

Секция «Моделирование и прогнозирование глобального развития»

**Использование имитационного моделирования для анализа
социально-экономической динамики**

Бродский Ю.И.¹, Белотелов Н.В.²

1 - , E-mail: yury_brodsky@mail.ru; 2 - , E-mail: belotel@mail.ru

Имитационная эколого - демографо - экономическая модель (ЭДЭМ), которая использовалась для анализа социально-экономической динамики, разрабатывалась в Вычислительном Центре РАН им. А.А.Дородницына с начала нового века [1 – 3]. Она состоит из нескольких подмоделей, описывающих демографические, экономические и экологические процессы в модельной стране (регионе). Подмодель демографических процессов воспроизводит эволюцию половой и возрастной структуры населения в странах (регионах). Внутренними характеристиками являются количества в данном году женщин и мужчин, имеющих данный возраст. Внешними характеристиками являются распределение населения в стране по полу и возрасту в начальном году, т.е. в году, с которого начинается модельное воспроизведение демографического процесса, а также зависимости коэффициентов рождаемости и смертности от возраста, образованности, экологических факторов. Для каждой страны по распределению населения по полу и возрасту в данном году рассчитывается это распределение в следующем году. Прогностическими характеристиками, кроме упомянутых выше, также являются: общая численность населения в стране, общая численность мужчин, общая численность женщин, количества родившихся и умерших в данном году, численность детей, численность школьников, численность студентов; эта величина определяется по расходам государства и домашних хозяйств на высшее образование, численность рабочих [U+2500] рабочими считаются мужчины и женщины, окончившие школу, но не получившие высшего образования, численность служащих [U+2500] служащими считаются мужчины и женщины, получившие высшее образование, но не окончившие аспирантуру, численность ученых [U+2500] учеными считаются мужчины и женщины, окончившие аспирантуру, численность активного населения, т.е. суммарная численность рабочих, служащих, ученых, численность пенсионеров, отношение численности пенсионеров к численности активного населения и т.д. Подмодель, описывающая экономические процессы, устроена следующим образом. В ЭДЭМ имеются следующие экономические агенты: государство, фирмы (или компании) частные и государственные, домашние хозяйства (население). Государство имеет деньги, собирая «налоги» с прибылей фирм (налог на прибыль), с фирм за выбросы загрязнителей в окружающую среду (экологический налог), с зарплаты (предполагается, что фирмы платят занятому населению зарплату) населения (подоходный налог). (Отметим, что в данной версии модели собственно финансовая динамика, а именно: эмиссия, рынок ценных бумаг и ссудный процент не рассматривается.). Считается, что государство платит безработным. Фирмы имеют деньги, продавая свою продукцию, за вычетом того, что истрачено, населению «на рынке». Торговля в ЭДЭМ не учитывается. В экономике ЭДЭМ имеется, в сущности, лишь один вид продукции. Основу ЭДЭМ составляет распределение мощностей по времени и эксплуатационному возрасту. Мощность в ЭДЭМ – это максимальный выпуск продукции (которая продается на рынке) в единицу времени (при полной обеспеченности рабочей силой), измеренный в деньгах. Мощности в ЭДЭМ «живут» 25 лет. Каждый год появляются новые мощности с новыми технологическими параметрами, теми, с помощью которых можно получить «прибыль», продавая соответствующую продукцию на том «рынке», который сейчас имеется с его ценами, а старые «отмирают». Для того, чтобы новые мощности появились кто-то должен заплатить (или государство или фирмы) деньги. Таким образом, инвесторами (т.е.

