

**Модель экономической деятельности фирмы при использовании
возобновляемых природных ресурсов**

Аннотация. В докладе развивается идея о том, что при изучении взаимодействия между экономикой и природной средой следует рассматривать в качестве взаимодействующих субъектов как экономические системы (фирмы), так и биологические (экосистемы, популяции).

Проведён обзор принятых в экономической теории подходов к проблеме использования природных ресурсов и показано, что все они рассматривают биологические системы исключительно как объект собственности и источник благ. Это делает затруднительным применение данных подходов, когда права собственности на биологические системы недостаточно чётко определены, экономические субъекты не могут должным образом оценить последствия своих действий или когда блага, производимые экосистемами, не находят должной оценки на рынке.

Обосновывается необходимость дальнейшей разработки универсальной (общей) экономики как дисциплины, изучающей поведение различных систем с точки зрения соотношения между целями и ограниченными средствами, которые могут иметь различное употребление. Вводится понятие «агент эволюционного процесса», которое обозначает группу живых организмов, получающую выгоду или несущую ущерб в ходе экологического и (на более протяжённых промежутках времени) эволюционного взаимодействия, благодаря чему она претерпевает изменения и ведёт себя так, как будто стремится получить выгоду и избежать ущерба.

В работе предложена модель конкурентного взаимодействия, анализирующая взаимодействие популяции фирм и природной экосистемы в краткосрочном периоде. Показано, что модель даёт результаты, поддающиеся разумной интерпретации, адекватна изучаемым процессам, является внутренне непротиворечивой, достаточной и простой, обладает предсказательной силой. Модель использована при анализе взаимодействия сельскохозяйственных фирм и лесной экосистемы в Республике Гаити и Доминиканской Республике. Показано, что полученные расчётные результаты близки к фактически наблюдаемым, а модель можно использовать для решения практических задач.

Ключевые слова:

природопользование, субъект экономического выбора, экстерналии, экосистема, популяция, естественный отбор, агент эволюционного процесса, использование ресурсов, универсальная экономика, общая экономика, клеточный автомат, имитационная агентская модель, модель конкурентного взаимодействия двух контрагентов, землепользование, обезлесение, Гаити, Доминиканская Республика.

Классификация JEL: A12,B52,Q20

Оглавление

Введение.....	3
Глава 1. Теоретические аспекты исследования взаимодействия фирм и окружающей среды при использовании природных ресурсов.....	5
1.1. Проблема использования природных ресурсов в современной экономической теории: экстерналии и производство общественных благ ...	5
1.2. Использование природных ресурсов и границы экономической науки	10
1.3. Эволюционные механизмы в деятельности экономических субъектов	14
1.4. Популяции и экосистемы как аналоги хозяйствующих субъектов при изучении взаимодействия фирмы и окружающей среды	24
Глава 2. Модель конкурентного взаимодействия фирмы и природной среды при использовании возобновляемых ресурсов.....	29
2.1. Типология моделей и выбор подхода к моделированию	29
2.2. Описание модели конкурентного взаимодействия фирмы и природной среды	30
2.3. Валидация модели взаимодействия фирмы и природной среды.....	33
2.4. Предварительные практические рекомендации для экономической и природоохранной политики.....	38
Заключение	42
Литература	44

Введение

Среди ключевых вопросов, изучением которых занимается экономическая теория, важное место занимают вопросы об улучшении показателей деятельности фирмы и её устойчивости в долгосрочном периоде. В данной области возможны два теоретических подхода: один делает упор на принятие решений в рамках отдельной фирмы и используемые ею технологии, другой обращает первоочередное внимание на экономическую, институциональную и физическую среду, в которой фирма действует. В некоторых сферах деятельности значение среды особенно велико. Одной из таких сфер является использование природных ресурсов.

Современный этап в развитии мировой экономики характеризуется всевозрастающим давлением на окружающую среду. Увеличение населения планеты, экономический рост и повышение технической вооружённости человечества приводят к истощению природных ресурсов, повсеместной деградации экосистем и усугублению глобальных экологических проблем, таких как ограничение доступа к пресной воде, загрязнение воздуха или глобальное потепление. Рост природоохранных мероприятий явно отстаёт от этого процесса.

Экологическая проблематика вошла в мировую повестку дня с 70-х гг. XX века, когда был накоплено значительное количество данных, свидетельствующих о деградации окружающей среды в результате человеческой деятельности. Важную роль в этом сыграла работа, проводившаяся по заказу Римского клуба, особенно первый доклад «Пределы роста», выпущенный в 1972 г.¹ В результате многолетней работы различных исследователей и организаций была сформулирована концепция устойчивого развития, то есть такого развития, которое удовлетворяет потребности настоящего времени, но не ставит под угрозу способность будущих поколений удовлетворять свои собственные потребности². Новый взгляд на экологическую ситуацию и характер экономического развития вызвал к жизни целый ряд мероприятий, призванных минимизировать отрицательное воздействие человечества на окружающую среду и устранить уже нанесённый ущерб, таких как многосторонние международные соглашения, национальное природоохранное регулирование и производство экологически чистых товаров. Было введено понятие экосистемных услуг и произведены первые попытки их количественной оценки.

Данные теоретические концепции и практические программы требуют изменить подход экономической теории к экологической проблематике. Представление о фирме как о простом экономическом субъекте, действующем в

¹ Медоуз Д.Х., Медоуз Д.Л. Рандерс Й. Пределы роста. М.: Изд-во МГУ, 1991.

² Гизатуллин Х.Н., Троицкий В.А. Концепция устойчивого развития: новая социально-экономическая парадигма // Общественные науки и современность. 1998. №5. С. 124.

однородной рыночной среде и реагирующем лишь на ценовые сигналы, недостаточно соответствует наблюдаемым фактам и не позволяет разрешить встающие перед обществом проблемы, а значит, требует существенного уточнения. Для адекватного отражения взаимодействия фирмы с другими экономическими субъектами в процессе использования ими редких ресурсов, требуется учитывать системные свойства внешней среды, в которой действуют эти субъекты. Неотъемлемым компонентом этой среды являются экосистемы (природные сообщества)³ и биосфера в целом.

Данная проблема имеет два аспекта:

1. Природные ресурсы, потребляемые фирмой, формируются и используются в ходе различных биосферных процессов и представляют ценность не только для человека, но и для экосистем, которые, однако, не могут предъявить спрос на рынке.
2. Экосистемы производят целый ряд благ, таких как воздух, чистая вода, плодородные почвы, регулирование климата и водостока, защита от заболеваний и т. д., которые имеют большую экономическую ценность, но выступают на рынке как бесплатные или приобретаются по заниженной цене.

Снижение эффективности экономического выбора, возникающее, когда фирмы могут приобретать бесплатные выгоды и перекладывать свои издержки на третьих лиц, известно в экономической теории как проблема экстерналий. Её изучение имеет давнюю историю, при этом большинство авторов в качестве таких третьих лиц рассматривали другие фирмы, государство, общественные объединения или индивидов, но не биологические системы. Если же мы включим в рассмотрение последние – хотя бы в качестве систем, на которые перекладываются издержки – то, вполне вероятно, сумма экстерналий значительно увеличится и их значение для экономики в целом окажется положительным.

Целью данного исследования является разработка модели для определения тех характеристик фирмы, использующей ресурсы биологической системы, которые позволили бы ей улучшать экономические результаты, не подрывая воспроизводства этой системы. При этом биологическая система рассматривается как агент с собственным поведением, который стремится к своим целям и реагирует на действия фирмы.

Для достижения сформулированной цели поставлены следующие задачи:

³ Ключевым различием между понятиями экосистемы и природного сообщества (биоценоза) заключается в том, что первое включает в себя неорганический компонент (биотоп), а второе – нет. В рамках данной работы это различие представляется несущественным, поэтому понятия «природное сообщество» используется как синоним понятия «экосистема». Словосочетание «биологическая система» мы используем как более широкий термин, объединяющий любые системы, образуемые живыми организмами (экосистемы, популяции и др.).

1. Определить черты сходства и различия экономических и биологических систем, необходимые для моделирования поведения биологических систем как экономических субъектов особого рода.
2. Сформулировать признаки экономического субъекта особого рода, представляющего собой биологическую систему, которая выступает в качестве контрагента для экономического субъекта – фирмы.
3. Построить модель, описывающую взаимодействие фирм и биологических систем как экономических агентов.
4. Провести тестирование данной модели при различных значениях входящих в неё параметров.
5. Исследовать применимость модели к практической ситуации.
6. Определить параметры фирмы и внешние условия, при которых в рамках разработанной модели обеспечивается устойчивый процесс ее функционирования при сохранении приемлемого качества природной среды.

Глава 1. Теоретические аспекты исследования взаимодействия фирм и окружающей среды при использовании природных ресурсов

1.1. Проблема использования природных ресурсов в современной экономической теории: экстерналии и производство общественных благ

Начиная с 70-х гг. XX века инициативные группы, общественные организации и правительства уделяют всё больше внимания экологическим проблемам. В этом движении, однако, на удивление мала роль специалистов по экономической теории. Ряд крупных экономистов склонен преуменьшать серьёзность экологических проблем. Так, У. Нордхаус, опросив ряд экспертов о вероятности 25-процентного падения мирового дохода по причине глобального потепления, констатирует, что экономисты устойчиво давали более оптимистические оценки, чем представители естественных наук⁴. Подобные выводы основываются на ряде предпосылок, главной из которых является оценка издержек от деградации окружающей среды исключительно в стоимостном выражении, которое рассчитывается на основе цен, формируемых рынком, и собирается средствами национальной статистики⁵.

⁴ Nordhaus W.D. Reflections on the economics of climate change // The Journal of Economic Perspectives. Vol. 7, No. 4, Autumn, 1993. С. 23.

⁵ Foster J.B., Clark B. The paradox of wealth: Capitalism and ecological destruction // Monthly Review. 2009. 61 (6). С. 1-18.

Общественное богатство, удовлетворяющее потребности людей, и частные богатства, находящие стоимостное выражение на рынке, противопоставлял ещё в начале XIX века Дж. Мэйтленд, граф Лодердейл⁶. Крупнейшие экономисты того времени, такие как Д. Рикардо, Ж.-Б. Сэй и Дж. С. Милль признавали справедливость его рассуждений, однако полагали, что данная проблема, равно как и понятие потребительной стоимости вообще, лежит за пределами экономической науки. С появлением школы маржинализма такой взгляд на проблему стоимости стал господствующим, а вместе с ним установилось и представление, что природные ресурсы являются бесплатным даром природы.

В XX веке экологический ущерб стали представлять как один из видов экстерналий. Современное представление о разрешении проблемы экстерналий связано с именем Р. Коуза. Он обращал внимание на то, что ситуации с причинением ущерба носят обоюдный характер, а значит, компенсация ущерба должна не наказать «виновного», но привести к максимизации общественного продукта. Коуз показал, что в условиях совершенной конкуренции стороны будут заключать друг с другом сделки, которые установят объём производства на максимальном возможном уровне. Позже Дж. Стиглер назвал это положение «теоремой Коуза», закрепив его в следующей формулировке: «в условиях совершенной конкуренции частные и социальные издержки всегда равны»⁷. Сам Коуз считал, что теорема, названная его именем, является лишь «ступенью на пути к анализу экономики с положительными трансакционными издержками»⁸. Однако многие экономисты не приняли эту исследовательскую программу, по-прежнему сосредоточившись на работе с моделью совершенной конкуренции. В их исследованиях важное место занимает теорема Коуза в формулировке Стиглера, а основным способом интернализации экстерналий представляется минимизация трансакционных издержек насколько это возможно⁹.

В другом направлении идеи Коуза стал развивать Дж. Бьюкенен. Он обратил внимание на то, что часто ценность того или иного ресурса для разных экономических субъектов не является объективно известной измеримой величиной. Соответственно сторонний наблюдатель не может сделать вывод, является ли то или иное распределение ресурсов эффективным или нет. Единственным критерием эффективности является согласие сторон, достигнутое в результате свободных и равных переговоров. Конкретный результат переговоров зависит от существующих в обществе институтов, которые сами определяются

⁶ См. *Daly H.E.* The return of Lauderdale's paradox // *Ecological Economics*. 1998. Vol. 25, issue 1. С. 21-23.

⁷ *Stigler G.J.* The theory of price. New York: Macmillan Co., 1987.

⁸ Коуз Р. Нобелевская лекция «Институциональная структура производства». В антологии «Природа фирмы». М.: Дело, 2001. С. 347.

⁹ Подробнее о различиях в понимании теоремы Коуза самим Коузом и Стиглером см. в *McCloskey D.* The so-called Coase theorem // *Eastern Economic Journal*, Vol. 24, No. 3, Summer 1998. С. 367-371.

согласием заинтересованных лиц и подвержены изменению. Трансакционные издержки в таком контексте теряют свою определяющую роль¹⁰.

Тайваньский исследователь Бин-Юань Сюн считает возможным совместить подход Коуза и Бьюкенена в рамках следующего рассуждения. Индивиды в своей жизни, в том числе в экономической деятельности, руководствуются ценностями. Ценности, с одной стороны, являются продуктом образования и воспитания, общим для всех членов данного общества (и потому выступают мощным фактором снижения трансакционных издержек), а с другой – отражают характер, опыт и вкусы данного конкретного индивида. Когда индивиды осуществляют рыночные трансакции, они руководствуются своими субъективными ценностями, но эти трансакции порождают объективно наблюдаемые цены. В таких ситуациях существует объективный критерий эффективности и механизмы, описанные Коузом, работают. К тем же случаям, когда такой объективной меры нет, следует применять подход, предложенный Бьюкененом¹¹.

Подход к изучению экономических явлений, предложенный Бьюкененом, особенно в версии Бин-Юань Сюна, представляет значительный интерес в рамках данного исследования, поскольку позволяет провести аналогию между экономическими и биологическими системами. Действительно, если мы можем анализировать поведение экономических субъектов, которые неспособны выразить свои предпочтения в объективно наблюдаемой форме, то следующим шагом будет анализ поведения субъектов, которые неспособны сами для себя заранее оценить свои предпочтения, и могут лишь проявлять их непосредственно в процессе потребления или производства благ и услуг. Именно такими субъектами и являются биологические системы – будь то отдельные организмы, популяции или экосистемы.

Однако в экономической теории природные сообщества понимаются, главным образом, как объект собственности и источник благ. Задача о том, как организовать поведение многих экономических субъектов, эксплуатирующих биологическую систему, с тем, чтобы не допустить истощение последней, исследуется в теории общих ресурсов. Последние отличаются от общественных благ тем, что бенефициары могут исключить неплательщика из своих рядов, хотя это и сопряжено со значительными затратами¹². Теория общих ресурсов восходит к известнейшей работе Г. Хардина «Трагедия общин»¹³. Там исследователь обосновал точку зрения, что пользователи не станут сами ограничивать потребление общих ресурсов, если не уверены, что другие будут делать то же

¹⁰ Buchanan J.M. Rights, efficiency, and exchange: The irrelevance of transaction cost // Ansprüche, Eigentums- und Verfügungsrechte. Berlin: Duncker und Humblot, 1984. С. 9-24.

¹¹ Hsiung B.-Y. Reconciling Coase and Buchanan on the Coase theorem // Journal of Institutional and Theoretical Economics, 159(2), 06/2003. С. 392-413.

¹² О различении общественных благ и общих ресурсов см. в Остром Э. Управляя общим. Эволюция институтов коллективной деятельности. М.: ИРИСЭН, Мысль, 2012.

¹³ Hardin G. The Tragedy of the Commons // Science. New Series. Vol. 162. № 3859 (December 1968). [Электронный ресурс] // Центр гуманитарных технологий. — URL: <http://gtmarket.ru/laboratory/expertize/3509>

самое, а значит, без внешнего принуждения им не обойтись. После выхода этой статьи в экономическом сообществе установилось мнение о существовании лишь двух решений проблемы ресурсов общего пользования: через установление частной или государственной собственности на них.

Ещё раньше проблемой занялись экономисты институциональной школы. М. Олсон в своей работе «Логика коллективных действий»¹⁴ предложил альтернативу как огосударствлению, так и приватизации. Исследовав различные типы организаций, производящих общественные блага, он выяснил, что некоторые из них смогли поддерживать собственное существование в течение продолжительного времени. Это оказалось возможным в двух случаях. Одни организации предоставляли своим членам какие-либо частные услуги, благодаря которым участники групп, на представление интересов которых претендовали данные организации, находили более выгодным войти в их состав и поддерживать их деятельность (профессиональные ассоциации). Другие поддерживали своё влияние через те или иные формы принудительного членства (профсоюзы и государственные организации). Если такие решения подходят для производства общественных благ, тем более они будут работать при использовании общих ресурсов.

