

# Технология и гетерогенная инженерия: случай португальской экспансии

Джон Ло

Заслуженный профессор, факультет искусств и социальных наук, Открытый университет. Адрес: PO Box 197, MK7 6BJ Milton Keynes, United Kingdom. E-mail: john.law@open.ac.uk.

*Ключевые слова:* технологическая система; гетерогенная инженерия; мореплавание; социология технологий; акторно-сетевая теория.

Опираясь на исторические данные о португальской морской экспансии в XV и XVI веках, автор показывает, что для понимания становления, функционирования и распада технологических систем необходим подход, в основе которого будет лежать понятие гетерогенной инженерии. Гетерогенная инженерия предполагает, что при создании технологических систем происходит ассоциирование и канализация разнородных сущностей и сил, как человеческих, так и нечеловеческих. Тем самым открывается возможность анализировать, как в существовании той или иной системы на равных участвуют самые разные факторы: природные, социальные, экономические и технические.

В случае португальского мореплавания успех выстроенной системы был обусловлен ассоциациями между конструкцией кораблей, навигационными навыками мореплавателей, навигационным оборудованием и пушками, особенностями мысов, океанических течений и ветров

и системой государственного обучения и регулирования, которые позволили создать стабильную и мощную сеть, обеспечившую португальцам доминирование в Атлантическом и Тихом океанах. Строительство технологической системы тем самым представляет собой процесс разрешения конфликтов между гетерогенными элементами, ассоциации между которыми должны выдерживать столкновение с враждебными силами и сущностями — как физическими (например, океаны), так и социальными (например, мусульмане).

Системный подход, предлагаемый автором, демонстрирует, во-первых, что при анализе технологических систем необходимо использовать принцип обобщенной симметрии, гласящий, что один и тот же тип анализа должен применяться ко всем компонентам системы — как людям, так и нет. И во-вторых, что акторов следует понимать как сущности, оказывающие различное влияние на другие сущности.

Хочешь научиться молиться — отправляйся в море.  
Португальская поговорка<sup>1</sup>

**Н**АКИМ образом стабилизируются объекты, артефакты и технические практики? И почему они принимают ту форму, которую принимают? В данной работе я намерен обосновать и проиллюстрировать такой подход к этим вопросам, в котором делается акцент на: 1) гетерогенности элементов, необходимых для решения технологических проблем; 2) комплексности и контингентности взаимосвязей этих объектов; 3) способах выработки решений в конфликтных ситуациях. Такой «сетевой» подход опирается на работу Мишеля Каллона<sup>2</sup> и параллелен ей. Источником данных послужит вторичный эмпирический материал, касающийся технологии португальской морской экспансии XV и XVI веков. Чтобы прояснить свои основания и контекстуализировать аргументы, я сначала хотел бы кратко охарактеризовать два альтернативных подхода к социальным исследованиям технологий.

Первый подход иногда называют социальным конструктивизмом<sup>3</sup>. Этот отпрыск социологии науки предполагает, что

Перевод с английского *Андрея Корбута* по изданию: © *Law J. Technology and Heterogeneous Engineering: The Case of Portuguese Expansion // The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology / W. E. Bijker et al. (eds). Cambridge, MA: MIT Press, 2012. P. 105–127. Публикуется с любезного разрешения автора и издательства.*

1. Цит. по: *Diffie B. W., Winius G. D. Foundations of the Portuguese Empire, 1415–1580. Minneapolis: University of Minnesota Press, 1977.*
2. *Callon M. Struggles and Negotiations to Define What Is Problematic and What Is Not: The Sociology of Translation // The Social Process of Scientific Investigation / K. Knorr et al. (eds). Dordrecht: Springer, 1980. P. 197–219; Idem. Society in the Making: The Study of Technology as a Tool for Sociological Analysis // The Social Construction of Technological Systems. P. 77–97.*
3. Полное описание см. в: *Pinch T. J., Bijker W. E. The Social Construction of Facts and Artefacts: Or How the Sociology of Science and the Sociology of Technology Might Benefit Each Other // Social Studies of Science. 1984. Vol. 14. № 3. P. 399–441; Idem. The Social Construction of Facts and Arti-*

артефакты и практики недоопределяются природным миром, и утверждает, что их лучше рассматривать в качестве *конструкций* индивидов или коллективов, входящих в социальные группы. Поскольку у социальных групп разные интересы и ресурсы, у них обычно разные представления о подобающей структуре артефактов. Соответственно, стабилизация артефактов объясняется социальными интересами, вменяемыми тем или иным группам, и их неодинаковой способностью мобилизовать ресурсы в ходе споров и разногласий. Социальные конструктивисты иногда называют этот процесс «завершением». Оно происходит, когда споры и разногласия относительно формы артефакта успешно прекращаются.

Социально-конструктивистский подход имеет очевидные достоинства. Многие артефакты действительно выковываются в разногласиях и получают окончательную форму, когда социальная группа или ряд групп так или иначе навязывают свои решения остальным заинтересованным сторонам. Подобному анализу поддается как судьба электромобиля во Франции<sup>4</sup>, так и британский самолет *TSR-2*<sup>5</sup>, самолет «Конкорд»<sup>6</sup>, третьи аэропорты Лондона и Парижа<sup>7</sup>, велосипед<sup>8</sup> и разработка системы наведения ракет<sup>9,10</sup>. Примеры подобрать довольно легко. Всегда, когда присутствует разногласие, становится очевидна контингентная и сконструированная природа артефакта; заманчивыми выглядят объяснения, отсылающие к различиям в имеющейся власти и социальных интересах.

facts: Or How the Sociology of Science and the Sociology of Technology Might Benefit Each Other // *The Social Construction of Technological Systems*. P. 11–44. См. также: *Bijker W. E. The Social Construction of Bakelite: Toward a Theory of Invention // The Social Construction of Technological Systems*. P. 155–182.

4. *Callon M. Society in the Making*.
5. *Law J. On Politicians and Planes: A Memo on the TSR.2*. Department of Sociology, University of Keele, 1985 (unpublished).
6. *Feldman E. J. Concorde and Dissent*. Cambridge: Cambridge University Press, 1985.
7. *Ibidem*.
8. *Pinch T. J., Bijker W. E. The Social Construction of Facts and Artefacts* (1984); *Idem. The Social Construction of Facts and Artifacts* (2012).
9. *MacKenzie D. Missile Accuracy: A Case Study in the Social Processes of Technological Change // The Social Construction of Technological Systems*. P. 189–216.
10. Я не утверждаю, что все эти авторы используют социально-конструктивистский подход, однако их материал можно подвергнуть такому анализу.

Во втором подходе, берущем начало в истории технологий, в частности в работах Томаса Парка Хьюза<sup>11</sup>, технологическая инновация и стабилизация описываются с помощью метафоры систем. Аргумент состоит в том, что создатели артефактов интересуются не собственно артефактами, а должны учитывать, как те соотносятся с социальными, экономическими, политическими и научными факторами. Все эти факторы взаимосвязаны и потенциально податливы. Иными словами, аргумент состоит в том, что новаторов лучше рассматривать в качестве системостроителей: они жонглируют множеством переменных, пытаясь связать их в устойчивое целое. Время от времени возникают стратегические проблемы, которые мешают гладкой работе или расширению системы. Хьюз применяет военную метафору, называя такие проблемы «обратным клином», и показывает, каким образом предприниматели фокусируются на них и в поисках решения совмещают социальные, технические и экономические факторы.

Исследование Хьюза, посвященное Эдисону, иллюстрирует как системный характер большей части технологической деятельности, так и важность идеи обратного клина. Проблема Эдисона (его обратный клин) была одновременно экономической (продавать электрическое освещение по цене, которая позволит ему конкурировать с газовым освещением), политической (убедить политиков дать разрешение на строительство системы электроснабжения), технической (минимизировать стоимость передачи электроэнергии путем сокращения протяженности линий, понижения силы тока и повышения напряжения) и научной (найти материал для нити лампы накаливания, обладающий высоким сопротивлением). То, что Эдисон справился со всеми этими проблемами, показывает, что он оказался успешным системостроителем и, как говорит Хьюз, «сеть лишена швов» — социальное неразрывно связано с технологическим и экономическим<sup>12</sup>.

Социально-конструктивистский и системный подходы имеют много общего. Во-первых, они согласны в том, что технология не обуславливается одной лишь природой. Во-вторых, они

11. Hughes T. P. The Electrification of America: The System Builders // Technology and Culture. 1979. Vol. 20. № 1. P. 124–161; *Idem*. Networks of Power: Electrification in Western Society, 1880–1930. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1983; *Idem*. The Evolution of Large Technological Systems // The Social Construction of Technological Systems. P. 45–76.
12. Еще одно исследование, использующее системный подход: MacKenzie D. *Op. cit.*

признают, что технология не находится в неизменных отношениях с наукой. В-третьих, — что самое важное, — оба подхода утверждают, что технологическую стабилизацию можно понять, только если рассматриваемый артефакт анализируется в связи со множеством нетехнологических, в первую очередь социальных факторов. Однако, когда они конкретизируют связи между технологическим и социальным, начинают обнаруживаться расхождения. Социальный конструктивизм исходит из допущения, что социальное стоит за развитием и стабилизацией артефактов и направляет эти процессы. В частности, он предполагает, что выявление относительно стабильных руководящих *социальных интересов* позволяет удовлетворительно объяснить развитие технологий. Системный подход, напротив, исходит из допущения, что социальное не обладает никакой особой привилегией. В частности, он предполагает, что социальные интересы варьируются, по крайней мере в определенных границах. Хотя даже в этом моменте оба подхода демонстрируют некоторую степень сходства<sup>13</sup>, базовое различие никуда не исчезает: в конце концов, социологи, стремясь к простоте объяснения, предпочитают отводить привилегированное место социальному, в то время как многие историки этого не делают<sup>14</sup>.