те, кто вкладывает деньги в производство) в ЭДЭМ являются государство или фирмы (частные или государственные). Технологические параметры – это максимальный выпуск продукции в единицу времени при полной обеспеченности рабочей силой, выбросы в окружающую среду загрязнителей на единицу продукции, количество рабочей силы разного уровня образованности на единицу продукции, количество требуемого природного ресурса на единицу произведенного продукта. Однако, рынок новых технологий в модели не описан и платежи за новые технологии, которые осуществляются фирмами, задаются, т.е. являются внешними величинами. Каждый год в демографическом блоке подсчитывается количество трудовых ресурсов данного уровня образованности в зависимости от расходов государства и населения на образование. На этом основании подсчитывается выпуск продукции и выбросы загрязнителей. Каждая технология характеризуется выбросами загрязнителей в окружающую среду. В модели учитывается два вида загрязнителей: первый носит глобальный характер, второй влияет на жизнь людей только в пределах данной страны. Первый далее будет называться глобальным загрязнителем, второй [U+2500] локальным. При расчете выпуска продукции рентабельными мощностями, обеспеченными рабочей силой, определяется также суммарные выбросы загрязнителей обоих типов. По суммарным выбросам загрязнителей определяется качество окружающей среды в каждой стране. Считается, что окружающая среда обладает свойствами гомеостаза, самоочищения: с некоторой скоростью загрязнители перерабатываются, уничтожаются. В то же время имеется предельная скорость такой переработки (она в настоящее время неизвестна; в модели она «придумана») и, если загрязнители поступают в среду с большей скоростью, то они начинают накапливаться. Имеется предельная емкость среды: при превышении некоторого уровня загрязнения механизм самоочищения разрушается и качество среды резко ухудшается — наступает то, что называют экологической катастрофой. От качества среды зависят коэффициенты рождаемости и смертности в демографической модели. Структура потребления, т.е. распределение спроса между «чистой» и «грязной» продукцией, расходы на здравоохранение и образование зависят от уровня образования людей и от государственных средств, которые выделяются на образование. Доля чистой продукции в потреблении людей характеризует степень, в которой чистота окружающей среды является для них потребительским качеством. «Структура потребления домашних хозяйств» определяется «социальной средой», тем, что в ней считается престижным, к чему стремятся «обычные» люди (обыватели). Социальная среда и «направление инновационной экономики» взаимосвязаны, причем в основе этой взаимосвязи находится именно социальная среда, определяемая в конечном счете культурой людей, их уровнем жизни, социальным воспитанием. Для описания взаимодействия между странами (регионами) были разработаны модели миграционных процессов и модель обмена продуктами между странами. Модель миграции между странами устроена следующим образом. Считается, что каждая страна описывается своей моделью ЭДЭМ, но с различными параметрами и начальными данными. Считается, что каждой стране соответствует своя «культура» и своя структура потребления. Носителями этой «культуры» являются жители страны и при переезде они могут либо сохранить свой культурный статус и, соответственно, структуру потребления, либо ассимилироваться, то есть принять «культуру» страны пребывания. В общем случае в каждой стране существует некоторое количество людей неудовлетворенных текущей социально – экономической или экологической ситуацией в стране. Предполагается, что этот уровень определяется следующими факторами: уровнем безработицы в стране, среднедушевым доходом, качеством образования, информационным воздействием. Следует отметить, важны не только текущие значения этих факторов, но и предшествующие им. А именно, если ситуация в прошлом была неудовлетворительной, но наблюдаются улучшение ситуации, то доля «недовольных» сокращает-