Американская исследовательница Э. Остром рассмотрела в своей ключевой работе «Управляя общим»¹⁵ опыт работы институтов, обеспечивающих использование общих ресурсов, которые устойчиво работают и эволюционируют в течение десятков и сотен лет. В одних случаях институты успешно функционировали и изменялись многие сотни лет, в других формировались в недавнее время, и этот процесс был исследован учёными, в третьих — сообщества не могли обеспечить воспроизводство общих ресурсов под давлением вновь прибывших участников или изменившихся экономических условий. Остром выделяет восемь ключевых признаков устойчивого управления общими ресурсами:

- 1) чётко установленные границы ресурсной системы;
- 2) правила использования и присвоения общих ресурсов, приспособленные к местным условиям;
- 3) участие большинства пользователей ресурсов в принятии коллективных решений;
- 4) эффективный надзор за исполнением правил со стороны лиц, являющихся пользователями или подотчётных им;
- 5) система наказаний для нарушителей правил, которые в большинстве случаев исполняются, соответствуют тяжести проступка и контексту ситуации;
- 6) общедоступные механизмы разрешения конфликтов, не сопряжённые с существенными издержками;

¹⁴ Олсон М. Логика коллективных действий. Общественные блага и теория групп. М.: ФЭИ, 1995.

¹⁵ Остром Э. Управляя общим. Эволюция институтов коллективной деятельности. М.: ИРИСЭН, Мысль, 2012.

- 7) признание со стороны властей более высокого ранга;
- 8) для больших ресурсных систем – наличие иерархии управляющих институтов с опорой на местные общины.

Как видно из этих критериев, важнейшую роль в поддержании институтов по управлению общими ресурсами, играет учёт местной специфики и использование локального, распределённого знания – часто посредством прямого привлечения лиц, этим знанием обладающих. В устойчивых институциональных системах выполнялись все восемь перечисленных принципов, в случаях провала — не более трёх. Промежуточное положение занимали системы, которые нормально функционировали в существующей обстановке, но были уязвимы перед изменением внешних условий.

Значение работы Остром состоит в том, что она показала принципиальную возможность существования многочисленных и разнообразных институтов, управляющих ресурсными системами, и сформулировала критерии устойчивости таких институтов.

Таким образом, в современной экономической мысли можно увидеть два подхода к рассмотрению проблемы использования природных ресурсов. Один из них, восходящий к работам Пигу и исследователей, бравших за основу своих рассуждений теорему Коуза, исходит из того, что экономические субъекты могут самостоятельно с требуемой точностью оценить выгоды и издержки от своих действий и определить посредством переговоров оптимальный способ использования ресурсов, если для этого имеются необходимые условия (низкие транзакционные издержки). Если же транзакционные издержки высоки, эффективность использования ресурсов можно улучшить при помощи государственного вмешательства.

В рамках второго подхода находится большая часть работ самого Коуза¹⁶, работы Бьюкенена и экономистов, изучавших производство и использование общественных благ и общих ресурсов. Эти авторы подчёркивают, что некоторая ключевая информация, необходимая для эффективной организации деятельности экономических субъектов, не может быть ими получена или использована. Проблему взаимодействия решают нормы и институты, существующие в обществе. Именно они должны быть основным предметом исследования. Второй подход представляется более реалистичным, однако даже применительно к

¹⁶ Работы Коуза парадоксальным образом можно рассматривать в контексте обоих подходов. Основную свою задачу он видел в привлечении внимания экономистов к вопросам организации экономической деятельности в мире с высокими транзакционными издержками (см. Коуз Р. Заметки к «Проблеме социальных издержек». В сборнике «Фирма, рынок и право» / Коуз Р. М.: Новое издательство, 2007. С. 150-176; Коуз Р. Нобелевская лекция «Институциональная структура производства». В антологии «Природа фирмы». М.: Дело, 2001. – С. 340-351). Отсюда его интерес к правовой системе и её влиянию на экономическую деятельность. Однако гипотетическая ситуация, рассмотренная в статье «Проблема социальных издержек», оказала такое воздействие на экономическое сообщество, что многие исследователи стали видеть решение самых разных проблем в минимизации транзакционных издержек, а не в достижении оптимального уровня общественного продукта путём создания необходимых институтов.

небольшим коллективам его использование представляет собой сложное и трудоёмкое дело. Изучать подобным образом проблемы, возникающие на страновом и глобальном уровне ещё сложнее, тем более что многие из институтов в данном случае ещё не существуют и только должны быть созданы.

Однако и тот, и другой подходы в нынешнем своём виде рассматривают природные сообщества лишь как объект владения и управления, что не позволяет в полной мере решить проблемы, поставленные в начале данной работы. Дальнейший анализ показывает, что причина этому связана с пониманием предмета и границ экономической науки.

1.2. Использование природных ресурсов и границы экономической науки

Современные модели, описывающие использование окружающей среды экономическими субъектами, весьма разнообразны и учитывают неполноту информации, издержки мониторинга, конкуренцию, проблему принципала-агента, коррупцию, политическую систему и т. д.¹⁷ Однако все они рассматривают природные сообщества исключительно как объект владения и пользования, а причины ущерба, наносимого окружающей среде видят лишь в экстерналиях. Такой подход не учитывает огромной сложности и взаимозависимости природных и общественных систем. Предлагаемые методы устранения экстерналий: проведение переговоров и заключение контрактов между заинтересованными сторонами, создание институтов, обеспечивающих коллективное действие, прямое государственное вмешательство – не учитывают или недостаточно учитывают следующие факты:

- 1) Экосистемы производят блага и услуги необходимые для человека и его хозяйственной деятельности (экосистемные услуги), притом, что права собственности на эти экосистемы часто определены недостаточно чётко;
- 2) Внутри экосистем существуют сложные взаимоотношения, которые неизвестны или недостаточно известны хозяйствующим субъектам, в результате чего принимаемые последними решения могут оказаться неэффективными;
- 3) Субъекты, производящие экстерналии и несущие ущерб от них, часто разнесены в пространстве или во времени (примером последнего выступает перенос последствий нынешнего неразумного природопользования на будущие поколения¹⁸).

¹⁷ См. обзор в работе *Левин М.И., Матросова К.А.* Экономические модели мониторинга качества окружающей среды в условиях неполной информации и высоких издержек // Вопросы экономики. 2014. №4. С. 99-122.

¹⁸ Демсец полагает, что ущерб, причиняемый будущим поколениям, может быть полностью учтён при установлении частной собственности на общие ресурсы (*Demsetz H. Toward a theory of property rights // The American Economic Review. Vol.57, No.2, May 1967. С. 347-359*). Это утверждение можно считать справедливым, только если собственники уверены, что их объект собственности перейдёт по наследству потомкам (а не будет,

Заведомо недостаточная информированность экономических агентов и их неспособность найти подходящие организационные решения в любой ситуации, когда возникает экологический ущерб, не позволяют присоединиться к оптимистической оценке М. Фридмана, утверждавшего, что «экологические ценности могут найти себе естественное место на рынке, как и любой другой вид потребительского спроса»¹⁹. Сложность возникающих проблем требует новых методов экономического анализа и комплексных институциональных решений.

Ключевой проблемой является то, что как экономические субъекты, так и экономисты оценивают издержки от деградации окружающей среды, главным образом, в стоимостном выражении. Экосистемы производят блага и услуги, используемые человеком и часто имеющие рыночную стоимость, но рынок неспособен корректно оценивать издержки, лежащие на них, в результате чего цена на предоставляемые ими блага оказывается заниженной, а те виды экономической деятельности, которые являются губительными для окружающей среды, расширяются сверх оптимального уровня. Эта ситуация представляет собой один из видов фиаско рынка.

Стремление «заставить рынок называть истинную цену товаров и услуг»²⁰ вызвало к жизни такое понятие как экосистемные услуги. Оно было впервые введено в программе ООН «Оценка экосистем на пороге тысячелетия» в 2005 году²¹. Понятие экосистемных услуг, сформулированное в этом документе, является весьма широким и включает в себя не только собственно экономическую активность, но и целый ряд биосферных процессов, в которых человек не участвует или участвует в очень ограниченной степени, но которые оказывают определяющее воздействие на всю его деятельность. Авторы проделали огромную работу по оценке экосистемных услуг, но в большинстве случаев были вынуждены использовать абсолютные показатели и темпы изменений, так что полученные величины оказались несопоставимы друг с другом.

Решением данной проблемы может стать расширение сферы применения экономической науки. Поддержание устойчивого развития связано с решением трёх проблем: определением устойчивого масштаба экономики, справедливым распределением ресурсов между нынешним и будущими поколениями людей, человеком и другими биологическими видами (дистрибутивная проблема), а также проблемой эффективного распределения ресурсов во времени²². Предметом экономической теории традиционно считается только последняя проблема. Одним из редких исключений является направление экологической экономики. Так,

например, продан или покинут), а также если они могут правильно оценить наносимый ими ущерб и ценность общего ресурса для будущих поколений. Выполнение всех этих условий возможно далеко не всегда.

¹⁹ Ravaoli C. Economists and the environment. London: Zed Press, 1995. С. 64-65.

²⁰ Горбанёв В.А. Природопользование и устойчивое развитие // Вестник МГИМО-Университета. 2013. №5(32). С. 181.

²¹ Millenium Ecosystem Assessment, 2005. Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Island Press, Washington DC.

²² Constanza R., Folke C. Ecological economics and sustainable development. Paper prepared for the international Experts Meeting for the Operationalization of the Economics of Sustainability. Manila, Philippines. 1994. July 28-30.

Г. Дэйли прямо указывает на наличие трёх принципиально разных по природе своей экономических проблем: аллокации, распределения и масштаба²³. Аллокация подразумевает разделение ресурсов между альтернативными способами их использования и решается при помощи ценообразования на конкурентных рынках. Задача распределения направлена на более справедливое разделение ресурсов между людьми при помощи бюджетных механизмов – налогов и пособий. Проблема масштаба касается соотношения между физическим объёмом выпуска и емкостью окружающей среды. Исследователь настаивает, что макроэкономический анализ должен иметь в виду все три проблемы.

Высказывалось мнение, что такой подход потребует пересмотреть определение экономической теории²⁴. Мы полагаем, что необходимости в этом нет, поскольку большинство экологических проблем можно трактовать как проблемы эффективного распределения ресурсов при условии, что оборот вещества и энергии внутри системы, в рамках которой эти ресурсы распределяются, значительно превышает их поступление извне. Данному условию удовлетворяют экосистемы и биосфера Земли в целом, но не большинство экономических систем²⁵. Масштаб такой системы определяется внешними условиями. Проблема распределения ресурсов между человеком и другими биологическими видами неизбежно подлежит рассмотрению, поскольку и те, и другие предстают в качестве экономических агентов. Наконец, проблема распределения ресурсов между нынешним и будущими поколениями также может быть включена в анализ, если одним из критериев выбора между альтернативами сделать отсутствие необратимых негативных изменений в системе в течение длительного времени. При этом, если подход, развиваемый Г. Дэйли и его единомышленниками, является по построению макроэкономическим, тот, что предлагаем мы в данной работе, имеет и макро- и микроэкономическое измерение.

Вышеприведённая характеристика экономической теории как науки, которая занимается исключительно эффективным распределением ресурсов, восходит к определению предмета экономической теории, предложенному английским экономистом Л. Роббинсом: «Экономическая наука – это наука, изучающая человеческое поведение с точки зрения соотношения между целями и ограниченными средствами, которые могут иметь различное употребление»²⁶. Исторически данный подход применялся к анализу хозяйственной деятельности

²³ *Daly H.E. Allocation, distribution, and scale: toward an economics that is efficient, just, and sustainable // Ecological Economics. 1992. 6. С. 185-193.*

²⁴ См., например, *Гизатуллин Х.Н., Троцкий В.А. Концепция устойчивого развития: новая социально-экономическая парадигма // Общественные науки и современность. 1998. №5.*

²⁵ Для экосистем соотношение внутреннего оборота с внешним поступлением по веществу выше, чем у экономических систем, на несколько порядков (в чём можно убедиться, сопоставив продолжительность времени, которое потребовалось на формирование месторождений ископаемых углеводородов – представляющих собой отходы экосистем, – и время их промышленного освоения и истощения). По энергии разрыв не столь велик, но также является весьма существенным.

²⁶ *Роббинс Л. Предмет экономической науки. THESIS. М., 1993. Т. 1. Вып. 1. С. 18.*

человека. Под целями понималось стремление максимизировать свою прибыль (если речь идёт о производителе) или полезность (если имеется в виду потребитель). Средства же подразумевали различные экономические блага, необходимые для удовлетворения потребностей, производства других благ или оказания услуг.

Вместе с тем, исследования взаимоотношений живых организмов в экосистемах привели биологов к формулировкам, очень похожим на определение предмета экономической теории. Механизм естественного отбора, сформулированный ещё Ч. Дарвином²⁷, можно кратко изложить следующим образом: живые организмы обладают способностью к бесконечному размножению, однако ресурсов для поддержания жизни не хватает всем, в результате чего разворачивается борьба за существование и некоторые (наиболее приспособленные) формы живых существ выживают, а другие – вымирают. Нетрудно заметить, что механизм естественного отбора связан с некоторой целью – выживанием организмов. Для достижения этой цели требуются ресурсы, которые являются редкими (их заведомо недостаточно для пропитания всего потомства, если оно растёт в геометрической прогрессии) и допускают альтернативное использование (могут поддерживать существование различных организмов). Соответственно возникает ситуация выбора: между теми формами жизни, которые выживут и дадут потомство, и теми, которые не смогут поддерживать свою численность и впоследствии вымрут. Данный выбор является по определению экономическим и даёт основание использовать в исследовании методы экономической теории.

Вместе с тем, между формулировками Дарвина и Роббинса имеется существенное различие, касающееся субъекта выбора. По Роббинсу, субъектом выбора является человек, а экономическая теория изучает человеческое поведение. По Дарвину говорить о субъекте естественного отбора некорректно – это свойство системы в целом. Однако и выбор, совершаемый экономическими субъектами, в значительной степени обусловлен их прошлым, объёмом доступной им информации и привходящими обстоятельствами – то есть состоянием всей экономической системы. *И в экономических, и в биологических системах можно выделить такой уровень организации, где существуют подсистемы, в которых происходят основные процессы по анализу информации и выбору альтернатив на основе этой информации и которые получают выгоды или ущерб от результатов такого выбора.* В экономических системах это фирмы. Выделив среди биологических систем те, что выступают аналогами экономических субъектов, можно изучать их поведение с помощью методов экономической теории.

²⁷ Дарвин Ч. Происхождение видов путём естественного отбора. М.: Просвещение, 1986. С. 93-94.

1.3. Эволюционные механизмы в деятельности экономических субъектов

Однако прежде, чем мы примемся за поиск аналогов экономических субъектов среди биологических систем, хотелось бы кратко рассмотреть те школы в экономической теории, которые указывают на ограниченность человеческой рациональности и историческую обусловленность экономических решений, в первую очередь, различные направления эволюционной экономики.

В настоящее время в экономической теории господствующее положение занимает группа научных школ, которые, несмотря на многочисленные различия в подходах к изучаемым явлениям, разделяют общие методологические основания. Этими основаниями являются методологический индивидуализм (убеждение, что свойства целого сводятся к свойствам его частей), оптимизация как основной способ описания экономического поведения и равновесный анализ как основной метод исследования экономической динамики²⁸. Школа нового институционализма, в рамках которой была поставлена проблема экстерналий и предложены её основные решения, также является частью этого мейнстрима. Одним из оснований ортодоксальных экономических теорий является модель экономического субъекта – абсолютно информированного, идеально предсказывающего будущее и безупречно рационального индивида.