В настоящей статье я присоединюсь к позиции Каллона и историков по данному вопросу. В частности, я хочу показать, что при объяснении технологических изменений социальному не следует отводить привилегированное место, представляя его в качестве стоящего *за* строящейся системой и оказывающего особое влияние на ее развитие. Хотя иногда социальное яв-

13. Тревор Пинч и Вибе Бейкер говорят о влиянии рекламы на формирование социальных групп: *Pinch T. J., Bijker W. E. The Social Construction of Facts and Artifacts* (2012).
14. Хотя я сослался на работы Хьюза, то же самое, на мой взгляд, можно сказать о работах Эдварда Константа. Его понятие коэволюции (*Constant E. W. On the Diversity and Co-Evolution of Technological Multiples Steam Turbines and Pelton Water Wheels// Social Studies of Science. 1978. Vol. 8. № 2. P. 183–210*) тоже представляет собой попытку схватить взаимосвязь гетерогенных элементов и учесть, что конструируется не только техническое, но и социальное. Кроме того, проведенный Константом анализ становления традиций «технологической тестируемости» (*Idem. Scientific Theory and Technological Testability: Science, Dynamometers, and Water Turbines in the 19th Century// Technology and Culture. 1983. Vol. 24. № 2. P. 183–198*) можно рассматривать как исследование способа установить между множеством акторов локально достижимое согласие относительно того, что определенные социальные/технические связи являются правильными и работоспособными.

ляется важным — и даже главным — фактором развития системы, это исключительно контингентный вопрос, который можно прояснить только эмпирически. Прочие факторы — природные, экономические или технические — могут оказаться упрямее социальных и сопротивляться самым настойчивым попыткам системостроителя придать им новую форму. Поэтому другие факторы способны лучше объяснять форму рассматриваемых артефактов и возникающую в результате социальную структуру. Говоря более формально, я утверждаю вслед за Каллоном<sup>15</sup>, что *стабильность и форма артефактов должны рассматриваться в качестве функции взаимодействия гетерогенных элементов, определяемых и ассимилируемых сетью*. В таком случае объяснение технологической формы основывается на изучении как *условий*, так и *тактики* системостроительства. Поскольку, как показал Хьюз, тактика зависит от взаимосвязи ряда разрозненных элементов различной степени уступчивости, я называю подобную деятельность *гетерогенной инженерией* и утверждаю, что ее продукт можно рассматривать как сеть соединенных компонентов<sup>16</sup>.

Такой сетевой подход, очевидно, многое заимствует из хьюзовской концепции системостроительства. Однако есть как минимум одно важное отличие между ним и подходом Хьюза, обусловленное акцентом на конфликте в сетевом подходе. Как показывает пример португальцев, Эдисона или Рено, успешная крупномасштабная гетерогенная инженерия — непростое дело. Элементы сети трудно приручить или удержать на одном месте. Необходимы постоянные бдительность и надзор, поскольку в противном случае элементы разъединятся и сеть начнет распадаться. Сетевой подход подчеркивает это, указывая, что почти всегда существует некоторая степень расхождения между тем, что делали бы элементы сети, если бы их предоставили самим себе, и тем, что их обязывают, побуждают либо принуждают делать, когда они завербованы сетью. Конечно, некоторые из этих расхождений более серьезны, чем другие. Однако в це-

15. Callon M. Struggles and Negotiations; Каллон М. Некоторые элементы социологии перевода: приручение морских гребешков и рыболовов бухты Сен-Бриё // Логос. 2017. Т. 27. № 2. С. 49–94; *Idem*. Society in the Making.

16. Возможно, мы *все* являемся гетерогенными инженерами, соединяющими разрозненные элементы в «насуточные заботы» нашей повседневной жизни. В настоящем очерке меня, однако, интересует только крупномасштабное, технологически релевантное системостроение.

лях анализа среду, в которой строится система, можно считать враждебной, а гетерогенную инженерию можно рассматривать в качестве ассоциации непомогающих элементов в самоподдерживающиеся сети, способные, соответственно, сопротивляться диссоциации.

Из этого тезиса вытекает важное методологическое следствие: *есть смысл описывать природных и социальных противников с помощью одного аналитического словаря*. Например, вместо того, чтобы рассматривать социальное одним способом, а научное — другим, необходимо проследить перипетии рассматриваемой сети и анализировать ее проблемы, упрямство элементов, порождающее эти проблемы, и реакцию сети, пытающейся справиться с ними. При движении от элемента к элементу не нужно менять словарь; с точки зрения сети человеческие или социальные элементы не обязательно отличаются от природных или технологических. Поэтому тезис состоит не в том, что, как утверждает социология, определенный тип элемента — социальный — является основополагающим для структуры сети; скорее, задача в том, чтобы *вскрыть* расклад сил, проявляющих себя во время коллизий между различными типами элементов, из которых одни являются социальными, а другие — нет. К решению этой задачи я и приступаю<sup>17</sup>.

## Борьба между мысом Бохадор и галерой

В 1291 году Уголино и Вадино Вивальди отплыли из Генуи на двух галерах, прошли через Геркулесовы столбы *ad partes Indiae per mare oceanum* и канули в небытие; из европейцев их больше никто никогда не видел<sup>18</sup>. В 1497 году Васко да Гама отплыл из Лиссабона, с реки Тежу. Он тоже направлялся в Индию через океан, но, в отличие от случая братьев Вивальди, мы знаем, чем закончилась его экспедиция. 20 мая 1498 года он бросил якорь в Каликуте на Малабарском побережье Юго-Западной Индии. Он вступил с заморином Каликута в переговоры о торговле пряностями — настолько неудачные, что во время второй экспедиции

17. Как я сказал, данный подход параллелен подходу Каллона. Однако он многим обязан работам Латура (*Латур Б. Пастер: Война и мир микробов, с приложением «Несводимого»*. СПб.: ЕУСПб, 2015).

18. *Diffie B. W., Winius G. D.* Op. cit. P. 24; *Chauni P.* European Expansion in the Later Middle Ages / K. Bertram (trans.). Amsterdam: North-Holland, 1979. P. 82.

в 1502 году флот да Гамы, теперь хорошо вооруженный, обстрелял Каликут, чтобы вынудить заморина подчиниться<sup>19</sup>. Португальцы начали торговать пряностями и в результате стали доминировать в Индийском океане. Я полагаю, что процесс, который привел к их доминированию, можно рассмотреть с точки зрения системостроительства или гетерогенной инженерии. Порой противниками были люди, порой — природные объекты. Начну с галер.

Галера была преимущественно военным судном. Она была легкой и маневренной и представляла собой метод преобразования силы 150–200 мужчин в эффективное поступательное движение. Чтобы снизить сопротивление воды, галеры делали длинными и узкими — обычно (по крайней мере в Венеции) около 125 футов (38 метров) в длину и 22 футов (6,7 метра) в ширину, включая аутригеры<sup>20</sup>. Корпус изготавливался из тонких досок, которые плотно укладывались вгладь, чтобы минимизировать сопротивление воды. С каждой стороны было по 25–30 весел, по три гребца на весло. Судно также имело одну высокую мачту<sup>21</sup>, к которой крепился треугольный латинский парус. Он помогал гребцам, хотя всегда был лишь дополнительным источником силы. Кораблем управляли с помощью одного или двух рулей; на приподнятой корме располагался «зámок». Нос, напротив, был низким и застроенным и предназначался для тарана других кораблей. Типичная галера изображена на рис. 1.

Скажу очевидную вещь: галера — это *эмерджентный феномен*, то есть обладает атрибутами, которых нет у ее отдельных компонентов. Строители галеры соединяли дерево и людей, деготь и парусину и выстраивали целостность, которая держалась на плаву и которую можно было толкать вперед и направлять. Галера могла вступать в ассоциацию с ветром и человеческой силой, чтобы добираться до удаленных мест. Она стала «галерой», позволяющей купцу или ремесленнику отправляться из Венеции, прибывать в Александрию, торговать, получать прибыль и наполнять свой дворец произведениями искусства.

Безусловно, галера — это технологический объект. Тогда я определю технологию как семейство методов ассоциирования

19. Parry J. H. The Age of Reconnaissance. L.: Weidenfeld and Nicolson, 1963. P. 153.

20. Lane F. C. Venetian Ships and Shipbuilders of the Renaissance. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1934. P. 3.

21. Возможно, больше; см.: Landstrom B. Sailing Ships in Words and Pictures from Papyrus Boats to Full-Riggers. L.: Allen and Unwin, 1978. P. 52.



Рис. 1. Галера.

Источник: Girolamo Tagliente. *Libro Dabaco che Insegnaa fare ogni Ragione Mercantile*. Venice: Raffinello, 1541. P. 53.

и канализирования иных сущностей и сил, как человеческих, так и нечеловеческих. Это метод — единственный метод — осуществления гетерогенной инженерии, конструирования относительно стабильной системы взаимосвязанных частей и фрагментов с эмерджентными свойствами во враждебной или безразличной среде.

Говоря это, я не имею в виду, что данные методы чем-то отличаются от канализируемых ими сил. Технология не действует подобно автоинспектору, который по своей природе отличается от направляемого им дорожного движения. Сама по себе она тождественна совокупности канализируемых сил или ассоциируемых сущностей. Поэтому всегда есть опасность, что ассоциированные сущности, составляющие технологическое устройство, диссоциируются под воздействием более сильной и враждебной системы. Рассмотрим в этом контексте ограничения галеры.

