inland Shipping
galin2403@gmail.com
Kirichenko Aleksandr Viktorovich —
Dr. of Technical Sciences, professor.
Admiral Makarov State University
of Maritime and Inland Shipping
a.v.kirichenko@mail.ru

Статья поступила в редакцию 10 ноября 2016 г.

DOI: 10.21821/2309-5180-2016-8-6-34-42
УДК 655.62.052.4

**А. А. Ершов,
П. И. Петухов**

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СПРЯМЛЕНИЮ СУДНА ПРИ АВАРИИ В ЛЕДОВЫХ УСЛОВИЯХ

В статье рассматриваются способы реализации требований Международного полярного кодекса, который вступает в силу с 1 января 2017 г. Ключевым требованием для выполнения требований Международного полярного кодекса является Свидетельство судна полярного плавания, для получения которого для каждого судна должны быть разработаны «Наставления по эксплуатации судов в полярных водах». При создании данного документа необходимо разработать рекомендации по борьбе за живучесть конкретного судна при получении им повреждений в условиях ледового плавания. В настоящей статье для разработки данных рекомендаций предлагается использовать методы спрямления судна с извлечением полученной пробоины из воды. Предложенные в статье методы спрямления позволяют использовать их на всех судах, осуществляющих ледовое плавание в полярных водах, обеспечивая тем самым выполнение двух важнейших задач: быстрое, самостоятельное спрямление судна и предотвращение дальнейшего поступления воды через пробоину, а также снижение вероятности экологического загрязнения в процессе проведения этих мероприятий за счет предотвращения или снижения вероятности поступления в воду загрязненных веществ из корпуса судна. На основании результатов расчетов, предложенным в настоящей работе, сделан вывод об эффективности спрямления судна с извлечением пробоины из воды, а также подтверждена возможность использования данного метода на существующих и перспективных судах ледового плавания.