Исходя из этой модели, новые институционалисты впервые поставили вопрос о границах фирмы как института. Если в классической и неоклассической экономической теории в центре внимания находился вопрос об оптимальном объёме производства, то новые институционалисты поставили цель выяснить, почему фирмы существуют и почему они осуществляют одни виды деятельности самостоятельно, а другие оставляют на усмотрение рыночных сил. Пионерной работой в этом направлении стала статья «Природа фирмы»²⁹, написанная Коузом в 1937 г., которая увязывает размер фирмы с издержками использования ценового механизма (трансакционными издержками). Начиная с 70-х гг. появился целый ряд работ, развивавших идеи Коуза или ставивших их под сомнение. В качестве основных причин существования и определения границ фирмы назывались необходимость обеспечивать командное производство и предотвращать уклонение персонала от работы³⁰, использование специфичных активов³¹, управление асимметричной информацией в отношениях между принципалом и агентом³², использование распоряжений как более экономного способа передачи

²⁸ Розмаинский Я. О методологических основаниях мейнстрима и гетеродоксии в экономической теории конца XIX – начала XXI века // Вопросы экономики. 2008. №7. С. 89-99.

²⁹ Коуз Р. Природа фирмы. В сборнике «Фирма, рынок и право» / Коуз Р. М.: Новое издательство, 2007. С. 36-57.

³⁰ Алчиан А., Демсец Г. Производство, информационные издержки и экономическая организация. В антологии «Истоки». М.: ГУ-ВШЭ. 2004. С. 166-207.

³¹ Williamson O. Markets and hierarchies: analysis and antitrust implications: a study in the economics of internal organization. N. Y.: Free Press, 1975.

³² Arrow K. J. The Economics of Agency. In: "Principals and Agents: The Structure of Business" / J. W. Pratt and R. J. Zeckhauser, eds. Boston: Harvard Business School Press, 1985. С. 37-51.

информации по сравнению с обучением³³ и т. д. Однако и в неонституциональных теориях фирмы, значительно более реалистичных, в сравнении с неоклассическими, не ставятся проблемы скрытого знания, ограниченной рациональности, неопределенности и их роли в экономическом процессе.

Альтернативные теории фирмы разрабатываются в рамках эволюционной экономики. Учёные, входящие в эту школу, подчёркивают важность института фирмы для сохранения преемственности при передаче технологий, невербализуемых знаний и умений, для поддержания эффективных производственных процессов, а также для разработки и внедрения инноваций.

Однако, даже среди авторов, которые называют свои построения эволюционными, понимание термина «эволюция» существенно разнится. В дальнейшем изложении мы будем придерживаться того понимания эволюции, которое развивают Дж. Ходжсон и Т. Кнудсен. Эти исследователи так характеризуют системы, в которых происходят эволюционные процессы: «сложная популяционная система состоит из популяций неидентичных единиц (обладающих или не обладающих целеполаганием), которые сталкиваются с локальной недостаточностью ресурсов и проблемой выживания. Отдельные адаптации, направленные на решение этих проблем, сохраняются во времени и могут передаваться другим единицам... Адекватное объяснение эволюции такой системы *должно* включать три дарвиновских принципа: изменчивость, наследственность и отбор (курсив авторский – Н.К.)»³⁴. Они полагают, что обобщённый дарвинизм может применяться в целом ряде наук, в том числе в экономике, но указывают, что сама по себе дарвинистская модель недостаточна, чтобы объяснить явления в конкретных сферах своего применения. Как в биологии, так и в общественных науках дарвинизм может указать на общие принципы и законы эволюции, тогда как для того, чтобы объяснить, почему те или иные системы или характеристики возникают, сохраняются или исчезают, необходимо изучать конкретные обстоятельства и свойства эволюционирующих систем.

В рамках этого подхода к эволюционной экономике можно отнести широкий круг теорий, внутри которого выделяется ядро – теории, использующие все три элемента дарвиновской триады, и периферия, состоящая из концепций, которые применяют или придают особое значение лишь некоторым элементам этой триады. Помимо этого, существует целый ряд влиятельных теорий, использующих понятие эволюции, но понимающих его иначе, чем дарвинизм. Отнесение их к

³³ Демсец Х. Ещё раз о теории фирмы. В антологии «Природа фирмы». М.: Дело, 2001. С. 237-267.

³⁴ Hodgson G.M., Knudsen T. Why we need generalized Darwinism, and why generalized Darwinism is not enough // Journal of Economic Behavior & Organization, Vol. 61, 2006. С. 4-5.

эволюционной экономической теории, на наш взгляд, было бы сопряжено с неоправданным расширением значения этого термина³⁵.

Ниже мы кратко рассмотрим ряд теорий, использующих понятия наследственности, изменчивости и отбора применительно к экономическим процессам и явлениям.

Значительное место среди таких теорий занимают работы Ф. Хайека. Он был последователем австрийской школы, в рамках которой шла разработка эволюционных подходов к изучению экономики. В своих работах он придавал особое значение процессам самоорганизации в обществе, которые не являются продуктом сознательного замысла и, более того, превосходят способности любой внешней управляющей инстанции. Хайек показывает, как рыночная система позволяет обществу оперировать информацией настолько сложной, что она, взятая в целом, не может быть обработана одним человеком³⁶. Причём сами ценовые сигналы и стимулы, которые они создают, так просты, что не требуют от участников разумности. За исключением того, что их выражают, как правило, словами и цифрами, они ничем не отличаются от тех сигналов, которые используются для выработки условных рефлексов у животных. Разума, часто весьма изощрённого, требует сама человеческая деятельность, но не координация различных видов деятельности в рамках общества. А если так, то не будет ничего удивительного в том, что аналогичный механизм будет обнаружен в живой природе³⁷. Сам Хайек понимал, что происхождение открытого им «расширенного порядка человеческого сотрудничества»³⁸ весьма напоминает эволюционный процесс в живой природе. Вместе с тем, он трактовал понятие эволюции весьма широко и, в целом, не придавал большого значения роли отбора³⁹. Поэтому его работы не являются частью эволюционной экономической теории в узком смысле этого понятия.

Изучение скрытого знания, распределённого во всём обществе, но недоступного какому-либо единому центру принятия решений, ведётся и в

³⁵ Данная классификация предложена автором в работе *Килячков Н.А.* Классификация эволюционных экономических теорий с точки зрения дарвинистских представлений об эволюции. В сборнике «Фундаментальные и прикладные вопросы эффективного предпринимательства: новые решения, проекты, гипотезы: Материалы V Международного научного конгресса 01-02 июня 2017 года, г. Москва» / Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации / под науч. ред. д.э.н., проф. А.В. Шарковой и д.э.н., доц. И.А. Меркулиной. М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и Ко», 2017. С. 54-57.

³⁶ *Хайек Ф.А.* Экономическая теория и знание. В сборнике «Индивидуализм и экономический порядок» / Хайек Ф.А. Челябинск: Социум, 2011. С. 41-68; *Хайек Ф.А.* Использование знания в обществе. В сборнике «Индивидуализм и экономический порядок» / Хайек Ф.А. Челябинск: Социум, 2011. С. 93-110.

³⁷ Э.Ли и Г. Вермей обращают внимание на то, что модель совершенной конкуренции описывает экосистемы лучше, чем экономические системы, поскольку экономические агенты часто могут поддерживать своё монопольное положение с помощью институциональных средств, тогда как популяции в экосистемах на это неспособны (см. *Leigh E.G.Jr., Vermeij G.J.* Does natural selection organize ecosystems for the maintenance of high productivity and diversity? // *Philosophical transactions of the Royal Society of London* 357, 2002. С. 709-718).

³⁸ *Хайек Ф.А.* Пагубная самонадеянность: Ошибки социализма. М.: Изд-во «Новости» при участии изд-ва «Catallaxy», 1992.

³⁹ *Hodgson G.M., Knudsen T.* Why we need generalized Darwinism, and why generalized Darwinism is not enough // *Journal of Economic Behavior & Organization*, Vol. 61, 2006. С. 6-7.

работах других авторов. О. Уильямсон обращал внимание, что в экономике наблюдаются две разных формы адаптации⁴⁰: для одной достаточно информации, содержащейся в ценах, а другая связана с взаимозависимостью решений экономических агентов и требует сложной координации, осуществляемой в рамках фирмы. Э. Остром формулирует признаки сообществ, которые позволяют в течение длительного времени использовать и поддерживать воспроизводство общего ресурса, избегая знаменитой «трагедии общин»⁴¹, и некоторые из этих признаков имеют прямое отношение к воспроизводству, распространению и сохранению скрытого знания.

Соотношение между общинными правилами, воплощающими скрытое знание многочисленных экономических субъектов, и устанавливаемыми «сверху» институтами национального и мирового рынка раскрывается в работе Дж. Скотта «Благими намерениями государства»⁴². Этот исследователь рассматривает случаи катастрофических провалов кампаний, имеющих целью организацию и улучшение жизни населения, и видит их причину в том, что учёные и лица, осуществлявшие государственное планирование, игнорировали огромный массив практического знания (Скотт обозначает его греческим термином *мётис*), накопленного в местных сообществах и отразившегося, помимо прочего, в их уникальных местных институтах и правилах. Основным способом получения практического знания является метод проб и ошибок (оптимизированный за счёт того, что пробы делаются небольшими шажками) и составление новых комбинаций из известных действий и материалов. Достаточным же обоснованием является достижение поставленной цели (в предельном случае – выживание данного человека или сообщества). Все модернистские системы, рассмотренные автором, могли функционировать лишь за счёт конкретных знаний и навыков, используемых людьми на местах, хотя эти системы часто не признавали их. Там же, где метис успешно подавлялся, реализация государственных преобразований оканчивалась впечатляющим провалом. Таким образом, метис приспособлен к местным условиям, формируется посредством рекомбинации имеющейся информации с тем, чтобы получить новое качество, а критерием его закрепления и передачи является получение искомого результата (в предельном случае – выживание носителя). Очевидно, что способом сохранения и развития такой информации является эволюция, аналогичная биологической, и естественный отбор.

Если исследователи распределённого знания уделяют первоочередное внимание процессам *самоорганизации* в обществе, то авторов, исследующих ограниченную рациональность, интересует, главным образом, процесс *отбора*. Ограниченную рациональность людей при принятии экономических решений

⁴⁰ Williamson O. Comparative economic organization: The analysis of discrete structural alternatives // Administrative Science Quarterly. 36, 1991. С. 269-296.

⁴¹ Остром Э. Управляя общим. Эволюция институтов коллективной деятельности. М.: ИРИСЭН, Мысль, 2012.

⁴² Скотт Дж. Благими намерениями государства. Почему и как проваливались проекты улучшения условий человеческой жизни. М.: Университетская книга, 2005.

подтверждают выводы учёных, работающих в направлении поведенческой экономики. Это течение на стыке экономической теории и психологии началось с исследований А. Тверски и Д. Канемана, проводившихся в 1970-е гг., которые обнаружили ряд устойчивых иррациональных сценариев поведения, присущих людям при принятии ими экономических решений⁴³. Крупные американские экономисты Дж. Акерлоф и Р. Шиллер выделяют пять основных характеристик человеческого поведения, которые заставляют индивида действовать иррационально: доверие к определённым источникам информации; стремление заботиться о справедливости даже в ущерб собственным интересам; снисходительное отношение к собственной и чужой недобросовестности и злоупотреблениям; денежную иллюзию и склонность полагаться на истории с определённым сюжетом больше, чем на несвязанные между собой данные⁴⁴. Однако более подробное рассмотрение указанных характеристик поведения вполне ясно показывает, что они становятся иррациональными, то есть неоптимальными только на устойчивом, сформировавшемся рынке, тогда как в других условиях они были бы вполне уместны. Они являются хорошими адаптациями к определённым условиям, которые применяются в не совсем подходящей для них среде.

На это указывает американский исследователь Э. Ло в своей попытке объединить классическую и поведенческую экономику⁴⁵. Он опирается на идею ограниченной рациональности, предложенную Г. Саймоном и состоящую в том, что, поскольку поиск информации сопряжён с издержками, а аналитические способности людей ограничены, последние не стремятся максимизировать выгоду, а всего лишь выбирают некий удовлетворительный вариант⁴⁶. Ло дополняет эту концепцию, введя критерий, согласно которому та или иная альтернатива признаётся удовлетворительной: выбор осуществляется не аналитически, а методом проб и ошибок, которые проходят фильтр естественного отбора. Рыночные субъекты придерживаются тех правил поведения, которые обеспечили им успех в прошлом. Если условия остаются теми же, такое поведение представляется вполне рациональным. Когда же контекст меняется, мы наблюдаем отклонения от рациональности. Данную концепцию Ло называет гипотезой адаптивного рынка.

Все три компонента дарвиновской триады объединены в работах исследователей, включаемых в школу эволюционной экономической теории.

⁴³ Kahneman D., Tversky A. Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk // *Econometrica* (The Econometric Society) 47 (2), 1979. С. 263-291.

⁴⁴ Акерлоф Дж., Шиллер Р. *Spiritus Animalis, или Как человеческая психология управляет экономикой и почему это важно для мирового капитализма*. М.: ООО «Юнайтед Пресс», 2011.

⁴⁵ Lo A.W. Reconciling efficient markets with behavioral finance: The adaptive market hypothesis. March 8, 2005. URL: http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=728864; Lo A.W. The Adaptive market hypothesis: market efficiency from an evolutionary perspective // *The Journal of Portfolio Management*, Vol.30, No.5. URL: <http://web.mit.edu/alo/www/Papers/JPM2004.pdf>

⁴⁶ Simon H. A behavioral model of rational choice // *Quarterly Journal of Economics* 69, 1955, 99-118.

Предшественником эволюционной экономической теории считается американский экономист и социолог Т. Б. Веблен⁴⁷. После его смерти, работа над поставленными им задачами не велась в течение нескольких десятилетий. Ситуация изменилась с появлением статьи А. Алчиана «Неопределённость, эволюция и экономическая теория»⁴⁸ в 1950 г. Алчиан подвергает сомнению базовый постулат неоклассической теории: положение о рациональном субъекте, максимизирующем прибыль (или полезность). Он утверждает, что в условиях неопределённости, которая проявляется в несовершенстве предвидения и неспособности человека решать сложные задачи в реальном времени, субъекты не могут точно предсказать последствия своего выбора. Лучшее, на что они способны – это избрать альтернативу с оптимальным распределением исходов. Такой выбор тоже можно описать математически, но есть другой подход, который автор считает более плодотворным. Он предпочитает идти от изучения экономической системы в целом, а не от отдельного субъекта. В экономике существуют экономические агенты, которые принимают различные решения. Одни несут убытки и разоряются, другие получают прибыль и выживают. Положительная прибыль является более слабым условием, чем максимальная прибыль. Более того, её достижение возможно с помощью разных стратегий. Одни получают прибыль, потому что они рационально мыслят и проявляют осторожность, другие – из-за того, что легче идут на риск, третьи – просто в силу стечения обстоятельств. Способ не важен, важен результат: выигрывает тот, кто преуспел по сравнению со своими фактическими конкурентами в данных конкретных условиях. Когда условия изменяются, вновь определяются победители и проигравшие, причём необязательно это будут те же самые компании, что и ранее. Если число участников велико, а их действия разнообразны, среди них обязательно окажутся те, которые совершат оптимальный выбор. И наоборот, коллективное поведение субъектов, основанное на мотивации и прогнозировании, может и не отличаться от определяемого случайным образом. К счастью, это не делает экономические исследования беспредметными. Задача экономиста, по мнению Алчиана, состоит в том, чтобы исследовать «репрезентативную фирму», обобщающую различные характеристики популяции фирм, и те структурные и поведенческие особенности, которые обеспечивают выживание среди этой популяции в данных условиях.

Данный подход глубоко разработали американские исследователи Р. Нельсон и С. Уинтер⁴⁹. Они разработали новую, приближенную к непосредственным

⁴⁷ Веблен Т. Почему экономическая наука не является эволюционной дисциплиной? В антологии «Истоки: из опыта изучения экономики как структуры и процесса» / редкол.: Я. И. Кузьминов (гл. ред.), В. С. Автономов (зам. гл. ред.), О. И. Ананьин и др.; Гос. ун-т - Высшая школа экономики. 2-е изд. М.: Изд. дом ГУ ВШЭ, 2007.

⁴⁸ Алчиан А. Неопределённость, эволюция и экономическая теория. В антологии «Истоки: из опыта изучения экономики как структуры и процесса» / редкол.: Я. И. Кузьминов (гл. ред.), В. С. Автономов (зам. гл. ред.), О. И. Ананьин и др.; Гос. ун-т - Высшая школа экономики. 2-е изд. М.: Изд. дом ГУ ВШЭ, 2007. С. 33-52.

⁴⁹ Нельсон Р. Р., Уинтер С. Дж. Эволюционная теория экономических изменений. М.: Дело, 2002.