В относительно спокойных водах Средиземноморья галера служила чрезвычайно успешной военной машиной, но в качестве грузового судна была малопригодна. Ее вместимость было крайне ограниченной. Особенности, которые делали ее хорошим военным кораблем, — то, что она была узкой и длинной и могла вмещать большую команду, способную отбить абордажную атаку, — мешали перевозке грузов<sup>22</sup>. Кроме того, *радиус действия* га-

22. Lane F. C. Venice, a Maritime Republic. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1973. P. 122; *Denoix L. Caractéristiques des navires de l'époque des Gran-*

леры ограничивался размером ее команды. Она не могла удаляться от берега с источниками воды и провизии. Хотя венецианцы и генуэзцы использовали галеры для транспортировки ценных грузов, примерно после 1320 года для этой цели стали применять «большие галеры»<sup>23</sup>.

Вероятно, именно на таких галерах братья Вивальди покинули Геную в 1291 году для десятилетнего, как они полагали, путешествия в Индию<sup>24</sup>. Возможно, их галеры были больше обычных и являлись предшественницами больших галер. Возможно, их борта были выше. Но их радиус действия был ограничен, а мореходные качества — сомнительны. Легко представить, что бы произошло, если бы они попали в шторм у побережья Сахары. И если Вивальди действительно попытались проплыть вдоль западного побережья Африки, они должны были пройти через место, которое можно считать точкой невозврата, — мыс Бохадор, или мыс Страха. Пьер Чауну резюмирует проблему, связанную с мысом Бохадор, следующим образом:

Располагаясь на двадцати семи градусах северной широты, мыс Бохадор уже находится в Сахаре, поэтому побережье помочь не может. От мыса до реки Сус 800 километров; путь в 1600 километров туда и обратно был как раз в пределах возможностей галеры, но идти вперед без источников свежей воды можно было только под парусом. Были и другие трудности... сильное течение с Канар, постоянные туманы, глубокое море и, прежде всего, невозможность двинуться обратно тем же путем, идя круто к ветру<sup>25</sup>.

Каким же мужеством должны были обладать братья Вивальди и их люди, проплывшие на своих галерах через Геркулесовы столбы и исчезнувшие со страниц истории! Нам неизвестно, что за несчастье приключилось с ними. Однако мы можем предположить, что галеры, эти эмерджентные объекты, созданные гетерогенной инженерией, распались на составные элементы. Технологический объект разрушился под воздействием более сильного противника, способного ассоциировать элементы лучше итальянских системостроителей. Это был конфликт между двумя оппонентами, испытание сил, в котором последнее слово осталось

des Découvertes // *Les Aspects internationaux de la découverte océanique aux XVe et XVIe siècles* / M. Mollat, P. Adam (eds). P.: SEVPEN, 1966. P. 142.

23. Lane F. C. Venice, a Maritime Republic. P. 122, 126.

24. Diffie B. W., Winius G. D. Op. cit. P. 24–52.

25. Chaunu P. Op. cit. P. 118.

за частью физического мира. Соответственно, перед нами парадигмальный случай основополагающей проблемы, стоящей перед системостроителями: как соединить и связать гетерогенные элементы, чтобы они оставались на месте и не диссоциировались другими акторами, действующими в среде, — социальными, физическими или смешанными — в ходе неизбежной борьбы. Данный пример также показывает, почему нужно быть готовым иметь дело с гетерогенностью и всей ее комплексностью, а не добавлять социальное в качестве объяснительного принципа задним числом: система — в данном случае галера — ассоциирует все, от человека до ветра. Она зависит от комбинации социальной и технической инженерии в среде, наполненной безразличными или откровенно враждебными физическими и социальными акторами.

## **Португальцы против мыса Бохадор: завершение и линии силы**

В борьбе между Атлантикой и галерой победила Атлантика. Можно сказать, что силы, ассоциированные с европейцами, были недостаточно мощными, чтобы диссоциировать силы, составляющие Атлантику. Чтобы диссоциировать столь опасного оппонента и поместить его составные части на их места, гетерогенные инженеры Европы должны были ассоциировать и канализировать большее количество более разнообразных сил. Поэтому в течение более ста лет мыс Бохадор оставался точкой невозврата. Откуда было взяться новым союзникам? Как они могли бы ассоциироваться с европейским предприятием?

Важными оказались три технологические инновации<sup>26</sup>. Первая приняла форму революции в проектировании парусных кораблей в XIV и начале XV века. Детали этой революции все еще не вполне ясны; это косвенная информация, которая в любом случае не составляет предмет настоящего очерка. Однако в результате появилось морское судно со смешанной оснасткой (рис. 2), которое имело гораздо более широкий радиус действия и лучшие мореходные качества, чем его предшественники. Оно умело превращать в поступательное движение ветра, дующие с разных направлений. Ему не нужны были гребцы, что освободило

26. Они представляют собой пример того, что я называю рациональной реконструкцией. См. заключение данной статьи.

ждало человеческую рабочую силу. И оно вмещало достаточно припасов, чтобы осуществлять длительные плавания, не заботясь о пропитании. Таким образом, это был первый шаг на пути к конструированию ряда союзников, способных поставить Северную Атлантику на место. Второй инновацией было широкое распространение в христианской Европе в конце XII века магнитного компаса. Я буду обсуждать методы навигации в одном из последующих разделов, но здесь следует отметить, что первоначально важность этой инновации состояла в том, что она позволяла достаточно уверенно сохранять избранное направление в отсутствие ясного неба. Вместе со счислением пути и портуланами<sup>27</sup> магнитный компас сделал плавания на длинные дистанции менее слепыми, что, в частности, означало, что моряку не нужно было больше держаться берега, чтобы представлять, где он находится. Это был второй решающий шаг к изменению баланса сил. Когда новые корабли объединили канализирование ветров с новыми методами навигации и возникающим вследствие этого знанием своего местоположения, была подготовлена почва для возможного изменения баланса власти.

Каков был третий решающий шаг? Чтобы ответить на этот вопрос, необходимо разобраться в течениях и ветрах между Португалией и Канарами. Из Лиссабона или Алгарви достаточно легко плыть в юго-западном направлении вдоль атлантического побережья Африки. Корабль подхватывается Канарским течением и северо-восточными пассатами, которые особенно сильны летом. Пока силы ветра и течения содействуют проекту моряка. Однако по тем же самым причинам совершить обратное путешествие очень сложно. Безусловно, корабль, способный идти против ветра, может продвигаться на северо-восток, но для этого требуется часто менять галс, а это было затруднительно с квадратными парусами той эпохи, которые в любом случае не позволяли идти круто к ветру. Хотя зимой ветра дули с юго-запада, облегчая обратное путешествие<sup>28</sup>, в какой-то неизвестный исторический момент моряки решили попробовать извлечь пользу из встречного ветра и течения и двигаться открытым морем, а не вдоль марокканского побережья, поскольку оказалось, что при наличии подходящего судна, инструментов для определения направления движения и достаточной смелости возвра-

27. Портулан, или плоская карта, чертился с помощью розы ветров и сетки румбов постоянных магнитных азимутов.

28. *Diffie B. W., Winius G. D. Op. cit. P. 61, 136.*



Рис. 2. Крупное судно со смешанной оснасткой XV или XVI века.

Источники: фронтиспис изданного в 1537 году в Венеции труда Иоанна Сагробоско *Sphera volgare nouamente tradotte*.

щаться в Лиссабон или Алгарви таким путем гораздо легче, чем вдоль побережья. Судно идет в северо-западном направлении круто к ветру против северо-восточных пассатов. Это позволяет постепенно продвигаться на север, оставляя позади пассаты, пока не начинаются западные ветры и североатлантическое течение, позволяющие повернуть на восток к Иберии<sup>29</sup>. Именно изобретение этого кругового пути, который португальцы называли «волтой», составляет третий решающий шаг. Кораблям больше не нужно было держаться побережья. Мыс Бохадор, классическая точка невозврата, перестал быть тем препятствием, каким он некогда был. Капитаны могли заплывать за него и имели шанс вернуться.

Таким образом, *волту* можно рассматривать в качестве географического выражения борьбы между гетерогенными фрагментами и частями, собранными воедино португальскими системостроителями, и элементами, собранными их противниками, то есть ветрами, течениями и мысами. Это воплощенное в карте решение, доступное португальцам. *Волта* показывает, что именно португальцы способны были навязать диссоциированным силам океана с помощью доступных им сил. Она наглядно демонстриру-

29. Chaunu P. Op. cit. P. 111–115.

ет, как они могли превращать течения, ветра и прочие силы оппонентов в своих союзников и ассоциировать эти элементы со своими кораблями и навигационными техниками приемлемым и работоспособным образом.

Теперь становятся понятны преимущества и недостатки системной метафоры в эмпирическом контексте. Эта метафора подчеркивает гетерогенность и взаимосвязанность, но одновременно отвлекает внимание от *борьбы*, в которой формируется сеть гетерогенных и поддерживающих друг друга элементов. Системостроители пытаются ассоциировать элементы в жизнеспособную, как они надеются, целостность. Они стараются диссоциировать враждебные системы и пересобрать их компоненты так, чтобы те помогли их строительству. Но конкретная форма (дис-) ассоциации зависит от расклада сил. Некоторых из них неумолимы: течения и ветра нельзя склонить на свою сторону, настолько они мощны. Другие поддаются манипулированию, но с трудом. Например, на корабль с четырехугольными парусами и навигационные практики, хотя они не незыблемы, было сложно влиять. Однако есть и силы, которые легко поддаются изменениям. В нашем случае вследствие достижений в кораблестроении и навигации в предшествующие 150 лет курс, которым двигались суда на обратном пути, стал предметом выбора. Здесь в самом буквальном смысле имела свобода маневра. Для системостроителя курс больше не был жестко сверхопределен. Соответственно, можно сказать, что *волта* позволяла отслеживать расклад сил и буквально измерять их относительную мощность. Она репрезентировала состояние кораблестроения, состояние навигации, состояние искусства мореплавания и коллизию между ними и силами природы. *Волта* стала прибавкой силы, которая позволила стабилизировать новую сеть, поскольку курс внезапно оказался самым податливым элементом в конфликте между желанием португальцев возвращаться в Лиссабон и природными силами Атлантики.