ся. В каждом году доля «недовольных» жителей страны мигрирует в другую страну, при этом, в зависимости от возраста и уровня образованности, выбирается одна из стран, где уровень жизни максимизирует определенный критерий, соответствующий представлениям мигрирующей группы. Следующим этапом является процесс ассимиляции мигрантов. На это влияют следующие факторы: величина доли мигрантов из страны в общей численности страны, интенсивности миграционных потоков, образовательная политика страны. Также существуют некоторые критические значения вышеперечисленных факторов, при достижении которых интенсивность ассимиляционных процессов замедляется и начинается процесс формирования диаспор. Особо следует отметить, что в данной версии модели не рассмотрены процессы «перемешивания» (взаимопроникновения) «культур» за счет образования смешанных браков, а также за счет процесса образования. Для введения в систему нескольких «однотипных» стран модель механизма перераспределения устроена следующим образом. В конце каждого такта работы модели вычисляются «мировые цены» соответствующих продуктов - по сути это средневзвешенные цены соответствующих продуктов (аналогично можно поступить с ресурсом). После этого реализуется следующая процедура. В каждой стране добавляется к запасу продукта величина, учитывающая соотношение рентабельности производства продукта внутри страны по соотношению к «мировой» рентабельности, а из соответствующих бюджетов эта величина вычитается. То есть менее рентабельные экономики получают соответствующее количество дополнительного продукта, но при этом получают вычет из соответствующих бюджетов. Таким образом, происходит перераспределение продуктов и бюджетов между несколькими странами. Развитие такого подхода позволит рассматривать влияние на развитие стран степени открытости экономики. Для этого достаточно ввести управление на часть «принудительно» перераспределяемого продукта от экономик более рентабельных к менее рентабельным. Перейдем к обсуждению результатов гуманитарного анализа имитационных экспериментов, проведенных с описанной выше имитационной моделью. Во-первых, показано, что при сбалансированном демографическом процессе (постоянной численности) в экономике одной страны неизбежно возникают кризисы перепроизводства. Во-вторых, неравномерность развития стран мирового сообщества приводит к миграционным потокам людей из менее развитых стран в более развитые. Необходимо различать два вида миграции. К первому виду миграции относится та миграция, при которой мигранты имеют более высокий уровень образования, чем уровень образования страны, откуда они уезжают. Ко второму виду относится та миграция, при которой мигранты имеют более низкий уровень образования, чем уровень образования страны, куда они въезжают. Первый вид миграции имеет в основном легальный характер. По крайней мере, часть мигрантов с высоким уровнем образования уезжает потому, что в соответствующей стране или совсем не работает или работает недостаточно интенсивно механизм гонки потребления, который обсуждался в разделе 8.4.3.1, который делает фундаментальную науку, прикладную науку, образованность востребованными в стране. Напомним, что природа этого механизма состоит в уменьшении из-за конкуренции трудозатрат на производство «традиционных» товаров и услуг, в утилизации высвобождающихся трудовых ресурсов на улучшение качества «традиционных» товаров и услуг, расширение их номенклатуры, производство новых видов товаров и услуг. Этот механизм требует производства фундаментальной наукой новых знаний, производства прикладной наукой новых технологий, увеличения уровня образования людей и эволюцию их структуры потребления. Мигранты первого вида, уезжая из страны, «увозят» с собой свою структуру потребления, снижая спрос в своей стране на новые товары, и еще более ослабляя механизм гонки потребления. Этот вид миграции способствует формированию в мировом сообществе двух структур потребления. В развитых странах в структуре потребления все более превалирует информация и ду-

ховные ценности, в неразвитых основная доля в структуре потребления приходится на еду, одежду, жилье. Миграция первого вида замедляет развитие стран, откуда легальные мигранты уезжают и, вообще говоря, ускоряет развитие стран, куда легальные мигранты приезжают. Такая миграция является механизмом расслоения стран мирового сообщества на две части: процветающих и благоденствующих (эту часть стран принято характеризовать словами «золотой миллиард») и отсталых и нищенствующих. Вместе с усилиями, предпринимаемыми некоторыми структурами в мировом сообществе по снижению интенсивности воздействия хозяйственной деятельности на окружающую среду, имеет место и противоположный процесс: вывоз «грязных» технологий из развитых стран в неразвитые, превращение неразвитых стран в поставщиков природных ресурсов. Этот процесс вместе с процессом легальной миграции способствует разделению стран на процветающих и нищенствующих. Понятно, что «жесткий» вариант перевода механизма гонки потребления в гонку за экологическую чистоту технологий и производимых товаров в мире, разделенном на «золотой миллиард» и всех прочих, невозможен: сначала необходимо ликвидировать нищету. Миграция второго вида носит, в основном, нелегальный характер. В основе миграции второго вида лежит несогласованность технологий с уровнем образованности людей в стране, куда нелегальная миграция осуществляется: используемые технологии таковы, что потребный объем трудовых ресурсов людей с низким уровнем образованности превышает предложение таковых коренным населением данной страны. Миграция второго вида действует в сторону, противоположную той миграции, в которую действует миграция первого вида. Другими словами, она является фактором, выравнивающим уровни развития стран. По-видимому, однако, это фактор действует на порядок слабее, чем факторы, вызывающие расслоение стран. В-третьих, при существовании «идеального» глобального рынка продуктов и ресурсов более развитые экономики, то есть имеющие более рентабельные производства, сохраняют свои лидирующие позиции. В целом имитационные модели сложных социально-экономических явлений, которые были описаны выше, дают возможность по-новому взглянуть на изучаемые системы. В процессе формализации описания того или иного процесса с целью создания замкнутой имитационной модели одним из важнейших этапов является этап междисциплинарного обсуждения изучаемого явления. При этом происходит «взаимопроникновение» естественнонаучного и гуманитарного подходов. Такое обсуждение чрезвычайно важно при проектировании компьютерной (имитационной) модели, но, возможно, еще большее значение оно приобретает при анализе имитационных экспериментов.