наблюдениям модель поведения экономических субъектов, которая подразумевала возможность инноваций и стремление к ним. Эта модель опирается на термин «рутина», то есть любое регулярно повторяющееся действие на уровне организации или её отдельных членов. Роль рутин в жизни организаций огромна. Они являются памятью организации, ибо, воспроизводя заведённый порядок, работники освежают в памяти и передают другим неявные знания, которые сложно или невозможно формализовать в протоколах и инструкциях. Они воплощают в себе установившиеся взаимоотношения между сотрудниками, позволяющие им выполнять совместную работу, не затрачивая чрезмерные силы на достижение взаимопонимания и осуществление контроля. Наконец, хорошо работающая рутина может быть целью внутрифирменной политики.

Здесь Нельсон и Уинтер делают шаг, которым пренебрегают многие другие исследователи, — раскрывают, каким образом к организациям применимо понятие наследственности. В первую очередь они привлекают внимание к тому, что основная часть информации, содержащейся в рутинах, передаётся посредством воспроизведения. Это значит, что при каждом воспроизведении в рутину может вкрасться искажение — аналог мутации в генах живых организмов. Как правило, такие мутации наносят вред, поэтому в организации должны существовать механизмы их предотвращения.

Рост организации ставит перед ней задачу распространить существующие рутины на вновь привлекаемые ресурсы. Такое воспроизводство рутины Нельсон и Уинтер называют репликацией. Также компания может попытаться воспроизвести удачную рутину другой фирмы, то есть осуществить имитацию. При этом она не может ни наблюдать непосредственно за реализацией данной рутины, ни привлечь ключевых сотрудников, осуществляющих её, а значит, результатом будет в лучшем случае существенная мутация оригинала. Но если эта мутация оказывается не менее эффективной, чем оригинал, цель имитации достигнута.

Таким образом, рутина как повторение и инновация как изменение рутины связаны достаточно сложным образом. Рутинная, действующая неудовлетворительно или приводящая к неожиданным результатам, свидетельствует о необходимости инновации. Вместе с тем инновации складываются из существующих рутин как составных частей, более того, они могут оказаться непредвиденным последствием неточной репликации или имитации. Да и сам процесс поиска инновационного решения сопряжён с теми или иными рутинными операциями.

Авторы подчеркивают, что окружающая среда для каждой отдельной фирмы формируется, главным образом, не некими внеэкономическими обстоятельствами, а действиями и актами выбора других фирм, и это сближает экономические системы с биологическими.

В России ведущим представителем эволюционной экономики является В. И. Маевский. Согласно его позиции, признание рыночного неравновесия как постоянно наличествующего состояния, одного из условий развития является основным отличием эволюционной теории от неоклассического мейнстрима⁵⁰. Ключевой категорией в его работах является макрогенерация, то есть совокупность компаний, возникших или прошедших полное техническое перевооружение в одно и то же время⁵¹. Макрогенерации возникают раз в несколько лет, когда исчерпываются возможности роста для старых отраслей. Компании самой молодой макрогенерации удовлетворяют новые потребности населения, поэтому они могут платить дороже за производственные ресурсы, перекладывая свои издержки на потребителей. Старые макрогенерации не способны повысить цену своей продукции, так как в этом случае они столкнутся с падением спроса. Они стремятся тем или иным способом сократить свои издержки. В ходе этой борьбы производственные ресурсы общества перераспределяются между производствами, причём молодые макрогенерации увеличивают свою долю в их использовании, а доля старых сокращается.

Теория Маевского опирается на два компонента дарвиновской триады: изменчивость (между молодыми и старыми макрогенерациями) и отбор. Третий компонент не играет существенной роли в рассуждениях: учёный упоминает термин «генотип», но не даёт ему чёткого определения и практически не использует в рассуждениях. Получаемая в результате модель является в первую очередь макроэкономической. Она позволяет абстрагироваться от целого ряда взаимодействий между отдельными фирмами, описать динамику реальных экономических процессов при помощи сравнительно простых расчётов и сделать интересные и неожиданные выводы. Такой выход эволюционной теории на макроуровень позволяет сформулировать на её основе практические рекомендации и даёт надежды на выход данного направления в экономический мейнстрим⁵².

Значительное внимание процессам, происходящим на микроуровне, уделяет в своей концепции институтогенеза Г. Б. Клейнер⁵³. Экономические агенты, согласно этой концепции, создают новые институты путём комбинирования протоинститутов. Последнее понятие Клейнер определяет как институционализированные нормы, правила и образцы поведения, функционирующие, главным образом, на бессознательном уровне, и полагает, что их число относительно постоянно и невелико⁵⁴. Толчком для институциональных

⁵⁰ Маевский В.И. Эволюционная теория и технологический прогресс // Вопросы экономики. 2001. №11. С. 4-16.

⁵¹ Маевский В.И. Введение в эволюционную макроэкономику. М.: Издательство «Япония сегодня», 1997.

⁵² Маевский В.И. Корнаи, Шумпетер и экономическая теория // Вопросы экономики. 2012. №8. С. 145-152.

⁵³ Клейнер Г.Б. Эволюция институциональных систем. М.: Наука, 2004.

⁵⁴ Протоинституты по Клейнеру хорошо подходят под требования, которые Ходжсон и Кнудсен формулируют для единиц генотипа социальных систем (см. Hodgson G.M., Knudsen T. Dismantling Lamarckism: why descriptions of socio-economic evolution as Lamarckian are misleading // Journal of Evolutionary Economics, Vol. 16, 2006. С. 343-366).

изменений являются системные события, т.е. факты, имеющие существенное значение для восприятия предприятия всеми субъектами, связанными с его деятельностью. Взаимодействие экономических агентов (как действующих субъектов), их интересов и системных событий (как инициаторов), протоинститутов (как первичного, «сырого» материала) и предприятий (как площадок взаимодействия) приводят к появлению новых институтов.

В некоторых работах эволюционирующими агентами выступают не институты, а технологии, которые «конкурируют» за внимание людей – производителей и потребителей⁵⁵. К этому направлению примыкают работы ещё одного отечественного специалиста – Б.И. Кудрина⁵⁶, которого к экономистам обычно не относят. Кудрин разработал теорию техноценозов – сообществ изделий, ограниченных в пространстве и времени. Он полагает, что в техноценозах наблюдается техноэволюция, аналогичная дарвиновской эволюции в живой природе. Важным отличием техноэволюции от эволюции биологической состоит в том, что «генетическая» информация о строении изделий содержится не в самих изделиях, а отдельно от них – в технической документации. Нам представляется, что концепция Кудрина хорошо дополняет теорию Нельсона и Уинтера, изложенную выше. Если Кудрин обращает первоочередное внимание на формализованную техническую информацию, то Нельсон и Уинтер – на бизнес-процессы (рутины), которые имеют существенный, часто определяющий неформальный компонент. Очевидно, что указанные исследователи описывают один комплекс явлений с разных сторон.

В рамках данного обзора нельзя не упомянуть работы американского экономиста Р. Хиршлейфера. Этот учёный утверждал, что экономическую теорию следует считать частью большей науки (универсальной экономики), изучающей процессы, связанные с выбором, как в обществе, так и в биологических системах⁵⁷. Он полагал, что более тесная связь экономической теории с биологией позволит пролить свет на целый ряд проблем⁵⁸. Вместе с тем Хиршлейфер полагал, что многие задачи, возникающие в ходе таких исследований, являются оптимизационными и позволяют применять аппарат неоклассической теории. Хиршлейфер был знаком с работами представителей эволюционной экономики, однако их идеи оказали на него весьма ограниченное влияние.

Объединение биологии и экономической теории в единую науку нашло понимание и со стороны некоторых биологов. Сам Хиршлейфер в своей работе

Дальнейшее следование логике этих авторов, однако, приводит к выводу о том, что протоинституты также должны постепенно эволюционировать.

⁵⁵ См., например, *Мокир Дж.* Рычаг богатства. Технологическая креативность и экономический прогресс. М.: Изд-во Института Гайдара, 2014.

⁵⁶ См., например, *Кудрин Б.И.* Исследование технических систем как сообществ изделий – техноценозов // Системные исследования. Методологические проблемы. Ежегодник. 1980. М.: Наука, 1981. С. 236-254.

⁵⁷ *Hirshleifer J.* Natural economy versus political economy // *Journal of Social and Biological Structures*. 1978. Vol. 1, issue 4. С. 319-337.

⁵⁸ *Hirshleifer J.* The expanding domain of economics // *The American Economic Review*. 1985. Vol. 75, No. 6. С. 53-68.

ссылается на биолога и философа науки М. Гизелина, который писал: «Как биология занимается и животной, и растительной жизнью, так же следует признать и отдельную отрасль знания, которая бы занималась экономическими процессами, независимо от того, иницируют их люди или нет, и исследовала бы такие явления, как конкуренция, которые являются общими для экономик любых типов. Таким образом, я предлагаю признать, что научная дисциплина, называемая естественной экономией (биология), вместе с политической экономией (экономическая теория), образуют вместе отрасль знания, которую можно назвать общей экономикой (*general economy*)»⁵⁹. Глубокие и разнообразные связи и аналогии между процессами в живой природе и экономике позволяют ряду авторов напрямую называть процессы, происходящие в ходе дарвиновской конкуренции, рыночными⁶⁰.

Таким образом, эволюционные теории в экономике отличаются большим разнообразием. Проведённый в этом параграфе обзор позволяет сделать ряд выводов, важных для целей данной работы. Во-первых, широкая применимость эволюционных методов, основанных на дарвиновской триаде (наследственности, изменчивости и отборе), позволяет говорить о наличии некоторых важных черт сходства между экономическими и биологическими системами в структурном и функциональном отношении. Это сходство указывает на принципиальную возможность рассматривать эти системы в рамках одних и тех же моделей.

Во-вторых, при том, что объектом эволюции, с точки зрения различных теорий, выступают организации, процессы и нормы, существующие внутри организаций, технологии или что-то иное, все теории отмечают особую роль фирмы. Именно фирма выступает ключевым субъектом взаимодействий, в ходе которых по прошествии достаточного времени обнаруживает себя экономическая эволюция. Однако рассмотренные теории отказываются от представления о фирме как об экономическом субъекте, способном собирать всю необходимую информацию, точно вычислять выгоды и издержки и максимизировать прибыль. Вместо этого они рисуют более сложную и реалистичную картину поведения фирм, в которой те выбирают линию поведения, опираясь на доступную неполную информацию и собственный опыт с тем, чтобы в данных условиях, диктуемых рынком, государством или внутрифирменными процессами, получить достаточную прибыль.

⁵⁹ *Ghiselin M. T. The economy of the body // The American Economic Review. 1978. Vol. 68, No. 2. С. 233.* Ниже в той же работе Гизелин, однако, скептически оценивает использование оптимизационных методов и подходов в этой единой науке.

⁶⁰ См., например, *Заварзин Г.А. Недарвиновская область эволюции // Вестник Российской Академии Наук. 2000. Том 70, № 5. С. 403-411; Vermeij G.J. Inequality and the directionality of history // The American Naturalist. 1999. Vol. 153, No. 3. С. 243-253.*

1.4. Популяции и экосистемы как аналоги хозяйствующих субъектов при изучении взаимодействия фирмы и окружающей среды

В предыдущем параграфе мы показали, что экономические и биологические системы могут быть теоретически описаны на основе схожих принципов. Однако совместное рассмотрение тех и других в рамках единых теорий и моделей сталкивается с рядом трудностей. Главной из них является вопрос о субъекте взаимодействия. Эволюционные теории в экономике ставят во главу угла индивидуального субъекта – фирму. Популяции фирм также рассматриваются в рамках этих теорий, поскольку эволюционные процессы могут происходить только в популяциях, отличающихся внутренним разнообразием, однако само понятие «популяции» применительно к экономическим явлениям остаётся метафорой. В биологии под популяцией понимается «совокупность особей одного вида, более или менее длительно занимающая определённое пространство и воспроизводящая себя в течение большого числа поколений; особи одной популяции имеют бóльшую вероятность скрещиваться друг с другом, чем с особями других популяций; это связано с тем, что данная совокупность особей отделена от других таких же совокупностей особей той или иной степенью давления различных форм изоляции»⁶¹. Использовать аналогичное определение для популяции фирм невозможно, поскольку барьеры между фирмами различных отраслей, регионов или стран вполне проницаемы, а новые фирмы появляются самыми различными путями и «воспроизводство» (когда существующая фирма учреждает новую) – только один из них. Наоборот, в биологии именно популяция выступает ключевым участником эволюционного процесса, тогда как роль отдельной особи минимальна. Данное несоответствие требует от нас провести подробное сопоставление экономических и биологических систем.

Использование общей теории систем позволяет установить общие принципы функционирования экономических и биологических систем, как то⁶²:

1. присущее элементам этих систем разделение труда (функциональная иерархия);
2. пассивный, или диффузный, характер управления (при котором «команды» для действующих агентов производятся не неким управляющим органом, а создаются самостоятельно при их взаимодействии);
3. достаточно большая свобода поведения, присущая компонентам этих систем;
4. критерий отбора победителей и проигравших: рост или потеря контроля над ресурсами.

⁶¹ Тимофеев-Ресовский Н.В., Яблоков А.В., Глотов Н.В. Популяция. БСЭ. 3-е изд. М., 1975. Т. 20. С. 365-366.

⁶² См. Лекавичюс Э. О некоторых аналогиях между эволюцией экосистем и развитием экономики: от А. Смита и Ч. Дарвина до новейших идей. В альманахе «Эволюция: космическая, биологическая, социальная» / Отв.ред. Л.Е. Гринин, А.В. Марков, А.В. Коротаев. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. С. 226-259.

Взаимоотношения подсистем и в экономических, и в биологических системах представляют собой сложное соотношение борьбы, сотрудничества и их промежуточных форм (конкуренции, кооперации и комплементации). Сопоставление аналогичных уровней организации в экономических и биологических системах проведено в Табл. 1.

Таблица 1. Соотношение между конкуренцией и сотрудничеством на разных уровнях организации в природе и экономике⁶³

Экономика	Живая природа	Разделение труда	Интенсивность взаимосвязей	Основной способ взаимодействия
Индивид	Индивид	Сильное	Высокая	Кооперация
Фирма	Колония, стая, семья	Среднее	Средняя	Комплементация
Фирмы одной отрасли в данной местности	Популяция	Слабое	Низкая	Конкуренция
Отрасль	Группа видов, занимающих схожие ниши (гильдия)	Сильное	Средняя	Конкуренция и комплементация
Экономика страны	Локальная экосистема	Сильное	Высокая	Кооперация
Мировое хозяйство	Биосфера	Слабое	Низкая	–

Попробуем определить место субъекта взаимодействия в вышеописанной схеме. В обществе субъектами экономических отношений – экономическими агентами – являются индивиды и их объединения, выступающие на рынке как единое целое и принимающие участие в производстве, распределении, обмене и потреблении экономических благ. Это домохозяйства, фирмы, государство. Распространяя ту же логику на живую природу, субъектами отношений можно считать отдельные организмы и их тесные объединения (стаи, колонии). И действительно, биологи описывают среди особей многих видов поведение, аналогичное экономическому выбору у человека, и отношения, удивительно напоминающие те, что возникают в ходе рыночного обмена⁶⁴. Такое поведение было описано как в ситуациях, смоделированных в лаборатории⁶⁵, так и в

⁶³ Составлено по: Лекавичюс Э. О некоторых аналогиях между эволюцией экосистем и развитием экономики: от А. Смита и Ч. Дарвина до новейших идей. В альманахе «Эволюция: космическая, биологическая, социальная» / Отв.ред. Л.Е. Гринин, А.В. Марков, А.В. Коротаев. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. С. 242.

⁶⁴ Обзор см. в статье Ваал Ф. де Зверский бизнес и альтруизм // В мире науки. 2005. №7. С. 51-57.

⁶⁵ Battalio R.C., Green L., Kagel J.H. Income-leisure tradeoffs of animal workers // The American economic review. 1981. Vol. 71, No. 4. С. 621-632; Kagel J.H., Battalio R.C., Rachlin H., Green L. Demand curves for animal consumers // The quarterly journal of economics. 1981. Vol. 96, No. 1. С. 1-16; Chen M.K., Lakshminarayanan V., and Santos L.R. How basic are behavioral biases? Evidence from capuchin monkey trading behavior // Journal of political economy. 2006. Vol. 114, No. 3. С. 517-537.