## **Каравелла и африканское побережье: завершение и приспособление**

Африка, как предстояло открыть португальцам, не сводится к мысу Бохадор. Возможность обойти мыс и затем вернуться в европейские воды — это очень хорошо, но впереди лежало неизведанное побережье. К югу от мыса, вплоть до реки Сенегал и Черной Африки, берег еще более негостеприимен.

Большую часть своих непростых экспедиций португальцы осуществили на каравеллах. Хотя происхождение данного типа судов неизвестно<sup>30</sup>, их характеристики в XV веке мы знаем. Весом менее 100 тонн, вероятно, от 70 до 80 футов (от 20 до 25 метров) в длину от форштевня до кормы, каравелла была необычным кораблем, поскольку представляла собой длинный парусник с соотношением длины к ширине от 3,3 до 3,8 к 1 (Бейли Диффи и Джордж Виниус называют цифры 3 к 1<sup>31</sup>). Это было судно с обшивкой вгладь, довольно легкое и с изящными очертаниями, которое неглубоко сидело в воде, имело плоское днище и небольшой надводный борт. У него была только одна палуба, которая иногда была даже открытой или только полупалубой. Бак отсутствовал, а ютовая надстройка была скромной, в лучшем случае — с одной комнатой<sup>32</sup>. В середине XV века и определенно до периода первых открытий каравеллы обычно несли на всех мачтах латинские паруса.

Можно сказать, что каравелла была отлично приспособлена для обследования побережий, поскольку<sup>33</sup> для выполнения подобной задачи нужно судно, которое не будет наткаться на рифы, легкое и хорошо управляемое, с низкой осадкой, позволяющее идти против ветра и не требующее большой команды. Каравелла обладала всеми этими качествами и потому отлично подходила для выполнения стоящей перед ней задачи. Но что на самом деле означает эта фраза?

Ответ на данный вопрос можно найти в понятии сети. Системостроители стремятся создать сеть гетерогенных, но поддерживающих друг друга элементов. Они стремятся диссоциировать враждебные силы и, трансформировав их, ассоциировать со своим предприятием. Однако ключевой момент состоит в том, что структура сети отражает мощь и природу как доступных сил, так и противостоящих сети сил. Поэтому говорить, что артефакт хорошо приспособлен к своей среде, — значит говорить, что он составляет часть системы или сети, способной ассимилировать (или обращать вспять) потенциально враждебные внешние силы. Следовательно, это значит утверждать, что рассматриваемая сеть относительно стабильна. Говорить о таком артефакте, как каравел-

30. *Landstrom B.* Op. cit. P. 100; *Chaunu P.* Op. cit. P. 243; *Parry J. H.* Op. cit. P. 65; *Unger R. W.* *The Ship in the Medieval Economy, 600–1600.* L.: Croom Helm, 1980. P. 212–215.

31. *Diffie B. W., Winius G. D.* Op. cit. P. 118.

32. *Parry J. H.* Op. cit. P. 65.

33. Как отмечалось многими историками, например, в: *Denoix L.* Op. cit. P. 142.

ла, что он приспособлен к среде, — значит, опять же, отмечать, что была создана сеть ассоциированных гетерогенных элементов, которая стабильна, поскольку может сопротивляться попыткам ее диссоциировать со стороны множества потенциально враждебных сил и может использовать по крайней мере некоторые из этих сил, трансформируя их и ассоциируя с данным проектом. Тем и прекрасна каравелла в контексте XV века, в котором ее использовали португальцы. С надлежащей командой и провиантом она была в состоянии преобразовать все, что предложит ей африканское побережье, в контролируемое движение и контролируемое возвращение. Это была сеть из людей, бруса, досок и парусины, способная превращать множество обстоятельств в исследование побережья, не распадаясь на части одним из множества способов, доступных для судов, когда дела начинают идти плохо. Поэтому каравелла, как и *волта*, приобретала стабильность, выражая силы вокруг себя. Она была хорошо приспособлена, поскольку поддерживала устойчивые отношения между своими составными частями, ассоциируя все, с чем сталкивалась, с данной сетью по мере кругового продвижения.

## **Навигация и восход солнца: завершение и введение метрики**

Между 1440 и 1490 годами португальцы обследовали большую часть побережья Западной Африки. Продвигаясь на юг и пользуясь все большими *волтами*, португальцы начали точнее понимать проблемы, с которыми сталкивались при навигации. Как определять свое местоположение, когда ты находишься далеко от земли? Поскольку от классических европейских методов движения по компасу, плоских карт и счисления пути было мало пользы, для португальцев это составляло серьезную проблему. В 1480-е годы они разработали практический метод астрономического определения широты с борта корабля. Основная идея состояла в том, что, если определить *алтуру*, или высоту над горизонтом, солнца либо звезды (обычно Полярной) и сравнить ее с известной *алтурой* порта назначения, корабль может идти на север или юг до тех пор, пока не достигнет заданной широты, после чего может поворачивать по необходимости на восток или запад и попадать точно в пункт назначения.

Измерение *алтуры* производилось с помощью квадранта либо астроблики. Оба устройства были стандартными университетскими астрономическими и астрологическими инструментами и со-

держали огромное количество информации, не нужной для вычисления широты и просто непонятной обычным людям. Однако на обратной стороне астролябии была алидада, представлявшая собой закрепленную на оси линейку с двумя визирными отверстиями. Наблюдатель держал инструмент вертикально за подвесное кольцо, направлял взгляд вдоль алидады и измерял *алтуру* звезды, считывая показания со шкалы, нанесенной на внешний край (рис. 3). Квадрант выполнял схожие функции. Он имел форму четверти окружности, и измерение высоты звезды производилось с помощью одного из «радиусов». Искусственный горизонт задавался планкой, закрепленной в центре «круга», и измерялся с помощью шкалы, нанесенной на дугу<sup>34</sup>. Университетская и астрологическая версия квадранта, как и астролябии, содержала информацию о движениях планет, временах года и часах. Португальские исследователи использовали оба инструмента, оставив на них только то, что необходимо для измерения *алтуры*, хотя, вероятно, мореходы начали использовать чуть более простой квадрант раньше<sup>35</sup>.

Сами по себе эти инструменты были, конечно же, бессильны. Простой факт наблюдения за небесным телом через отверстия в алидаде никак не связан *per se* с навигацией. Это наблюдение или сопровождающее его чтение должно было претерпеть ряд сложных трансформаций, чтобы быть преобразованным в показатель широты. Конструирование сети артефактов и навыки превращения звезд из нерелевантных световых точек в ночном небе в послушных союзников в борьбе за покорение Атлантики — хороший пример гетерогенной инженерии.

Я сказал об упрощении квадранта и астролябии. Это можно считать первым этапом процесса<sup>36</sup>. Второй этап предполагал то, что можно рассматривать в качестве социальной инженерии, — конструирование сети практик, которые, будучи ассо-

34. Taylor E. R. G. *The Haven-Finding Art: A History of Navigation from Odysseus to Captain Cook*. L.: Hollis and Carter, 1956. P. 158–159.

35. Ibid. P. 159.

36. Далее я представляю материал крайне избирательно, чтобы подчеркнуть важнейшие, на мой взгляд, элементы процесса и избежать чрезмерного погружения в детали. По этим же причинам я позволил себе реорганизовать хронологию событий и перейду к определению широт важных точек на побережье после обсуждения *Regimento*. Более полное социологическое описание см. в: Law J. *On the Methods of Long Distance Control: Vessels, Navigation and the Portuguese Route to India // Power, Action and Belief: A New Sociology of Knowledge? / J. Law (ed.)*. L.: Routledge and Kegan Paul, 1986. P. 234–263.

## SECUNDA PARS DE

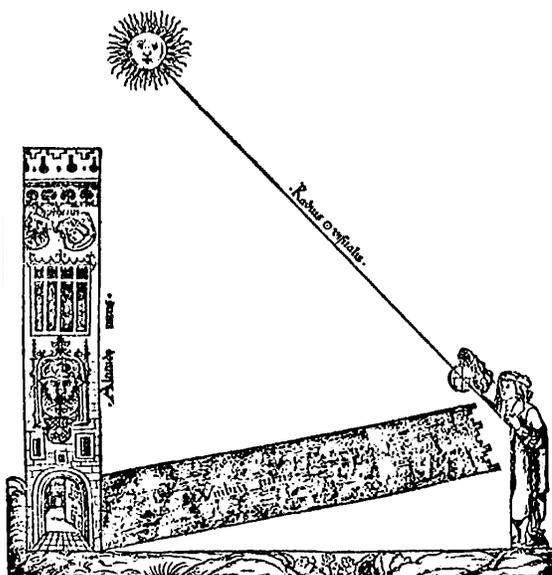


Рис. 3. Измерение алтуры с помощью астроялбии.  
Источник: Sebastian Muenster. *Organa Planetarum*. Basel:  
Petrus, 1539. P. 70.

цированными с инструментами, обеспечили бы необходимую трансформацию солнца и света звезд. Эта социальная инженерия была произведена в три шага. Во-первых, в начале 1480-х король Жуан II создал «научную комиссию» для усовершенствования методов измерения *алтуры*. В комиссию вошли четыре эксперта: королевский физик мастер Родригу, королевский капеллан епископ Ортиш, географ Мартин Бехайм и Жозе Визинью, который был учеником астронома Авраама Закуту из Саламанки<sup>37</sup>. Созыв «научной комиссии» с целью превращения эзотерического знания в набор широко применимых практик примечателен уже сам по себе. Еще большего внимания заслуживает тот факт, что эти четверо — в особенности, вероятно,

37. Chaunu P. Op. cit. P. 257; Taylor E. R. G. Op. cit. P. 162; Beaujouan G. Science livresque et art nautique au XVe siècle // Les Aspects internationaux de la découverte océanique aux XVe et XVIe siècles. P. 74; Waters D. W. Science and the Techniques of Navigation in the Renaissance. Greenwich: National Maritime Museum, 1980. P. 9–10.