природных условиях⁶⁶; как для приматов, так и для менее развитых в интеллектуальном плане видов (например, коралловых рыбок). Интересно, что в поведении животных отмечены даже некоторые искажения, которые делают поведение человека экономически нерациональным, например учёт невозвратных затрат при принятии решений⁶⁷.

Однако, как правило, взаимодействие между разными видами в экосистемах сводится к тому, что один организм потребляет биомассу другого, используя её для поддержания жизнедеятельности, роста и размножения. Применять к таким отношениям методы экономической теории, разработанные для исследования актов добровольного и, обычно, взаимовыгодного обмена, некорректно. Но можно перейти на более высокий уровень анализа. Поведение живых организмов обуславливается главным образом инстинктами, а инстинкты приспособлены не столько для сохранения жизни отдельной особи, сколько для воспроизводства её генов. Соответственно, аналогом экономического агента в природе выступает группа организмов одного вида, которая поддерживает существование и воспроизводство определённого пула генов, то есть популяция. Отношения между популяциями различных видов в экосистемах носят устойчивый, долговременный и повторяющийся характер и часто могут быть охарактеризованы как взаимовыгодные. Поэтому в большинстве случаев для исследования экосистем при помощи методов экономической теории аналогом экономического агента следует считать именно популяцию.

По аналогии с экономическим агентом можно ввести понятие «агент эволюционного процесса»⁶⁸. Под этим термином мы понимаем группу живых организмов, которая получает выгоду или несёт ущерб в ходе экологического и (на более протяжённых промежутках времени) эволюционного взаимодействия, благодаря чему она претерпевает изменения и ведёт себя так, как будто она стремится получить выгоду и избежать ущерба⁶⁹. Таким образом, поведение таких групп по своим внешним проявлениям и наблюдаемым результатам напоминает целенаправленное поведение экономических агентов, хотя механизмы этого поведения иные.

Воспроизводство популяций, однако, означает не только сохранение их генов, но и воспроизводство всего комплекса взаимоотношений, возникающих между организмами различных видов в рамках экосистем. Это позволяет рассматривать в

⁶⁶ Economics in nature: social dilemmas, mate choice, and biological markets / Ronald Noë, Jaram van Hooff, Peter Hammerstein. Cambridge, UK: New York, NY, USA: Cambridge University Press, 2001.

⁶⁷ Sweis B.M., Abram S.V., Schmidt B.J., Seeland K.D., MacDonald III A.W., Thomas M.J., Redish A.D. Sensitivity to “sunk costs” in mice, rats, and humans // Science. Vol. 361, Issue 6398, 13 July 2018. С. 178-181.

⁶⁸ Данное понятие было предложено автором в работе *Килячков Н.А.* Природные сообщества как экономические субъекты // Вестник МГИМО-Университета. 2015. №1. С. 144-152.

⁶⁹ Термин «эволюционный процесс» в рамках предложенного понятия означает «процесс, возникающий в результате действия наследственности, изменчивости и отбора». Он не подразумевает обязательного эволюционного изменения агентов. Соответственно, понятие «агент эволюционного процесса» можно применять при изучении как долгосрочного, так и краткосрочного периода.

качестве агентов взаимодействия экосистемы в целом. Такой подход возможен, если взаимосвязи внутри данной экосистемы очень тесные и участвующие в нём организмы приобретают значительные преимущества, когда сосуществуют вместе. Однако, выбирая экосистемы в качестве агентов взаимодействия и тем более агентов эволюционного процесса, следует соблюдать осторожность, поскольку даже при столкновении весьма различных природных сообществ, популяции различных видов борются за существование независимо друг от друга и получившееся в итоге сообщество содержит виды из всех экосистем, участвовавших во взаимодействии.

Нельзя не отметить, что для построения экономических моделей и изучения вопросов природопользования методами экономической теории более продуктивным представляется рассматривать в качестве агентов взаимодействия экосистемы в целом, а не отдельные популяции. Так можно избежать необходимости учитывать в модели многочисленные потоки вещества и энергии и многообразные взаимодействия между организмами, в которых человек не заинтересован и не участвует. Моделирование поведения экосистемы как целого значительно упрощает нашу задачу и, как правило, вполне достаточно для достижения стоящих перед исследованием целей⁷⁰.

Перечисленные черты сходства, однако, не должны заслонять коренные различия между двумя типами систем. Ключевыми различиями, с точки зрения автора данной работы, являются следующие:

1. **Характер выбора.** В живой природе сравнение проводится между альтернативами, которые вступают в непосредственное соприкосновение в данном месте и в данное время. В экономических системах же сопоставляются различные, в том числе сложные для организации, разнесённые в пространстве или во времени варианты использования ресурсов, что стало возможным благодаря возникновению трёх механизмов, отсутствующих в природе: формального права, отложенного потребления (способности к созданию производственного капитала) и денег как всеобщего эквивалента.
2. **Разная продолжительность краткосрочного и долгосрочного периодов:** в экономике долгосрочный период, как правило, составляет год или несколько лет, тогда как некоторые ключевые характеристики популяций меняются только в эволюционных масштабах времени, от

⁷⁰ Возможен третий вариант выбора биологической системы, которую следует брать в качестве агента взаимодействия. Этим вариантом являются популяции ключевых видов, т.е. видов, экологическое воздействие которых несоразмерно их биомассе. Выбор в качестве агента взаимодействия именно популяций ключевых видов позволяет учесть в модели взаимодействия внутри экосистем при сохранении приемлемой сложности модели, но ставит новую нетривиальную проблему: определить какие именно виды являются в данной экосистеме ключевыми.

десятков тысяч лет и более – и следующая из этого большая гибкость экономических систем⁷¹.

Подытожим высказанные соображения. Для изучения взаимодействия между экономическими системами и экосистемами в рамках единых моделей требуется определить, кто в биологических системах выступает в качестве субъекта взаимодействия – по аналогии с фирмами в экономике. Отдельные особи не подходят на эту роль, поскольку они напрямую участвуют в обороте вещества и энергии, а их роль в эволюционных процессах минимальна. Более предпочтительным представляется рассматривать в качестве субъектов взаимодействия популяции. Последние стремятся воспроизводить себя, желательно неограниченно долго и во всё возрастающем количестве, однако чересчур эффективный вид способен «выесть» окружающую среду и тем самым подорвать собственное существование. Успешной становится та популяция, которая способна поддерживать на устойчивом уровне свою среднюю численность, среднюю численность популяций видов, от которых зависит её существование, и постоянство окружающей среды. Таким образом, отношения между популяциями приобретают вид «рынка взаимных услуг».

Работа экономических систем основана на схожих принципах. В их рамках взаимодействуют независимые субъекты (фирмы, организации, домохозяйства), которые соперничают друг с другом за ресурсы. Критерием успеха для рыночных субъектов является выживание и воспроизводство в течение длительного, по возможности неограниченного промежутка времени. Для достижения этого субъект должен, с одной стороны, закрывать непосредственным конкурентам доступ к важным для себя ресурсам, а с другой – сохранять и поддерживать постоянство окружающей среды: институциональной, социальной, природной.

Значительное сходство механизмов выбора, действующих при взаимодействии экономических субъектов и биологических систем, позволяют рассматривать последние как экономические субъекты особого рода. Для данных субъектов характерны следующие специфические черты поведения, отличающие их от фирм: более эффективное использование ресурсов окружающей среды, более низкая скорость реакции на существенные изменения внешней среды, неспособность использовать и производить вербальную информацию, неспособность использовать сложные институциональные формы организации экономических отношений.

Более продуктивным, однако, представляется трактовать в качестве экономических агентов экосистемы в целом. Такой подход позволяет

⁷¹ Понятие краткосрочного и долгосрочного периода можно применить не только к отдельной популяции, но и к экосистеме в целом. Значение разных популяций в данной экосистеме неодинаково. Некоторые из них сравнительно малочисленны и могут быть легко заменены популяциями других биологических видов. Другие стоят в центре потоков вещества и энергии, обеспечивают пищу и среду обитания для многих других существ или же оказывают определяющее влияние на структуру экосистемы («ключевые виды»). Скорость реакции таких ключевых популяций определяет продолжительность долго- и краткосрочного периода для экосистемы.

абстрагироваться от многочисленных взаимодействий внутри экосистем, которые могут сделать модель чрезмерно громоздкой и сложной в использовании. Как правило, эти взаимодействия несущественны для моделирования, поскольку тесные связи между популяциями, составляющими экосистему, делают маловероятным успех одной или нескольких из них в новых условиях, определяемых хозяйственной деятельностью.

Сформулированные черты сходства в поведении экономических систем и экосистем, а также тот факт, что они могут использовать одни и те же ограниченные ресурсы, а значит, конкурируют за них, позволяет исследовать поведение экономических субъектов и экосистем в рамках одних и тех же моделей. Одна из таких моделей будет предложена в следующей главе.

Глава 2. Модель конкурентного взаимодействия фирмы и природной среды при использовании возобновляемых ресурсов

2.1. Типология моделей и выбор подхода к моделированию

Приступая к разработке модели экономического выбора, возникающего при взаимодействии фирм и экосистем, следует помнить о принципе популяционного мышления, который утверждает, что эволюционные процессы затрагивают не отдельного субъекта, а целую их группу (или популяцию), внутри которой наблюдаются различия по ряду характеристик, в том числе по тем характеристикам, которые важны для выживания и воспроизводства субъектов. Неоклассическая экономическая теория абстрагируется от этих вопросов, переходя к анализу процессов на макроуровне посредством введения «репрезентативного агента» – воображаемого субъекта, поведение которого соответствовало бы поведению системы в целом. Хотя высказывались обоснованные сомнения в правомерности этого подхода⁷², он был и остаётся господствующим поныне. Эволюционная экономическая теория, напротив, исходит из того, что процессы на макроуровне нельзя вывести из процессов на микроуровне простым агрегированием. Распределение характеристик экономических агентов и меняющиеся условия среды – ключевые параметры для процесса отбора – не являются свойствами отдельных субъектов, а существуют на уровне экономики в целом. Поэтому адекватная модель деятельности фирмы должна анализировать не просто поведение отдельной фирмы, а тот набор характеристик, который позволяет фирме достичь наибольшего успеха в данной популяции и при данных внешних условиях (одной из этих характеристик является собственно поведение фирмы).

⁷² См., например, Kirman A.P. Whom or what does the representative individual represent? // Journal of Economic Perspectives. Vol. 6, No. 2, 1992. С. 117-136.

В моделировании проводится различие между аналитическими и имитационными моделями. Принцип популяционного мышления диктует выбор имитационных моделей как более предпочтительный. Из четырёх видов имитационных моделей: динамических систем, системной динамики, дискретно-событийного моделирования и агентного моделирования⁷³ – именно последний описывает поведение автономных агентов, которые следуют своим правилам, живут в общей среде и взаимодействуют со средой и с другими агентами, не требуя при этом априорных знаний о глобальных зависимостях в изучаемой системе. Такая картина соответствует общим свойствам экономических и биологических систем, рассмотренным выше, а значит, агентные имитационные модели лучше всего соответствуют целям, поставленным в данном исследовании.

Д. Паркер с соавторами в обзоре моделей землепользования выделяют шесть видов моделей⁷⁴: основанные на уравнениях, статистические, экспертные, системно-динамические, клеточные автоматы и гибридные. Исследователи выделяют преимущества клеточных автоматов для моделирования экологических аспектов землепользования, однако указывают на то, что человеческие решения эти модели отображают недостаточно хорошо. Как правило, решения моделируются при помощи определённых правил перехода между ячейками внутри модели. Предпочтительным вариантом, с точки зрения авторов, являются двухуровневые модели, где клеточный автомат отображает биогеофизические и экологические аспекты системы, а решения экономических субъектов передаются через мультиагентную модель. Признавая справедливость данных соображений, мы в данном исследовании из соображений простоты ограничимся моделью типа клеточный автомат и будем отображать поведение агентов через правила изменения ячеек в данном клеточном автомате.

2.2. Описание модели конкурентного взаимодействия фирмы и природной среды

Модель⁷⁵ рассматривает некоторую территорию, заполненную ресурсом (Р), который является критически важным для деятельности двух взаимодействующих субъектов (далее мы будем называть их контрагентами): K_1 и K_2 . Территория представляет собой поле 30 на 30 клеток.

⁷³ Борищев А. От системной динамики и традиционного ИМ – к практическим агентным моделям: причины, технология, инструменты. [Электронный ресурс] — URL: <http://www.gpss.ru/paper/borshevarc.pdf>

⁷⁴ Parker D.C., Manson S.M., Janssen M.A., Hoffman M., Deadman P. Multi-agent systems for the simulation of land-use and land-cover change: a review // Annals of the Association of American Geographers. 2003. Vol. 93, Issue 2. С. 314-337.

⁷⁵ Килячков Н.А. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ «Модель конкурентного взаимодействия двух контрагентов при использовании ограниченного ресурса» № 2015612872 от 26 февраля 2015 г. Модель впервые представлена автором в работе Килячков Н.А. Модель конкурентного взаимодействия при использовании ограниченных ресурсов // Финансы и кредит. 2013. №47. С. 51-57.

Субъекты потребляют ресурсы, а именно, в течение некоторого времени Δt_1 контрагент K_1 полностью использует ресурсы данной клетки, оставляя после себя отходы (O_1). Контрагент K_2 использует те же ресурсы за время Δt_2 , оставляя после себя свои отходы (O_2). Ресурсы со временем восстанавливаются. Из состояния O_1 восстановление происходит за время Δt_{1R} , а из состояния O_2 за время Δt_{2R} . Контрагенты могут осуществлять деятельность как в клетках, на которых присутствуют первоначальные или восстановившиеся ресурсы, так и в клетках, заполненных отходами деятельности другого контрагента, но на своих собственных отходах они существовать не могут. Предполагается, что первый контрагент потребляет сырье, предоставленное вторым контрагентом (O_2), за время Δt_{1O_2} , а второй потребляет сырье, предоставленное первым (O_1), за время Δt_{2O_1} – то есть промежутки времени, необходимые для полного потребления первоначального ресурса и отходов другого контрагента, различаются.

Контрагенты K_1 и K_2 соперничают между собой за возможность использования ресурсов. Это реализовано следующим образом: если рядом с рассматриваемой пустой клеткой количество клеток, занятых первым контрагентом, больше количества клеток, занятых вторым, то первый контрагент захватит и эту клетку. В случае аналогичного превосходства второго контрагента клетку занимает он. Если количество контрагентов в соседних клетках равно, то клетка останется свободной. Ситуация модифицируется, когда показатель сравнительной силы контрагента ΔK отличен от нуля. Если $\Delta K > 0$, то рассматриваемая клетка будет занята вторым контрагентом, только когда количество соседних клеток, занятых вторым контрагентом, будет на ΔK превышать количество соседних клеток, занятых первым контрагентом. Противоположные случаи, когда второй контрагент сильнее первого, соответствуют значениям $\Delta K < 0$. Показатель ΔK устанавливается для каждой ячейки отдельно.

Модель реализована методом клеточного автомата⁷⁶, который состоит в следующем. Вводится некоторое дискретное пространство, на котором происходит эволюция модели, и набор правил, по которым эта эволюция осуществляется. Пространство разделено на ячейки, которые могут принимать одно из нескольких состояний. Развитие модели происходит пошагово. Состояние каждой ячейки на данном шаге определяется правилами модели и зависит от её состояния и состояния соседних ячеек на предыдущем шаге. В работе используется однородный двумерный клеточный автомат, в котором соседями по отношению к каждой ячейке являются восемь ячеек, имеющих с ней общую сторону или вершину (так называемая окрестность Мура).

В качестве дискретного пространства возьмем поле, разделенное на квадратные ячейки — 30 ячеек в длину и 30 в ширину. Верхняя граница этого

⁷⁶ Безручко Б.П., Короновский А.А., Трубецков Д.И., Храмов А.Е. Путь в синергетику. Экскурс в десяти лекциях. М.: URSS. 2009. Стр. 221-247.

поля «сшита» с нижней, а правая – с левой, то есть из верхнего ряда можно перейти в нижний, а из крайнего левого — в крайний правый. Таким образом, пространство модели не имеет границ, и в нём отсутствуют сопряжённые с ними эффекты.

Эволюция модели отображается пошагово, т.е. на каждом следующем шаге рассматривается, какая будет картина модели с учетом её предыдущего состояния, результатов использования ресурсов, их восстановления и результатов противостояния контрагентов.