Визинью — смогли осуществить данную трансформацию, сформулировав ряд правил для вычисления широты полуобразованными мореходами. Эти правила, ставшие вторым шагом эксперимента по социальной инженерии, приняли форму *Regimento do Astrolabio e do Quadrante* («Руководство по астрольбии и квадранту»): этот труд начал циркулировать, вероятно, с конца 1480-х годов, по крайней мере в рукописной форме. *Regimento* можно читать как инструкции, позволяющие превращать судно и его инструменты в обсерваторию, иными словами, создавать стабильную гетерогенную ассоциацию элементов, обладающих способностью превращать измерение *алтуры* в определение широты (рис. 4).

Но даже этого было недостаточно. Чтобы принять новый метод плавания, мореходы должны были сделать третий шаг: им нужно было знать широты важных мест на побережье, в частности основных портов и мысов. Иными словами, необходимо было выработать *метрику*, которая бы позволяла придавать наблюдениям абсолютные характеристики в соответствии с осью север — юг и, соответственно, определять местоположение корабля-обсерватории. Измерение широт важнейших точек побережья, опять же, требовало огромных организационных усилий. Нужно было посылать компетентных наблюдателей, вооруженных большими деревянными астрольбиями, на исследовательских судах и получать их отчеты в Лиссабоне. В 1473 году лиссабонские астрономы имели список широт вплоть до экватора<sup>38</sup>, который к концу столетия еще расширился. Кроме того, известные широты нужно было сообщить мореходам, поэтому в *Regimento* был добавлен соответствующий раздел.

Для большинства мореплавателей новый метод навигации оказался слишком сложным, лишь самые передовые моряки пытались его практиковать. Есть свидетельства того, что Колумб, например, понимал его довольно плохо. Хотя детали все еще неясны, судя по всему, в начале XVI столетия, а возможно и раньше, капитанам кораблей читали в Лиссабоне курсы по навигации<sup>39</sup>. Однако такое обучение не было неизменно успешным. В XVI веке часто жаловались на то, что многие капитаны слабы в навигации. Похоже, при попытках создать стабильную сеть элементов для превращения звезд в измерение широты — ины-

38. Taylor E. R. G. Op. cit. P. 159.

39. Diffie B. W., Winius G. D. Op. cit. P. 142.

January.				
First.	Second.	Third.	Fourth.	Yeere of the Lord
1	2	3	4	
1593	1594	1595	1596	
1597	1598	1599	1600	
1601	1602	1603	1604	
1605	1606	1607	1608	
1609	1610	1611	1612	
D. G. M.	D. G. M.	D. G. M.	D. G. M.	
1 21 50	1 21 52	1 21 56	1 21 57	
2 21 40	2 21 43	1 21 9	2 21 48	
3 21 30	3 21 33	3 21 36	3 21 38	
4 21 20	4 21 23	4 21 26	4 21 28	
5 21 9	5 21 16	5 21 15	5 21 17	
6 20 58	6 21 1	6 21 4	6 21 7	
7 20 47	7 20 50	7 20 53	7 20 55	
8 20 35	8 20 38	8 20 41	8 20 44	
9 20 23	9 20 26	9 20 29	9 20 32	
10 20 9	10 20 13	10 20 16	10 20 19	
11 19 56	11 20 0	11 20 3	11 20 6	
12 19 43	12 19 47	12 19 50	12 19 53	
13 19 30	13 19 33	13 19 36	13 19 39	
14 19 14	14 19 19	14 19 22	14 19 25	
15 19 0	15 19 4	15 19 8	15 19 11	
16 18 45	16 18 49	16 18 53	16 18 56	
17 18 29	17 18 34	17 18 38	17 18 41	
18 18 14	18 18 19	18 18 22	18 18 26	
19 17 58	19 18 3	19 18 7	19 18 11	
20 17 43	20 17 46	20 17 50	20 17 54	
21 17 25	21 17 30	21 17 34	21 17 38	
22 17 8	22 17 13	22 17 17	22 17 21	
23 16 51	23 16 56	23 17 0	23 17 4	
24 16 32	24 16 38	24 16 43	24 16 47	
25 16 16	25 16 22	25 16 27	25 16 31	
26 15 57	26 16 3	26 16 7	26 16 11	
27 15 39	27 15 45	27 15 49	27 15 54	
28 15 21	28 15 26	28 15 30	28 15 35	
29 15 1	29 15 7	29 15 12	29 15 17	
30 14 43	30 14 48	30 14 53	30 14 58	
31 14 24	31 14 29	31 14 34	31 14 39	

Рис. 4. Таблицы склонения Солнца из навигационного руководства.

Источник: Pedro de Medina. The Arte of Nauigation. L.: Thomas Dawson, 1595. P. 58.

ми словами, превратить корабли в обсерватории — слабым звеном были мореходы. Звезды, как и океаны, находились на своих постоянных местах, переубедить их было невозможно. Инструменты и предписания, когда они появились, тоже оказались довольно живучими. Но инструментов, предписаний и звезд было недостаточно. Ассоциация элементов с целью перевода звезд в широты частично зависела от практик мореходов, и именно этот элемент был в наибольшей мере подвержен искажениям. Было очень сложно, хотя, в принципе, не невозможно создать новую социальную группу, необходимую для завершения: мореходов-астрономов.

До сих пор я исходил из неявного допущения, что достижение успеха — вещь очевидная. Когда прибываешь в порт назначения (или, наоборот, разбиваешься о рифы возле мыса Бохадор), успех (или провал) предприятия всем понятен. Можно сказать, что в конечном счете свидетельством успеха была способность португальцев *возвращаться* в пункт отправления. Успешность астрономи-

ческой навигации способствовала возвращению. Однако, сколько бы сильно окончательное завершение ни зависело от способности возвращаться, оценка путешествия была бы невозможна без некоторой шкалы отсчета. В пути успешность прохождения курса могла измеряться лишь на фоне целиком рукотворной метрики, которая зависела от предписаний и способности интерпретировать их. Таким образом, мы имеем дело с конструированием фона для измерения успеха — с чем-то, напоминающим или даже тождественным традиции технологического тестирования, которую описал Констант в контексте инженерной разработки гидротурбин<sup>40</sup>. Мне кажется, историю навигации можно понимать как конструирование более общих (локально) метрических систем ради измерения адекватности конкретных курсов и навигационных решений.

### **Мусульманин и пушка: диссоциация**

8 июля 1497 года флот Васко да Гамы, стоящий на реке Тежу, поднял якоря и отправился в плавание. На четырех небольших судах размещались 170 человек и 20 пушек. Они также везли различные товары. Два года спустя два судна из четырех вернулись в Лиссабон. Они открыли морской путь вокруг мыса Доброй Надежды и привезли домой пряности.

Португальцы столкнулись со множеством трудностей, часть которых была вызвана враждебностью торговцев-мусульман в Индии<sup>41</sup>. Мусульманские купцы организовывали и контролировали торговлю пряностями в этой части Индийского океана. Они закупали пряности на базарах Каликута и перевозили их через Персидский залив либо через Красное море в аравийские порты для дальнейшей переправки на кораблях в Средиземноморье и Венецию. Не удивительно, что мусульмане не слишком обрадовались появлению да Гамы на Малабарском побережье в Каликуте. Переговоры между португальцами и заморином, индуистским правителем Каликута, провалились. Причин было множество, но важнейшей из них была враждебность мусульманских торговцев, чьими переводческими услугами были вынуждены пользоваться португальцы. Толмачи распространяли множество дурных

40. Constant E. W. *Scientific Theory and Technological Testability*.

41. Magalhães-Godinho V. *L'économie de l'Empire portugais aux XVe et XVIe siècles*. P.: SEVPEN, 1969. P. 558.

слухов о португальцах, которым пришлось торговать с купцами-индуйстами напрямую<sup>42</sup>.

По возвращении в Лиссабон португальцы извлекли уроки из своего опыта. Один из выводов, к которому они быстро пришли, состоял в том, что в Индийском океане придется прибегнуть к силе. Во время первой экспедиции у да Гамы были пушки, но нужно было что-то более серьезное, чтобы преодолеть враждебность мусульман. На самом деле португальцы пришли к этой мысли даже до возвращения да Гамы. Уже была подготовлена гораздо более многочисленная и лучше вооруженная вторая экспедиция из 13 судов и 1000–1500 людей под командованием Педру Кабрала. Он получил четкие приказания: Кабрал должен был поставить своего агента для покупки пряностей в Каликуте и мог при необходимости применять силу, но должен был воздерживаться от захвата земель<sup>43</sup>. Хотя переговоры начались хорошо, очень быстро они опять зашли в тупик. В ответ Кабрал вышел в море, уничтожил несколько мусульманских судов и обстрелял Каликут из пушек. История повторилась и во время второй экспедиции да Гамы, которая была еще более насильственной. Эти три рейда привели к тому, что в течение нескольких последующих лет португальцы взяли Индийский океан под свой контроль, который приходилось поддерживать в основном силой, поскольку мусульманская торговля не могла сосуществовать с португальской.

В море португальцы могли — по крайней мере, в краткосрочной перспективе — применять необходимую военную силу и пресекать морскую торговлю мусульман. Португальские пушки оказались лучше азиатских (хотя их и было меньше). Европейские разработки в области технологии производства пушек позволили решить многие проблемы, с которыми столкнулась артиллерия в позднем Средневековье. В частности, появление литых бронзовых пушек позволило значительно снизить их вес, и, хотя они все еще были тяжелы, взрывались в руках канониров гораздо реже, чем их кованые предшественницы. Опять же, португальские суда, строившиеся для враждебной Атлантики, были прочнее судов их мусульманских противников<sup>44</sup>. Чиполла пишет об этом так:

42. *Diffie B. W., Winius G. D. Op. cit. P. 182–183.*

43. *Magalhães-Godinho V. Op. cit. P. 561.*

44. *Boxer C. R. The Portuguese in the East, 1500–1800 // Portugal and Brazil: An Introduction / H. V. Livermore (ed.). Oxford: Clarendon Press, 1953. P. 196.*

Вооруженный пушками корабль, появившийся в Атлантической Европе в XIV–XV веках, представлял собой изобретение, которое сделало возможной европейскую сагу. По сути, это было компактное приспособление, позволявшее относительно небольшой команде управлять ранее немыслимыми массами живой энергии с целью перемещения и разрушения<sup>45</sup>.

Артиллерия, корабль, капитан, канонир, порох и ядра — все они составляли относительно стабильную совокупность ассоциированных сущностей, относительно долговечных, поскольку вместе они могли диссоциировать враждебные силы, с которыми сталкивались, при этом не утрачивая своей ассоциации. Здесь важно отметить, что среди враждебных сил были как физические силы (океаны), так и социальные (мусульмане). Технология, как я сказал, одновременно ассоциирует и диссоциирует, и гетерогенная инженерия португальцев была предназначена для управления как природными, так и социальными силами и для ассоциирования их в подходящую форму завершения.

Но при этом важно не попасть в ловушку технологического детерминизма, придя к выводу, что технология сама по себе обеспечила португальцам успех. Как и в случае каравеллы, *волты* и практики астрономической навигации, долговечность вооруженного военного корабля была функцией противостояния между силами португальских системостроителей, с одной стороны, и силами морей и, в данном случае, мусульман — с другой. Чарлз Боксер<sup>46</sup> показывает, что «морское и военное превосходство португальцев если и существовало, то было относительным и ограниченным». Так вышло, что в Индийском океане не было хорошо вооруженных мусульманских кораблей. Так вышло, что китайцы остались на своих побережьях. Так вышло, что португальские экспедиции были государственными предприятиями, сочетающими силу и организационные возможности короны со стремлением к наживе. Так вышло, что мусульманские купцы торговали для себя, а не для своих монархов. Так вышло, что у многих из этих монархов было недостаточно древесины для строительства флота, способного остановить португальцев. Именно в этих обстоятельствах португальцы смогли подчинить себе судоходство в Индийском океане. Они не могли (и, зная это, не стремились) осно-

45. *Cipolla C. M. Guns and Sails in the Early Phase of European Expansion, 1400–1700. L.: Collins, 1965. P. 137.*

46. *Boxer C. R. Op. cit. P. 194–197.*

вывать крупные колонии на земле. Там им грозило поражение, поскольку кавалерия и численность солдат противника склоняли баланс сил не в их пользу.

## Заключение

Вначале я обрисовал два подхода к социальным исследованиям технологий. Первый, социальный конструктивизм, вырос из социологии науки. Я утверждал, что, хотя у него много достоинств, его приверженность социальному редукционизму неудовлетворительна. Второй подход, системный, вырос из истории технологий. Он подчеркивает гетерогенность технологической деятельности и избегает социального (или технологического) редукционизма. Я говорил, что данный подход, адаптированный таким образом, чтобы акцентировать строительство систем из безразличных или враждебных элементов в ходе борьбы, предлагает удовлетворительную модель анализа технологических инноваций. Я утверждал, что «гетерогенная инженерия» стремится ассоциировать различные сущности, начиная с людей и навыков и заканчивая артефактами и природными явлениями. Это начинание оказывается удачным, если возникающие гетерогенные сети способны сохранять определенную степень стабильности перед лицом других сущностей или систем, пытающихся диссоциировать их на составные части. Отсюда следует, что структура тех или иных сетей (или систем) отражает не только желание найти работоспособное решение, но и связи между силами, которые они могут мобилизовывать, и силами, которые задействуются их оппонентами. Если бы я развивал метафору силы, я бы писал об относительной долговечности или крепости различных сетей или различных частей одной сети. Я постарался показать на эмпирическом примере, что в коллизиях между разными сетями некоторые компоненты более долговечны, чем другие, и что успех той или другой стороны является функцией относительной крепости компонентов.

Каковы преимущества физических метафор вроде силы, крепости и долговечности? Во-первых, отмечу, что я не настаиваю на этих терминах. Наверняка какие-то другие метафоры будут столь же хороши или лучше. Мне кажется, однако, что сила словаря определяется его способностью управлять (если воспользоваться теми же терминами) различными гетерогенными элементами, которые обычно собраны внутри конкретной системы. Как я показал выше, данный метод предполагает оди-

наковое отношение к социальному, экономическому, политическому, техническому, природному и научному в силу того, что все они (в большинстве эмпирических случаев) должны собираться надлежащим образом для завершения. В пределах каждой из этих, обычно различающихся категорий могут существовать сущности, процессы, тела, объекты, институты или правила, которые имеют силу в рассматриваемой системе и тем самым относительно долговечны. Они могут принимать форму научных истин, экономических рынков, социальных фактов, машин и т. д. Они образуют относительно принудительную (хотя в конечном счете доступную для пересмотра) сцену, которую нужно подчинить, чтобы построить систему. Но поскольку долговечность основывается не на одной категории, я игнорировал общепринятые различия между ними и, в частности, показывал, что добавлять социальное для объяснения задним числом — не лучший ход. Скорее, чтобы понимать коллизии между силами и сущностями и завершение этих коллизий, социальное (включая «макросоциальное») следует ставить в один ряд со всем прочим.

Как и Каллон, я попытался расширить принцип симметрии<sup>47</sup>, пойдя дальше, чем это принято в социологии науки, где данный принцип означает, что и в случае истинных, и в случае ложных убеждений следует использовать один и тот же *тип* объяснения. Этот принцип должен противодействовать распространенной в социологии знания тенденции объяснять истинные убеждения тем, что они соответствуют реальности, а ложные убеждения — вмешательством психологических или социальных факторов. Обобщенная версия принципа симметрии<sup>48</sup>, которой я здесь придерживался, гласит, что один и тот же тип объяснения должен использоваться для всех элементов, входящих в гетерогенную сеть, будь то технические устройства, природные силы или социальные группы. В частности, принцип симметрии утверждает, что социальным элементам в системе не следует придавать особый объяснительный статус<sup>49</sup>. Форма, которую могут прини-

47. Bloor D. Knowledge and Social Imagery. L.: Routledge and Kegan Paul, 1976.

48. Каллон М. Указ. соч.

49. Похожие аргументы выдвигались в: Woolgar S. Interests and Explanation in the Social Study of Science // Social Studies of Science. 1981. Vol. 11. № 3. P. 365–394; Yearley S. The Relationship Between Epistemological and Sociological Cognitive Interests: Some Ambiguities Underlying the Use of Interest Theory in the Study of Scientific Knowledge // Studies in the History and Philosophy of Science. 1982. Vol. 13. № 4. P. 353–388; Callon M., Latour B. Un-

мать и часто принимают эти элементы, является функцией технологических или природных характеристик системы. Это контингентная вещь, функция, в которой компоненты системы ассоциируются наиболее долговечным образом и потому менее подвержены диссоциации.

Разумеется, это не означает, что социальное всегда податливо, а технологическое или природное долговечно. Скорее, это означает, что связи между ними контингентны, и важно рассматривать все компоненты системы одинаковым способом. Но отсюда вытекает еще одно отличие сетевого подхода от социального конструктивизма. В социальном конструктивизме природные силы или технологические объекты всегда имеют статус *экспланандума*. Природный мир или техническое устройство никогда не рассматриваются как *эксплананс*. Они, скажем так, лишены права голоса в объяснении. Применение принципа обобщенной симметрии означает, что это неверно. Все зависит, конечно же, от обстоятельств, но природный мир и артефакты могут входить в объяснение в качестве *эксплананса*. И если кажется, что я слишком уступаю реализму, скажу, что в той мере, в какой нас интересуют исключительно сети, строящиеся людьми, «природа» демонстрирует свою непокорность релевантным для сети способом, только когда она регистрируется системостроителями. Поэтому речь не идет о придании природе какого-то особого статуса. Скорее, как я уже говорил, речь идет о разжаловании социального. В сетевом подходе ни природа, ни общество не способны играть какую-то роль, пока не войдут в соприкосновение с системостроителем. Вот почему в моем объяснении португальской экспансии мысы и течения соседствуют с судами и моряками. Как только принимается принцип обобщенной симметрии, их оказывается невозможно исключить. Пытаться свести объяснение португальской системы к ограниченному набору социальных категорий — значит упускать специфику *волты*, каравеллы или *Regimento*. Для осуществления объяснительной работы нужны представления португальцев о Солнце и встречных ветрах<sup>50</sup>.

screwing the Big Leviathan: How Actors Macrostructure Reality and How Sociologists Help Them to Do So//Toward an Integration of Micro and Macro Sociologies/K. Knorr-Cetina, A. V. Cicourel (eds). L.: Routledge and Kegan Paul, 1981. P. 277–303.

50. Однако я должен признаться, что в настоящей работе иногда из-за недостатка материала о средневековых и ранненовременно-практиках мореплавания был вынужден прибегать к рациональной реконструкции,

Отсюда вытекает другой методологический принцип. Размер изучаемой сети определяется существованием акторов, способных сделать свое индивидуальное присутствие в ней ощутимым. Если системостроитель вынужден обращать внимание на актора, тогда этот актор существует в системе. И наоборот, если элемент не заявляет о своем присутствии, оказывая заметное и индивидуальное влияние на структуру сети, то с точки зрения сети данный элемент не существует. Очевидно, при этом выбор сети, которая будет предметом внимания, принципиально важен. Фокусирование на одной системе приводит к появлению одного паттерна, фокусирование на другой или даже на элементе первоначальной системы приводит к тому, что видится иная структура. Например, для Генриха Мореплавателя система португальской экспансии содержит такие элементы, как суда и их капитаны. Смещение фокуса внимания с Генриха на капитана высвечивает сеть из моряков, строевого леса и видимого берега — сеть, обладающую собственной силой, которая, если поместить ее внутрь системы португальской экспансии, действует как единое целое. Если судно и его капитан не исполняли роли, предписанные им сетью экспансии, тогда составляющие их элементы могли, конечно же, становиться индивидуально релевантными в Лиссабоне и встраиваться в сеть экспансии Генриха. Такое приспособление согласуется с исходным утверждением (и иллюстрирует его), что протяженность сети определяется присутствием акторов, способных делать свое присутствие индивидуально ощутимым<sup>51</sup>.