Время, в течение которого клетка пребывает в том или ином состоянии, регулируется с помощью специального счётчика, встроенного в модель. Значение этого счётчика обнуляется при любом переходе клетки из одного состояния в другое.

Предлагаемая модель основана на следующих предположениях:

1. Модель описывает взаимодействие субъектов, склонных к экспансии, возникающее при присвоении и использовании ограниченного ресурса.

2. Ресурс является исчерпаемым и восстанавливаемым.

3. Взаимодействие субъектов происходит на определённой территории.

4. Близкодействие – состояние отдельных областей меняется только под действием ситуации в их непосредственном окружении и никак не зависит от того, что происходит на удалении.

5. Преобладающие позиции одного субъекта в смежных областях пространства взаимно усиливают друг друга.

6. Модель описывает краткосрочный период как для биологических, так и для экономических систем.

7. Первоначальный ресурс среды и отходы контрагентов являются полностью независимыми ресурсами.

При конструировании модели были учтены обязательные и желательные требования к экономическим моделям, сформулированные в работе Чалдаевой Л.А. и Килячкова А.А.⁷⁷: адекватность изучаемому процессу, внутренняя непротиворечивость, достаточность, простота и предсказательная сила, а также целостность. Модель дает простое и наглядное представление о состоянии изучаемой системы и позволяет легко интерпретировать получаемые результаты, что удовлетворяет критерию простоты модели. Все моделируемые процессы тесно связаны между собой, так что требование целостности также выполнено. Управляющие и управляемые параметры модели являются наблюдаемыми, что позволяет оценить её адекватность и внутреннюю непротиворечивость. Такая проверка была проведена в ходе верификации модели.

Проведённые эксперименты, моделирующие ряд условных ситуаций, как при аналогичных характеристиках контрагентов, так и при радикально различных

⁷⁷ Чалдаева Л.А., Килячков А.А. Модели экономических процессов: теоретические подходы и обоснования // Финансы и кредит. 2011. №9 (441). С. 2-7.

(призванных отразить взаимодействие экономических агентов и экосистемы), дали широкий спектр результатов, большая часть которых оказалось в рамках гипотез, сформулированных перед их проведением: динамическое равновесие, обеспечивающее долговременное сосуществование обоих контрагентов, исчезновение одного из контрагентов или их обоих. Таким образом, мы заключили, что предложенная модель является адекватной, внутренне непротиворечивой и достаточной.

2.3. Валидация модели взаимодействия фирмы и природной среды

Для оценки предсказательной силы модели и формулировки предварительных практических рекомендаций мы проверили её работу на реальных данных (провели валидацию). Мы выбрали для исследования динамику доли сельскохозяйственных земель и лесов в площади двух стран – Доминиканской Республики и Республики Гаити. Выбор именно этих стран обусловлен следующими причинами:

1. Они обе находятся на острове Гаити, то есть, с точки зрения природных условий они максимально похожи. Однако экологическая ситуация в них серьёзно различается: Республика Гаити практически полностью потеряла свои леса (они занимают лишь 3-4% площади страны⁷⁸) и страдает от эрозии почв⁷⁹, тогда как в Доминиканской Республике лесами покрыта значительная часть территории, в том числе все водоразделы.
2. Модель, реализованная методом клеточного автомата, плохо отражает те действия экономических агентов, которые не связаны с их непосредственным окружением, такие как решения крупных корпораций, изменение технической вооружённости, спрос со стороны городского населения и внешних рынков. Поэтому для тестирования модели удобно выбрать развивающиеся страны со значительной долей аграрного сектора и существенным сельским населением, в которых не наблюдалось заметных скачков в техническом развитии. Гаити и Доминиканская Республика удовлетворяют этим условиям.
3. Поле 30 на 30 клеток даёт весьма низкое разрешение, а значит, страны для анализа должны быть небольшими. В нашем случае площадь одной клетки составила 31 кв. км. для Гаити и 54 кв. км. для Доминиканской Республики.

⁷⁸ The World Bank data by country [Электронный ресурс]. – URL: <http://data.worldbank.org/country>

⁷⁹ Foy G., Daly H. Allocation, distribution and scale as determinants of environmental degradation: case studies of Haiti, El Salvador and Costa Rica. In: “Environmental Economics” / Markandya A., Richardson J. (Eds.). New York: St. Martin’s Press, 1992. С. 300.

Для выбранной ситуации вполне выполняются предположения, положенные в основу модели:

1. И лес, и сельскохозяйственные производства представляют собой субъектов, склонных к экспансии.
2. Ресурс (плодородие почв), является исчерпаемым и возобновимым.
3. Взаимодействие происходит на определённой географической территории. С учётом низкой разрешающей способности модели мы решили не отображать в модели границы (побережье и межгосударственную границу), поскольку возникающие при этом эффекты, скорее всего, внесли бы значительные искажения в эксперименты.
4. Предположение о близкодействии вполне справедливо для леса, а также выполняется для мелких фермеров, которые владеют землёй в конкретной местности, связаны с имеющимися капиталовложениями и не могут легко переехать на новое место. Для Доминиканской Республики и, особенно, для Гаити данное предположение можно считать справедливым.
5. Предположение о том, что преобладающие позиции одного контрагента в смежных областях пространства взаимно усиливают друг друга, в рассматриваемой ситуации выполняется.
6. И леса, и сельскохозяйственные производства действуют в краткосрочном периоде. Для леса это очевидно, что касается экономических субъектов, то капиталовооружённость сельского хозяйства в Гаити и Доминиканской Республике в последние десятилетия существенно не менялась⁸⁰.
7. Предположение о том, что первоначальный ресурс среды и отходы контрагентов являются полностью независимыми ресурсами, также выполняется, поскольку земли, оставленные фермерами, вполне могут служить основой для нового лесного сообщества. Последнее же отходов не оставляет (мы моделируем это, устанавливая для контрагента «лес» срок использования ресурсов дольше, чем продолжительность эксперимента).

Дополнительные предположения, сформулированные на этапе верификации при моделировании ситуации, когда одним из контрагентов являются природное сообщество, и учтённые на этапе валидации, суть следующие:

1. В качестве агента взаимодействия берутся экосистемы в целом, а не отдельные составляющие их популяции.
2. На месте пустошей, оставленных фирмами, может сразу возникнуть полноценный лес. Это предположение является существенным

⁸⁰ См., например, данные по урожайности и удельному количеству тракторов в The World Bank data by country [Электронный ресурс]. – URL: <http://data.worldbank.org/country>

упрощением. Восстановление леса является не одномоментным событием, а занимает время, причём простое восстановление плодородия происходит быстрее, чем возрождение полнофункционального леса. В ряде случаев мы были вынуждены ослабить это предположение при интерпретации результатов экспериментов.

3. Плодородие почв после хозяйственной деятельности восстанавливается, что исключает из рассмотрения способы землепользования, необратимо разрушающие почвенный слой.
4. Лес обладает безусловным преимуществом над обеднёнными экосистемами, формирующимися на оставленных сельскохозяйственных угодьях, и всегда вытесняет их⁸¹. На практике это условие выполняется не всегда, особенно когда на смену местным экосистемам приходят сообщества, в которых господствуют инвазивные виды.

С учётом вышеизложенных соображений был проведён ряд экспериментов с помощью предложенной модели. Первый контрагент представлял собой сельскохозяйственные производства («фирмы»), а второй – лес. Поле модели соответствовало всей площади Гаити или Доминиканской Республики, а продолжительность шага принималась равной 1 году. Результаты экспериментов были сопоставлены с фактической динамикой доли сельскохозяйственных земель и лесов за 1990-2011 гг. по данным Всемирного банка⁸². Соответственно, продолжительность экспериментов составила 22 шага.

Значения, присвоенные временным параметрам, и их обоснования приводятся в Табл. 2.

Различия физических условий в разных частях страны, а также площадь заповедников и охраняемых территорий, отражались в рамках модели через карту распределения критерия сравнительной силы контрагентов (ΔК). Начальное распределение контрагентов было основано на фактических данных 1990 г. о площади сельскохозяйственных земель и лесов. В экспериментах по Гаити фирмы занимали 522 клетки (57,95% территории) из 900, а леса – 38 клеток (4,21%). Для Доминиканской Республики соответствующие цифры составляли 475 клеток (52,77%) и 367 клеток (40,81%).

Ключевым исходящим параметром экспериментов являлась доля поля, которую на каждом шаге занимали лес и фирмы. Полученную динамику мы сравнивали с фактической динамикой доли сельскохозяйственных земель и лесов в Гаити и Доминиканской Республике по данным Всемирного банка. В обоих проведённых экспериментах по обеим странам лес и фирмы пришли к устойчивым колебаниям вокруг точки равновесия, по крайней мере, к двенадцатому шагу. Данные колебания обладали достаточно большой амплитудой, которая не

⁸¹ В рамках модели лес понимается как клетка, занятая контрагентом «лес» и заполненная первоначальным ресурсом, а обеднённые сукцессионные экосистемы – как клетка, занятая контрагентом «лес» и заполненная отходами контрагента «фирмы».

⁸² Сайт Всемирного банка. – URL: <http://data.worldbank.org/indicator/AG.LND.FRST.ZS>

наблюдалась в реальности, что вызвано, скорее всего, низкой разрешающей способностью модели. Чтобы исключить влияние данных колебаний на результаты, мы провели сглаживание последних с периодом в 5 или 7 шагов (в зависимости от периода наблюдаемых колебаний) и после этого сопоставили их с фактическими данными.

Таблица 2. Значения параметров модели при валидации модели

Параметр	Обозначение	Значение	Комментарий
Контрагент «фирмы»			
Срок использования ресурсов	Δt_1	3	Период, в течение которого наименее плодородные участки в Гаити, находившиеся на горных склонах, полностью теряют плодородие ⁸³ .
Срок восстановления ресурсов	Δt_{1R}	2 или 3 ⁸⁴	Предполагаемый срок восстановления плодородия, обеспечивающий равновесие выбывающих и вновь занимаемых земель (равный Δt_1). Срок восстановления полнофункционального леса существенно больше.
Срок использования отходов другого контрагента	Δt_{1O2}	Δt_1	Параметр значения не имеет, т.к. у контрагента «лес» не возникает отходов.
Контрагент «лес»			
Срок использования ресурсов	Δt_2	100	Срок заведомо больше продолжительности эксперимента, чтобы у контрагента «лес» не возникало отходов.
Срок восстановления ресурсов	Δt_{2R}	0	Параметр значения не имеет, т.к. у контрагента «лес» не возникает отходов.
Срок использования отходов другого контрагента	Δt_{2O1}	2 или 3	Предполагаемый срок восстановления плодородия, обеспечивающий равновесие выбывающих и вновь занимаемых земель (равный Δt_1). Срок восстановления полнофункционального леса существенно больше.

В ходе работы было выявлено, что при значении $\Delta t_{1R} = \Delta t_{2O1} = 2$ (при сохранении срока использования участков $\Delta t_1 = 3$), динамика площади фирм хорошо совпадает с фактическими данными за 1990-2012 гг. Сглаженные результаты эксперимента во второй половине указанного срока, т.е. после того, как в системе установилось равновесие, не отклонялись от фактических более чем на 10%. Данная картина наблюдалась как по Гаити, так и по Доминиканской Республике.

При моделировании площади лесов наилучшее соответствие между результатами эксперимента и фактическими данными также наблюдалось при $\Delta t_{1R} = \Delta t_{2O1} = 2$. Также результаты больше соответствовали фактическим, если первоначальное распространение ферм соответствовало доле пахотных, а не всех

⁸³ Montgomery D.R. Dirt: the erosion of civilizations. Berkeley: University of California Press, 2007. С. 228.

⁸⁴ По результатам проведённых экспериментов лучшее соответствие фактическим данным наблюдается при $\Delta t_{1R} = \Delta t_{2O1} = 2$. Именно эти результаты показаны на графиках ниже.

сельскохозяйственных земель в обеих странах (при моделировании доли фирм это не оказывало принципиального влияния на результат). При этом доля «старых лесов» (т.е. ячеек, где имеется контрагент «лес» и которые заполнены первоначальным ресурсом) стремится к площади заповедников в обеих странах, тогда как полная площадь, занимаемая природными экосистемами в Доминиканской Республике (ячейки, занятые контрагентом «лес» вне зависимости от имеющихся там ресурсов) стремится к фактической площади лесов в стране. Для Гаити в последнем случае расчётная доля лесов значительно меньше, чем фактическая, однако эксперимент правильно указывает на устойчивое обезлесение страны.

Результаты проведённых экспериментов и фактические данные по странам можно увидеть на рис. 1.

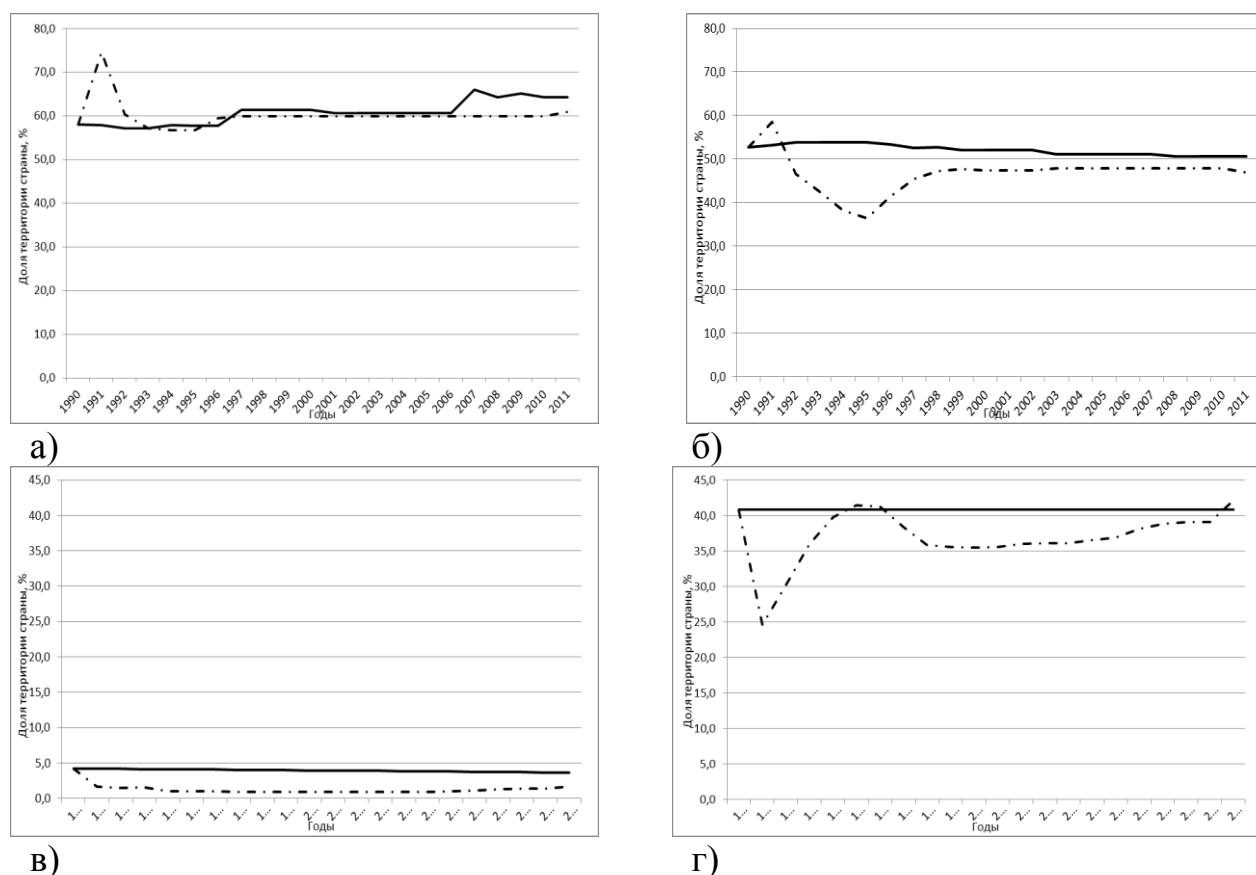


Рис. 1. Результаты экспериментов по моделированию доли сельскохозяйственных земель и лесов при значениях срока использования участков в 3 года и периода восстановления плодородия почв в 2 года: (а) сельскохозяйственные земли в Республике Гаити, (б) сельскохозяйственные земли в Доминиканской Республике, (в) леса в Республике Гаити, (г) леса в Доминиканской Республике. Сплошная линия – фактическая динамика, штрихпунктирная линия – результаты эксперимента. Источник: расчёты автора.