чтобы показать, каким образом природа и общество влияли на анализ португальцами их проблем. Следует понимать, что я использую рациональную реконструкцию не в целях эпистемологической оценки, а чтобы по возможности достоверно установить, что именно произошло в случаях, относительно которых сохранилось мало исторических данных. Более обширное обсуждение рациональной реконструкции и неадекватности данных см. в: *Law J. On Politicians and Planes*. Очевидно, данная процедура далеко не идеальна, но, пока у нас нет целых эмпирических областей, она неизбежна.

51. Из сказанного следует, что любая сеть находится на пересечении и (если она относительно стабильна) извлекает прибыль из сил, предоставленных бесконечным числом других сетей, которые были упрощены до индивидуальных единиц. См.: *Callon M. Boites noires et opérations de traduction // Economie et Humanisme*. 1981. № 262. P. 53–59; *Law J. Sur la tactique du contrôle social: une introduction à la théorie de l'acteur-réseau // Cahiers Science, Technologie, Société*. 1984. № 4. P. 106–126.

Это также означает, безусловно, что гетерогенный инженер, составляющий ядро его или ее сети, не имеет в принципе аналитических привилегий. Да, в целях исследования я решил проследить одну попытку построения системы — попытку, предпринятую португальскими проектировщиками морских плаваний. Я сделал это, чтобы обозначить практические границы анализа. Однако, принимая это решение, я не придерживался идеи, что системостроители — это примитивные сущности, не поддающиеся анализу. Гетерогенные инженеры, как и суда или мореплаватели, получают форму в результате взаимодействия сетей сил. То, что они строят системы, является результатом взаимодействий между силами разной степени упрямства. Проще говоря, король Португалии в такой же мере следствие, в какой и причина: он является следствием ряда бесконечных транзакций, в принципе доступных анализу. В своем исследовании я, для простоты изложения, решил представить его причиной, а навигацию — следствием, но в другом исследовании эти или аналогичные роли можно легко перевернуть.

Если подытожить, есть два тесно связанных методологических принципа исследования гетерогенных сетей. Первый, принцип обобщенной симметрии, гласит, что один и тот же тип анализа должен применяться ко всем компонентам системы — как людям, так и нет. Второй, принцип взаимного определения, гласит, что акторы — это сущности, оказывающие различное влияние на другие сущности. В случае относительно стабильной системы мы можем, следовательно, определить протяженность системы или сети по диапазону акторов, влияющих в качестве унитарных сил на структуру сети. В данной работе я пытался применить эти два принципа для анализа португальской экспансии. Переинтерпретировав понятия системы, адаптации и технологического тестирования в целях анализа исторического случая, я постарался показать релевантность такого подхода для анализа технологических инноваций.

## Благодарности

Я хотел бы поблагодарить Сержа Буэ, Вибе Бейкера, Мишеля Каллона, Дэвида Эджа, Рича Фили, Элиху Герсона, Антуана Эньюна, Тома Хьюза, Бруно Латура, Джин Лэйв, Майка Линча, Чандру Мукерджи, Тревора Пинча, Ари Рипа и Лей Стар, которые читали предыдущие версии данной статьи и высказали свои замечания. Я хотел бы также поблагодарить Университет Киля, Высшую гор-

ную школу в Париже, Фонд Фиссена, Национальный центр научных исследований (*Centre National de la Recherche Scientifique, CNRS*) и Фонд Леверхульма за поддержку и предоставленный академический отпуск. Наконец, я благодарен библиотекарю Университета Кия за любезное разрешение воспроизвести иллюстрации из книг XVI века, входящих в тернеровскую коллекцию математических текстов, хранящуюся в университетской библиотеке.

### *Библиография*

- Каллон М. Некоторые элементы социологии перевода: приручение морских гребешков и рыболовов бухты Сен-Бриё // *Логос*. 2017. Т. 27. № 2. С. 49–94.
- Латур Б. Пастер: Война и мир микробов, с приложением «Несводимого». СПб.: ЕУСПб, 2015.
- Beaujouan G. Science livresque et art nautique au XVI<sup>e</sup> siècle // *Les Aspects internationaux de la découverte océanique aux XVI<sup>e</sup> et XVII<sup>e</sup> siècles* / M. Mollat, P. Adam (eds). P.: SEVPEN, 1966.
- Bijker W.E. The Social Construction of Bakelite: Toward a Theory of Invention // *The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology* / W.E. Bijker, T.P. Hughes, T. Pinch (eds). Cambridge, MA: MIT Press, 2012. P. 155–182.
- Bloor D. Knowledge and Social Imagery. L.: Routledge and Kegan Paul, 1976.
- Boxer C.R. The Portuguese in the East, 1500–1800 // *Portugal and Brazil: An Introduction* / H.V. Livermore (ed.). Oxford: Clarendon Press, 1953. P. 185–247.
- Callon M. Boîtes noires et opérations de traduction // *Economie et Humanisme*. 1981. № 262. P. 53–59.
- Callon M. Society in the Making: The Study of Technology as a Tool for Sociological Analysis // *The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology* / W.E. Bijker, T.P. Hughes, T. Pinch (eds). Cambridge, MA: MIT Press, 2012. P. 77–97.
- Callon M. Struggles and Negotiations to Define What Is Problematic and What Is Not: The Sociology of Translation // *The Social Process of Scientific Investigation* / K. Knorr, R. Krohn, R. Whitley (eds). Dordrecht: Springer, 1980. P. 197–219.
- Callon M., Latour B. Unscrewing the Big Leviathan: How Actors Macrostructure Reality and How Sociologists Help Them to Do So // *Toward an Integration of Micro and Macro Sociologies* / K. Knorr-Cetina, A.V. Cicourel (eds). L.: Routledge and Kegan Paul, 1981. P. 277–303.
- Chaunu P. European Expansion in the Later Middle Ages. Amsterdam: North-Holland, 1979.
- Cipolla C.M. Guns and Sails in the Early Phase of European Expansion, 1400–1700. L.: Collins, 1965.
- Constant E.W. On the Diversity and Co-Evolution of Technological Multiples Steam Turbines and Pelton Water Wheels // *Social Studies of Science*. 1978. Vol. 8. № 2. P. 183–210.
- Constant E.W. Scientific Theory and Technological Testability: Science, Dynamometers, and Water Turbines in the 19th Century // *Technology and Culture*. 1983. Vol. 24. № 2. P. 183–198.

- Denoix L. *Caractéristiques des navires de l'époque des Grandes Découvertes // Les Aspects internationaux de la découverte océanique aux XVe et XVIe siècles* / M. Mollat, P. Adam (eds). P.: SEVPEN, 1966.
- Diffie B. W., Winius G. D. *Foundations of the Portuguese Empire, 1415–1580*. Minneapolis: University of Minnesota Press, 1977.
- Feldman E. J. *Concorde and Dissent*. Cambridge: Cambridge University Press, 1985.
- Hughes T. P. *Networks of Power: Electrification in Western Society, 1880–1930*. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1983.
- Hughes T. P. *The Electrification of America: The System Builders // Technology and Culture*. 1979. Vol. 20. № 1. P. 124–161.
- Hughes T. P. *The Evolution of Large Technological Systems // The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology* / W. E. Bijker, T. P. Hughes, T. Pinch (eds). Cambridge, MA: MIT Press, 2012. P. 45–76.
- Landstrom B. *Sailing Ships in Words and Pictures from Papyrus Boats to Full-Riggers*. L.: Allen and Unwin, 1978.
- Lane F. C. *Venetian Ships and Shipbuilders of the Renaissance*. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1934.
- Lane F. C. *Venice, a Maritime Republic*. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1973.
- Law J. *On Politicians and Planes: A Memo on the TSR.2*. Department of Sociology, University of Keele, 1985 (unpublished).
- Law J. *On the Methods of Long Distance Control: Vessels, Navigation and the Portuguese Route to India // Power, Action and Belief: A New Sociology of Knowledge?* / J. Law (ed.). L.: Routledge and Kegan Paul, 1986. P. 234–263.
- Law J. *Sur la tactique du contrôle social: une introduction à la théorie de l'acteur-réseau // Cahiers Science, Technologie, Société*. 1984. № 4. P. 106–126.
- Law J. *Technology and Heterogeneous Engineering: The Case of Portuguese Expansion // The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology* / W. E. Bijker, T. P. Hughes, T. Pinch (eds). Cambridge, MA: MIT Press, 2012. P. 105–127.
- MacKenzie D. *Missile Accuracy: A Case Study in the Social Processes of Technological Change // The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology* / W. E. Bijker, T. P. Hughes, T. Pinch (eds). Cambridge, MA: MIT Press, 2012. P. 189–216.
- Magalhães-Godinho V. *L'économie de l'Empire portugais aux XVe et XVIe siècles*. P.: SEVPEN, 1969.
- Parry J. H. *The Age of Reconnaissance*. L.: Weidenfeld and Nicolson, 1963.
- Pinch T. J., Bijker W. E. *The Social Construction of Facts and Artefacts: Or How the Sociology of Science and the Sociology of Technology Might Benefit Each Other // Social Studies of Science*. 1984. Vol. 14. № 3. P. 399–441.
- Pinch T. J., Bijker W. E. *The Social Construction of Facts and Artifacts: Or How the Sociology of Science and the Sociology of Technology Might Benefit Each Other // The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology* / W. E. Bijker, T. P. Hughes, T. Pinch (eds). Cambridge, MA: MIT Press, 2012. P. 11–44.
- Taylor E. R. G. *The Haven-Finding Art: A History of Navigation from Odysseus to Captain Cook*. L.: Hollis and Carter, 1956.
- Unger R. W. *The Ship in the Medieval Economy, 600–1600*. L.: Croom Helm, 1980.