Проведённая работа позволяет сделать два вывода. Во-первых, предложенная модель является адекватной и обладает предсказательной силой. Во-вторых, был выявлен ряд существенных факторов, влияющих на динамику площади сельскохозяйственных земель и лесов, которые не находят отражения в модели. К этим факторам относятся спрос на сельскохозяйственную продукцию со стороны городского населения, промышленности и зарубежных потребителей, деятельность крупных сельскохозяйственных компаний, а также ход и продолжительность восстановления вторичных лесов. Кроме того, выяснилось, что разрешающая способность модели в её нынешнем виде недостаточно высока. Данные недостатки могут быть устранены в ходе дальнейшей доработки модели.

2.4. Предварительные практические рекомендации для экономической и природоохранной политики

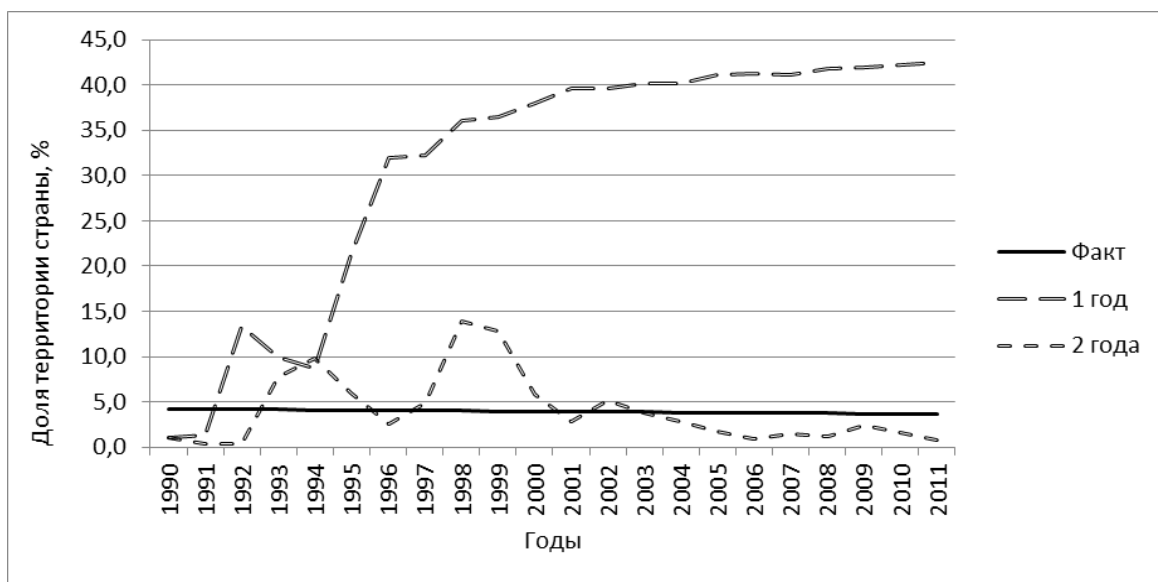
В заключительном параграфе мы хотели бы показать возможность использовать предлагаемую модель конкурентного взаимодействия для решения практических задач. Ниже с помощью предложенной модели исследуются два вопроса:

1. Какое соотношение временных параметров, описывающих деятельность хозяйствующего субъекта, позволяет обеспечить сохранение достаточной доли лесов в площади страны?
2. Какова должна быть площадь охраняемых территорий, чтобы поддерживать площадь лесов на заданном уровне?

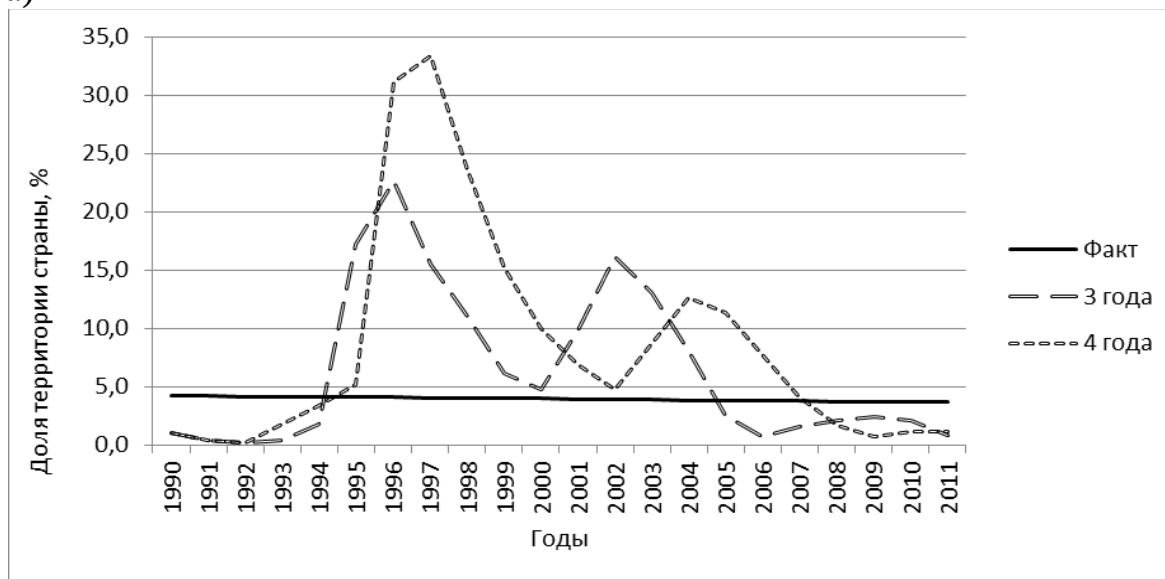
Перечисленные вопросы также были рассмотрены на примере Гаити и Доминиканской Республики. Чтобы дать заключение об эффективности природоохранной политики в этих странах, следовало ответить на вопрос, при каких значениях управляющих параметров, характеризующих экономическую деятельность и политику в области охраны окружающей среды, можно получить максимальную долю сельскохозяйственных земель при сохранении достаточной доли лесов. За основу мы взяли эксперимент, который показал наилучшее соответствие с фактическими данными (тот, в котором срок использования земельных участков составлял 3 года, а срок восстановления плодородия почв – 2 года), и, меняя те или иные управляющие параметры, попробовали получить результаты лучше наблюдаемых в реальности. При этом мы исходили из предположения, что в Гаити площадь, занимаемая лесами, существенно ниже необходимой для сохранения биоразнообразия и нормального развития страны, а в Доминиканской Республике доля лесов, наоборот, очень велика и может быть уменьшена, чтобы стимулировать экономическое развитие. В первом случае мы меняли срок использования земельных участков и срок восстановления

плодородия, во втором – площадь заповедников. Остальные управляющие параметры оставались теми же, что и при валидации модели.

Первые две серии экспериментов отвечали на вопрос, можно ли при изменении срока использования участков и срока восстановления почв увеличить среднюю площадь лесов в Гаити. Результаты экспериментов можно увидеть на рис. 2.



а)



б)

Рис. 2. Динамика площади лесов в Республике Гаити (а) при изменении срока использования участков фирмами и (б) при изменении срока восстановления плодородия почв. Варьирующие значения управляющих параметров указаны в легенде. Сплошная линия отражает фактическую долю лесов в указанные годы. Источник: расчёты автора.

Графики показывают реальные результаты экспериментов (без сглаживания), а под лесом понимаются ячейки, на которых контрагент «лес» присутствовал в течении срока большего, чем период восстановления почв.

Анализ графиков на рис. 2(а) показывает, что при сокращении периода использования участков до 1 года доля лесов проявляет тенденцию к резкому росту, увеличиваясь до 40% и более, в остальных же случаях она принципиально не отличается от фактически наблюдаемой. Из-за того, что показатели, которые в рамках модели характеризуют площадь лесов, недостаточно адекватно отражают продолжительность сукцессии, реальная площадь лесов вряд ли будет расти так быстро, однако выявление условий, необходимых для возникновения позитивной тенденции, само по себе представляет ценность.

Эксперименты по изменению показателя восстановления плодородия (рис. 2(б)) показали, что даже при увеличении этого показателя до 4 принципиального увеличения площади лесов не наблюдалось. При увеличении же Δt_{1R} до 5 лет и более полностью исчезали фирмы, что не может считаться допустимым результатом (это можно трактовать как резкое ухудшение условий для хозяйственной деятельности).

Ещё одна серия экспериментов имела цель выяснить, возможно ли сократить площадь заповедников в Доминиканской Республике, не вызывая чрезмерного снижения площади лесов. В настоящее время леса занимают более 40% территории Доминиканской Республики, а под охраной находятся почти 20% площади страны. Изменяемым параметром в экспериментах стала площадь заповедников, изображаемая на карте распределения сравнительной силы контрагентов ΔK . Были рассмотрены пять сценариев. В качестве крайних вариантов были взяты карты распределения ΔK , использованные в предыдущем параграфе для моделирования Доминиканской Республики (заповедники занимают 19,98% площади карты) и Гаити (0,3% площади карты). Кроме них были составлены три промежуточных карты, где заповедники занимали 5, 10 и 15% территории.

Во всех проведённых экспериментах было достигнуто устойчивое равновесие между фирмами и лесом. Чтобы устранить эффект от колебаний показателей вокруг линии тренда, было проведено сглаживание по продолжительности цикла (5 лет). Получившиеся в результате графики представлены на рис. 3.

Результаты проведённых экспериментов показывают, что уменьшение площади заповедников действительно приводит к росту доли сельскохозяйственных земель, что, однако, достигается за счёт опережающего уничтожения лесов. Эти потери особенно хорошо видны на графике потерь полезной площади (рис. 3(в)), рассчитанных как разница между увеличением доли сельскохозяйственных земель и уменьшением доли лесов по сравнению с фактически наблюдаемыми данными.

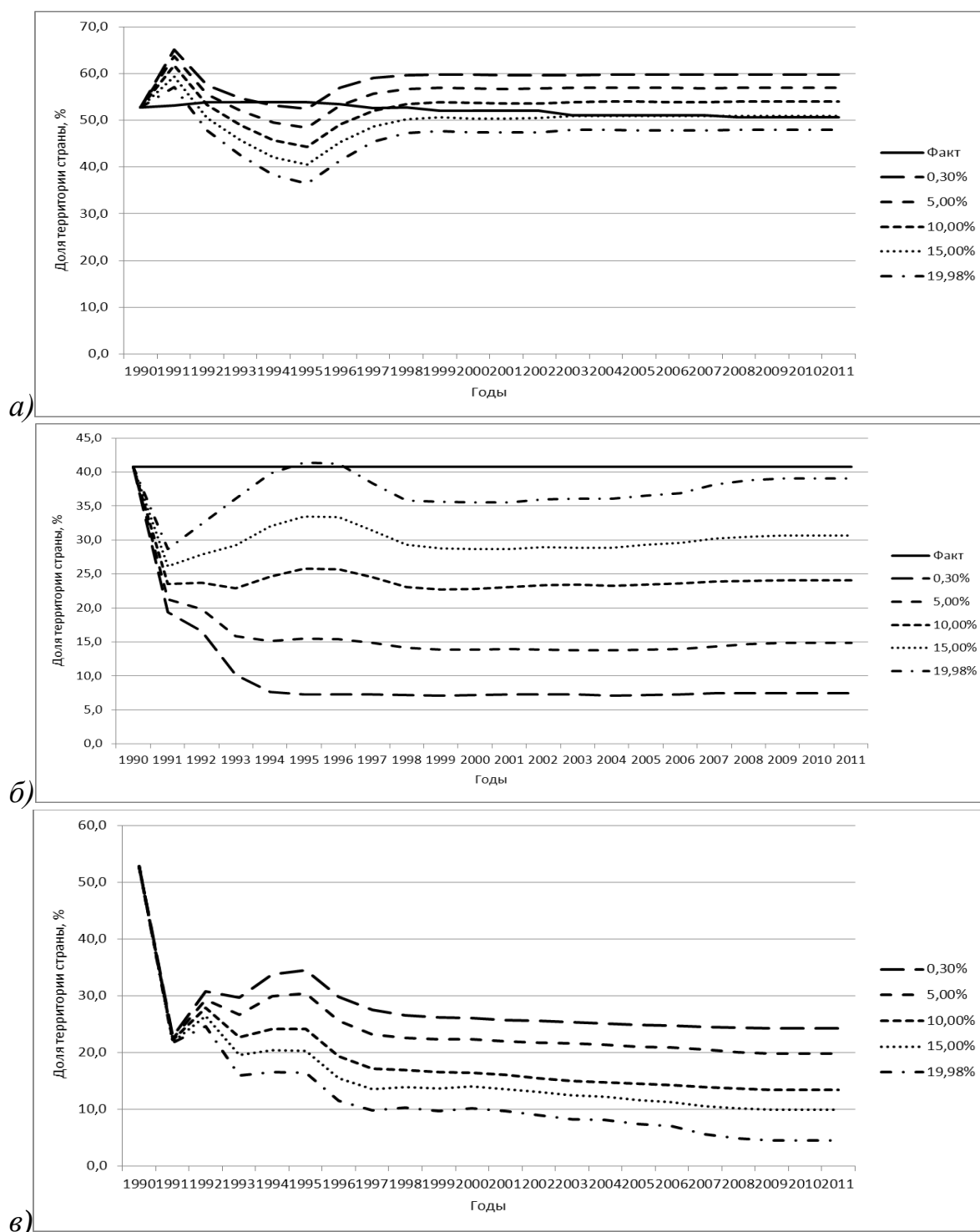


Рис. 3. Динамика площади сельскохозяйственных земель (а), лесов (б) и потери полезной площади (в) при изменении доли заповедников в Доминиканской Республике. В легенде указана доля площади заповедников, принятая в различных сценариях. Источник: расчёты автора.

Из проведённой работы можно сделать вывод, что в Доминиканской Республике возможно сокращение площади заповедников приблизительно до 10% территории

страны. Дальнейшее сокращение их площади чревато слишком сильным уменьшением площади лесов, что угрожает сохранению биоразнообразия и удовлетворению потребностей населения, и ростом доли земель, лишившихся естественных экосистем и выпавших из сельскохозяйственного оборота.

Проведённые эксперименты позволили сделать следующие предварительные практические рекомендации⁸⁵:

1. При соотношении фирм и лесов, соответствующих ситуации в Республике Гаити, возможно значительно увеличить долю лесов в площади страны до значений, обеспечивающих устойчивое воспроизводство и сохранение разнообразия лесных экосистем, если период использования участков будет относиться к сроку восстановления почв на них как 1 к 2.
2. При соотношении фирм и лесов, соответствующих ситуации в Доминиканской Республике, для того, чтобы леса покрывали не менее 20% территории страны, охраняемые территории должны составлять около 10% её площади.

Заключение

Цель данной работы состояла в разработке модели для определения характеристик фирмы, использующей ресурсы биологической системы, которые позволили бы ей улучшать экономические результаты, не подрывая воспроизводства этой системы.

В современной экономической теории вопросы природопользования, как правило, рассматриваются через призму прав собственности на природные ресурсы и транзакционных издержек. При всех позитивных результатах, достигнутых в рамках этого подхода, ему присущ ряд ограничений.

Во-первых, взаимодействующие экономические субъекты в рамках принятого ныне подхода оценивают или, по крайней мере, ранжируют свои выгоды и издержки и перераспределяют их посредством ведения переговоров и заключения контрактов. Очевидно, что под такое теоретическое описание попадают только фирмы, домохозяйства или государства, а биологические системы рассматриваются лишь как объект собственности. В результате из теоретического анализа выпадает потребность биологических систем в ресурсах и экосистемные услуги, которые они оказывают. Построение моделей на такой теоретической базе приводит к последовательной недооценке потребления и производства ресурсов и

⁸⁵ Приведённые рекомендации призваны, главным образом, продемонстрировать принципиальную возможность предложенной модели использоваться для решения практических задач. Мы не считаем, что они могут в нынешнем своём виде использоваться для разработки реальной природоохранной политики.

благ экосистемами, которые не представлены на рынке, а формулируемые в результате практические рекомендации способствуют деградации экосистем и экономическим потерям в средне- и долгосрочной перспективе.

Во-вторых, представление природных экосистем лишь в качестве объектов собственности не позволяет учитывать сложные и многообразные обратные связи, возникающие при взаимодействии фирм и экосистем, что также может привести к ошибочным выводам и рекомендациям.

В-третьих, существующий подход рассматривает проблему природопользования как микроэкономическую (модели регионального, странового и глобального уровня трактуют изучаемые макропроцессы как агрегирование многочисленных микропроцессов). Вместе с тем, теории, описывающие поведение фирмы в рамках эволюционной экономики, показывают, что в экономике, как и в биологии, многие существенные процессы происходят не на индивидуальном, а на популяционном уровне. Соответственно теоретическое описание улучшения экономической деятельности фирмы невозможно без учёта поведения всех фирм, домохозяйств и государства в данном регионе или стране. Популяционный подход размывает границы между микро- и макроэкономикой и позволяет проводить более полный анализ проблемы природопользования.

В ходе проведённой работы была показана принципиальная возможность изучать взаимодействие экономических субъектов и биологических систем в рамках единого понятийного аппарата средствами экономической теории, рассматривая при этом биологические системы в качестве экономических субъектов особого рода. Сформулировано понятие «агент эволюционного процесса», которое обозначает группу живых организмов, получающую выгоду или несущую ущерб в ходе экологического и (на более протяжённых промежутках времени) эволюционного взаимодействия, благодаря чему она претерпевает изменения и ведёт себя так, как будто стремится получить выгоду и избежать ущерба. Агенты эволюционного процесса представляют собой аналог субъектов хозяйственной деятельности, осуществляющих экономический выбор. Как правило, агентом эволюционного процесса выступает популяция, однако для частной задачи о взаимодействии хозяйствующего субъекта и экосистемы в качестве такого агента предпочтительнее рассматривать экосистему в целом.

В работе предложена модель конкурентного взаимодействия, анализирующая взаимодействие популяции фирм и природной экосистемы в краткосрочном периоде. Показано, что модель даёт результаты, поддающиеся разумной интерпретации, адекватна изучаемым процессам, является внутренне непротиворечивой, достаточной и простой, обладает предсказательной силой. Особенностью предложенной модели является то, что она подходит для описания процессов как на макро- так и на микроуровне, если выполняются условия, положенные в её основу.

Предложенная модель использована при анализе реальной ситуации: взаимодействия сельскохозяйственных фирм и лесной экосистемы в Республике Гаити и Доминиканской Республике. Получены расчётные результаты близкие к фактически наблюдаемым. Модель использована для решения практических задач, таких как нахождение лучшего соотношения между сроком использования ресурсов и временем, отводимым на их восстановление, или оценкой эффективности природоохранной политики. Сформулированы предварительные рекомендации.

В качестве направлений дальнейшего совершенствования модели можно указать необходимость отобразить в ней процесс смены лесных сообществ (сукцессию) и формирование спроса на сельскохозяйственную продукцию со стороны городских потребителей и остального мира, ввести правила, моделирующие взаимодействие агентов на дальних расстояниях), а также увеличить степень детализации модели.

Подход, предложенный в работе, позволяет по-новому взглянуть на проблему взаимодействия человека и природы. Дальнейшая разработка данной проблематики с применением математических методов позволит сформулировать условия, соблюдение которых обеспечит устойчивый процесс экономического развития при сохранении приемлемых параметров экологических систем, обеспечивающих комфортное существование человека и ресурс для будущего развития.

Литература

1. *Акерлоф Дж., Шиллер Р. Spiritus Animalis, или Как человеческая психология управляет экономикой и почему это важно для мирового капитализма.* М.: ООО «Юнайтед Пресс», 2011.
2. *Алчиан А. Неопределённость, эволюция и экономическая теория.* В антологии «Истоки: из опыта изучения экономики как структуры и процесса» / редкол.: Я. И. Кузьминов (гл. ред.), В. С. Автономов (зам. гл. ред.), О. И. Ананьин и др.; Гос. ун-т - Высшая школа экономики. 2-е изд. М.: Изд. дом ГУ ВШЭ, 2007. С. 33-52.
3. *Алчиан А., Демсец Г. Производство, информационные издержки и экономическая организация.* В антологии «Истоки». М.: ГУ-ВШЭ. 2004. С. 166-207.
4. *Безручко Б.П., Короновский А.А., Трубецков Д.И., Храмов А.Е. Путь в синергетику. Экскурс в десяти лекциях.* М.: URSS. 2009.
5. *Борщёв А. От системной динамики и традиционного ИМ – к практическим агентным моделям: причины, технология, инструменты.* [Электронный ресурс] — URL: <http://www.gpss.ru/paper/borshevarc.pdf>

6. *Ваал Ф. де* Зверский бизнес и альтруизм // В мире науки. 2005. №7. С. 51-57.
7. *Веблен Т.* Почему экономическая наука не является эволюционной дисциплиной? В антологии «Истоки: из опыта изучения экономики как структуры и процесса» / редкол.: Я. И. Кузьминов (гл. ред.), В. С. Автономов (зам. гл. ред.), О. И. Ананьин и др.; Гос. ун-т - Высшая школа экономики. 2-е изд. М.: Изд. дом ГУ ВШЭ, 2007.
8. *Гизатуллин Х.Н., Троицкий В.А.* Концепция устойчивого развития: новая социально-экономическая парадигма // Общественные науки и современность. 1998. №5. С. 124-130.
9. *Горбанёв В.А.* Природопользование и устойчивое развитие // Вестник МГИМО-Университета. 2013. №5(32). С. 180-189.
10. *Дарвин Ч.* Происхождение видов путём естественного отбора. М.: Просвещение, 1986.
11. *Демсец Х.* Ещё раз о теории фирмы. В антологии «Природа фирмы». М.: Дело, 2001. С. 237-267.
12. *Заварзин Г.А.* Недарвиновская область эволюции // Вестник Российской Академии Наук. 2000. Том 70, № 5. С. 403-411.
13. *Килячков Н.А.* Классификация эволюционных экономических теорий с точки зрения дарвинистских представлений об эволюции. В сборнике «Фундаментальные и прикладные вопросы эффективного предпринимательства: новые решения, проекты, гипотезы: Материалы V Международного научного конгресса 01-02 июня 2017 года, г. Москва» / Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации / под науч. ред. д.э.н., проф. А.В. Шарковой и д.э.н., доц. И.А. Меркулиной. М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и Ко», 2017. С. 54-57.
14. *Килячков Н.А.* Модель конкурентного взаимодействия при использовании ограниченных ресурсов // Финансы и кредит. 2013. №47. С. 51-57.
15. *Килячков Н.А.* Природные сообщества как экономические субъекты // Вестник МГИМО-Университета. 2015. №1. С. 144-152.
16. *Клейнер Г.Б.* Эволюция институциональных систем. М.: Наука, 2004.
17. *Коуз Р.* Заметки к «Проблеме социальных издержек». В сборнике «Фирма, рынок и право» / Коуз Р. М.: Новое издательство, 2007.
18. *Коуз Р.* Нобелевская лекция «Институциональная структура производства». В антологии «Природа фирмы». М.: Дело, 2001.
19. *Коуз Р.* Природа фирмы. В сборнике «Фирма, рынок и право» / Коуз Р. М.: Новое издательство, 2007.
20. *Кудрин Б.И.* Исследование технических систем как сообществ изделий – техноценозов // Системные исследования. Методологические проблемы. Ежегодник. 1980. М.: Наука, 1981. С. 236-254.

21. *Левин М.И., Матросова К.А.* Экономические модели мониторинга качества окружающей среды в условиях неполной информации и высоких издержек // Вопросы экономики. 2014. №4. С. 99-122.
22. *Лекавичюс Э.* О некоторых аналогиях между эволюцией экосистем и развитием экономики: от А. Смита и Ч. Дарвина до новейших идей. В альманахе «Эволюция: космическая, биологическая, социальная» / Отв.ред. Л.Е. Гринин, А.В. Марков, А.В. Коротаев. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009.
23. *Маевский В.И.* Введение в эволюционную макроэкономику. М.: Издательство «Япония сегодня», 1997.
24. *Маевский В.И.* Корнаи, Шумпетер и экономическая теория // Вопросы экономики. 2012. №8. С. 145-152.
25. *Маевский В.И.* Эволюционная теория и технологический прогресс // Вопросы экономики. 2001. №11. С. 4-16.
26. *Медоуз Д.Х., Медоуз Д.Л. Рандерс Й.* Пределы роста. М.: Изд-во МГУ, 1991.
27. *Мокир Дж.* Рычаг богатства. Технологическая креативность и экономический прогресс. М.: Изд-во Института Гайдара, 2014.
28. *Нельсон Р. Р., Уинтер С. Дж.* Эволюционная теория экономических изменений. М.: Дело, 2002.
29. *Олсон М.* Логика коллективных действий. Общественные блага и теория групп. М.: ФЭИ, 1995.
30. *Остром Э.* Управляя общим. Эволюция институтов коллективной деятельности. М.: ИРИСЭН, Мысль, 2012.
31. *Роббинс Л.* Предмет экономической науки. THESIS. М., 1993. Т. 1. Вып. 1.
32. *Розмаинский Я.* О методологических основаниях мейнстрима и гетеродоксии в экономической теории конца XIX – начала XXI века // Вопросы экономики. 2008. №7. С. 89-99.
33. *Скотт Дж.* Благими намерениями государства. Почему и как проваливались проекты улучшения условий человеческой жизни. М.: Университетская книга, 2005.
34. *Тимофеев-Ресовский Н.В., Яблоков А.В., Глотов Н.В.* Популяция. БСЭ. 3-е изд. М., 1975. Т. 20. С. 365-366.
35. *Хайек Ф.А.* Использование знания в обществе. В сборнике «Индивидуализм и экономический порядок» / Хайек Ф.А. Челябинск: Социум, 2011.
36. *Хайек Ф.А.* Пагубная самонадеянность: Ошибки социализма. М.: Изд-во «Новости» при участии изд-ва «Catallaxy», 1992.
37. *Хайек Ф.А.* Экономическая теория и знание. В сборнике «Индивидуализм и экономический порядок» / Хайек Ф.А. Челябинск: Социум, 2011.
38. *Чалдаева Л.А., Килячков А.А.* Модели экономических процессов: теоретические подходы и обоснования // Финансы и кредит. 2011. №9 (441). С. 2-7.

39. Arrow K. J. The Economics of Agency. In: "Principals and Agents: The Structure of Business" / J. W. Pratt and R. J. Zeckhauser, eds. Boston: Harvard Business School Press, 1985. C. 37-51.
40. Battalio R.C., Green L., Kagel J.H. Income-leisure tradeoffs of animal workers // The American economic review. 1981. Vol. 71, No. 4. C. 621-632.
41. Buchanan J.M. Rights, efficiency, and exchange: The irrelevance of transaction cost // Ansprüche, Eigentums- und Verfügungsrechte. Berlin: Duncker und Humblot, 1984. C. 9-24.
42. Chen M.K., Lakshminarayanan V., and Santos L.R. How basic are behavioral biases? Evidence from capuchin monkey trading behavior // Journal of political economy. 2006. Vol. 114, No. 3. C. 517-537.
43. Constanza R., Folke C. Ecological economics and sustainable development. Paper prepared for the international Experts Meeting for the Operationalization of the Economics of Sustainability. Manila, Philippines. 1994. July 28-30.
44. Daly H.E. Allocation, distribution, and scale: toward an economics that is efficient, just, and sustainable // Ecological Economics. 1992. 6. C. 185-193.
45. Daly H.E. The return of Lauderdale's paradox // Ecological Economics. 1998. Vol. 25, issue 1. C. 21-23.
46. Demsetz H. Toward a theory of property rights // The American Economic Review. Vol.57, No.2, May 1967. C. 347-359.
47. Economics in nature: social dilemmas, mate choice, and biological markets / Ronald Noë, Joram van Hooff, Peter Hammerstein. Cambridge, UK: New York, NY, USA: Cambridge University Press, 2001.
48. Foster J.B., Clark B. The paradox of wealth: Capitalism and ecological destruction // Monthly Review. 2009. 61 (6). C. 1-18.
49. Foy G., Daly H. Allocation, distribution and scale as determinants of environmental degradation: case studies of Haiti, El Salvador and Costa Rica. In: "Environmental Economics" / Markandya A., Richardson J. (Eds.). New York: St. Martin's Press, 1992.
50. Ghiselin M. T. The economy of the body // The American Economic Review. 1978. Vol. 68, No. 2. C. 233-237.
51. Hardin G. The Tragedy of the Commons // Science. New Series. Vol. 162. № 3859 (December 1968). [Электронный ресурс] // Центр гуманитарных технологий. — URL: <http://gtmarket.ru/laboratory/expertize/3509>
52. Hirshleifer J. Natural economy versus political economy // Journal of Social and Biological Structures. 1978. Vol. 1, issue 4. C. 319-337.
53. Hirshleifer J. The expanding domain of economics // The American Economic Review. 1985. Vol. 75, No. 6. C. 53-68.
54. Hodgson G.M., Knudsen T. Dismantling Lamarckism: why descriptions of socio-economic evolution as Lamarckian are misleading // Journal of Evolutionary Economics, Vol. 16, 2006. C. 343-366.

55. *Hodgson G.M., Knudsen T.* Why we need generalized Darwinism, and why generalized Darwinism is not enough // *Journal of Economic Behavior & Organization*, Vol. 61, 2006. C. 1-19.
56. *Hsiung B.-Y.* Reconciling Coase and Buchanan on the Coase theorem // *Journal of Institutional and Theoretical Economics*, 159(2), 06/2003. C. 392-413.
57. *Kagel J.H., Battalio R.C., Rachlin H., Green L.* Demand curves for animal consumers // *The quarterly journal of economics*. 1981. Vol. 96, No. 1. C. 1-16.
58. *Kahneman D., Tversky A.* Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk // *Econometrica* (The Econometric Society) 47 (2), 1979. C. 263-291.
59. *Kirman A.P.* Whom or what does the representative individual represent? // *Journal of Economic Perspectives*. Vol. 6, No. 2, 1992. C. 117-136.
60. *Leigh E.G.Jr., Vermeij G.J.* Does natural selection organize ecosystems for the maintenance of high productivity and diversity? // *Philosophical transactions of the Royal Society of London* 357, 2002. C. 709-718.
61. *Lo A.W.* The Adaptive market hypothesis: market efficiency from an evolutionary perspective // *The Journal of Portfolio Management*, Vol.30, No.5. URL: <http://web.mit.edu/alo/www/Papers/JPM2004.pdf>
62. *Lo A.W.* Reconciling efficient markets with behavioral finance: The adaptive market hypothesis. March 8, 2005.
URL: http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=728864
63. *McCloskey D.* The so-called Coase theorem // *Eastern Economic Journal*, Vol. 24, No. 3, Summer 1998. C. 367-371.
64. *Millenium Ecosystem Assessment*, 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press, Washington DC.
65. *Montgomery D.R.* *Dirt: the erosion of civilizations*. Berkeley: University of California Press, 2007.
66. *Nordhaus W.D.* Reflections on the economics of climate change // *The Journal of Economic Perspectives*. Vol. 7, No. 4, Autumn, 1993. C. 11-25.
67. *Parker D.C., Manson S.M., Janssen M.A., Hoffman M., Deadman P.* Multi-agent systems for the simulation of land-use and land-cover change: a review // *Annals of the Association of American Geographers*. 2003. Vol. 93, Issue 2. C. 314-337.
68. *Ravaioli C.* *Economists and the environment*. London: Zed Press, 1995.
69. *Simon H.* A behavioral model of rational choice // *Quarterly Journal of Economics* 69, 1955. C. 99-118.
70. *Stigler G.J.* *The theory of price*. New York: Macmillan Co., 1987.
71. *Sweis B.M., Abram S.V., Schmidt B.J., Seeland K.D., MacDonald III A.W., Thomas M.J., Redish A.D.* Sensitivity to “sunk costs” in mice, rats, and humans // *Science*. Vol. 361, Issue 6398, 13 July 2018. C. 178-181.
72. *Vermeij G.J.* Inequality and the directionality of history // *The American Naturalist*. 1999. Vol. 153, No. 3. C. 243-253.

73. *Williamson O.* Comparative economic organization: The analysis of discrete structural alternatives // *Administrative Science Quarterly*. 36, 1991. С. 269-296.
74. *Williamson O.* Markets and hierarchies: analysis and antitrust implications: a study in the economics of internal organization. N. Y.: Free Press, 1975.
75. The World Bank data by country [Электронный ресурс]. – URL: <http://data.worldbank.org/country>