- Waters D. W. Science and the Techniques of Navigation in the Renaissance. Greenwich: National Maritime Museum, 1980.
- Woolgar S. Interests and Explanation in the Social Study of Science // Social Studies of Science. 1981. Vol. 11. № 3. P. 365–394.
- Yearley S. The Relationship Between Epistemological and Sociological Cognitive Interests: Some Ambiguities Underlying the Use of Interest Theory in the Study of Scientific Knowledge // Studies in the History and Philosophy of Science. 1982. Vol. 13. № 4. P. 353–388.

## TECHNOLOGY AND HETEROGENEOUS ENGINEERING: THE CASE OF PORTUGUESE EXPANSION

JOHN LAW, Professor Emeritus, Faculty of Arts & Social Sciences,

john.law@open.ac.uk.

Open University, PO Box 197, MK7 6BJ Milton Keynes, United Kingdom.

*Keywords:* technological system; heterogeneous engineering; maritime navigation; sociology of technology; actor-network theory.

Based on historical materials about the technology of the 15th and 16th century Portuguese maritime expansion, the author shows that in order to understand the emergence, functioning, and collapse of technological systems we need to develop an approach that will be centred on the notion of heterogeneous engineering. Heterogeneous engineering presupposes that the building of technological systems involves associating and channelling diverse entities and forces, both human and nonhuman. This permits an analysis of how the existence of particular systems is shaped equally by different factors: natural, social, economic, and technical.

In the case of Portuguese maritime expansion, the success of system-building was determined by the association between shipbuilding; the navigational skills of the navigators; navigational equipment and guns; features of the capes, oceanic currents, and winds; and the system of state support, training, and regulation — all of which made possible the establishment of a stable and powerful network that allowed the Portuguese to dominate the Atlantic and Indian Oceans. Therefore, the construction of a technological system is a process of resolving conflicts between heterogeneous elements, and the associated elements must be able to withstand encounters with hostile forces and entities, both physical (e.g. oceans) and social (e.g. the Muslims).

The systems approach proposed by the author shows, first, that technology can be analysed using the principle of generalized symmetry, which states that the same type of analysis should be made for all components in a system whether these components are human or not; and, second, that actors should be understood as entities that exert detectable influence on other entities.

DOI: 10.22394/0869-5377-2018-5-169-199

### References

- Beaujouan G. Science livresque et art nautique au XVe siècle. *Les Aspects internationaux de la découverte océanique aux XVe et XVIe siècles* (eds M. Mollat, P. Adam), Paris, SEVPEN, 1966.
- Bijker W.E. The Social Construction of Bakelite: Toward a Theory of Invention. *The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology* (eds W.E. Bijker, T.P. Hughes, T. Pinch), Cambridge, MA, MIT Press, 2012, pp. 155–182.
- Bloor D. *Knowledge and Social Imagery*, London, Routledge and Kegan Paul, 1976.
- Boxer C.R. The Portuguese in the East, 1500–1800. *Portugal and Brazil: An Introduction* (ed. H. V. Livermore), Oxford, Clarendon Press, 1953, pp. 185–247.
- Callon M. Boîtes noires et opérations de traduction. *Economie et Humanisme*, 1981, no. 262, pp. 53–59.
- Callon M. Nekotorye elementy sotsiologii perevoda: priruchenie morskikh grebeshkov i rybolovov bukhty Sen-Brie [Some Elements of a Sociology of

- Translation: Domestication of the Scallops and the Fishermen of St Brieuc Bay]. *Logos. Filosofsko-literaturnyi zhurnal* [Logos. Philosophical and Literary Journal], 2017, vol. 27, no. 2, pp. 49–94.
- Callon M. Society in the Making: The Study of Technology as a Tool for Sociological Analysis. *The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology* (eds W. E. Bijker, T. P. Hughes, T. Pinch), Cambridge, MA, MIT Press, 2012, pp. 77–97.
- Callon M. Struggles and Negotiations to Define What Is Problematic and What Is Not: The Sociology of Translation. *The Social Process of Scientific Investigation* (eds K. Knorr, R. Krohn, R. Whitley), Dordrecht, Springer, 1980, pp. 197–219.
- Callon M., Latour B. Unscrewing the Big Leviathan: How Actors Macrostructure Reality and How Sociologists Help Them to Do So. *Toward an Integration of Micro and Macro Sociologies* (eds K. Knorr-Cetina, A. V. Cicourel), London, Routledge and Kegan Paul, 1981, pp. 277–303.
- Chaunu P. *European Expansion in the Later Middle Ages*, Amsterdam, North-Holland, 1979.
- Cipolla C. M. Guns and Sails in the Early Phase of European Expansion, 1400–1700, London, Collins, 1965.
- Constant E. W. On the Diversity and Co-Evolution of Technological Multiples Steam Turbines and Pelton Water Wheels. *Social Studies of Science*, 1978, vol. 8, no. 2, pp. 183–210.
- Constant E. W. Scientific Theory and Technological Testability: Science, Dynamometers, and Water Turbines in the 19th Century. *Technology and Culture*, 1983, vol. 24, no. 2, pp. 183–198.
- Denoix L. Caractéristiques des navires de l'époque des Grandes Découvertes. *Les Aspects internationaux de la découverte océanique aux XVe et XVIe siècles* (eds M. Mollat, P. Adam), Paris, SEVPEN, 1966.
- Diffie B. W., Winous G. D. *Foundations of the Portuguese Empire, 1415–1580*, Minneapolis, University of Minnesota Press, 1977.
- Feldman E. J. *Concorde and Dissent*, Cambridge, Cambridge University Press, 1985.
- Hughes T. P. *Networks of Power: Electrification in Western Society, 1880–1930*, Baltimore, Johns Hopkins University Press, 1983.
- Hughes T. P. The Electrification of America: The System Builders. *Technology and Culture*, 1979, vol. 20, no. 1, pp. 124–161.
- Hughes T. P. The Evolution of Large Technological Systems. *The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology* (eds W. E. Bijker, T. P. Hughes, T. Pinch), Cambridge, MA, MIT Press, 2012, pp. 45–76.
- Landstrom B. *Sailing Ships in Words and Pictures from Papyrus Boats to Full-Riggers*, London, Allen and Unwin, 1978.
- Lane F. C. *Venetian Ships and Shipbuilders of the Renaissance*, Baltimore, Johns Hopkins University Press, 1934.
- Lane F. C. *Venice, a Maritime Republic*, Baltimore, Johns Hopkins University Press, 1973.
- Latour B. *Paster: Voina i mir mikrobov, s prilozheniem "Nesvodimogo"* [Les Microbes: guerre et paix], Saint Petersburg, European University at St Petersburg, 2015.
- Law J. On Politicians and Planes: A Memo on the TSR.2. Department of Sociology, University of Keele, 1985 (unpublished).

- Law J. On the Methods of Long Distance Control: Vessels, Navigation and the Portuguese Route to India. *Power, Action and Belief: A New Sociology of Knowledge?* (ed. J. Law), London, Routledge and Kegan Paul, 1986, pp. 234–263.
- Law J. Sur la tactique du contrôle social: une introduction à la théorie de l'acteur-réseau. *Cahiers Science, Technologie, Société*, 1984, no. 4, pp. 106–126.
- Law J. Technology and Heterogeneous Engineering: The Case of Portuguese Expansion. *The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology* (eds W. E. Bijker, T. P. Hughes, T. Pinch), Cambridge, MA, MIT Press, 2012, pp. 105–127.
- MacKenzie D. Missile Accuracy: A Case Study in the Social Processes of Technological Change. *The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology* (eds W. E. Bijker, T. P. Hughes, T. Pinch), Cambridge, MA, MIT Press, 2012, pp. 189–216.
- Magalhães-Godinho V. *L'économie de l'Empire portugais aux XVe et XVIe siècles*, Paris, SEVPEN, 1969.
- Parry J. H. *The Age of Reconnaissance*, London, Weidenfeld and Nicolson, 1963.
- Pinch T. J., Bijker W. E. The Social Construction of Facts and Artefacts: Or How the Sociology of Science and the Sociology of Technology Might Benefit Each Other. *Social Studies of Science*, 1984, vol. 14, no. 3, pp. 399–441.
- Pinch T. J., Bijker W. E. The Social Construction of Facts and Artifacts: Or How the Sociology of Science and the Sociology of Technology Might Benefit Each Other. *The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology* (eds W. E. Bijker, T. P. Hughes, T. Pinch), Cambridge, MA, MIT Press, 2012, pp. 11–44.
- Taylor E. R. G. *The Haven-Finding Art: A History of Navigation from Odysseus to Captain Cook*, London, Hollis and Carter, 1956.
- Unger R. W. *The Ship in the Medieval Economy, 600–1600*, London, Croom Helm, 1980.
- Waters D. W. *Science and the Techniques of Navigation in the Renaissance*, Greenwich, National Maritime Museum, 1980.
- Woolgar S. Interests and Explanation in the Social Study of Science. *Social Studies of Science*, 1981, vol. 11, no. 3, pp. 365–394.
- Yearley S. The Relationship Between Epistemological and Sociological Cognitive Interests: Some Ambiguities Underlying the Use of Interest Theory in the Study of Scientific Knowledge. *Studies in the History and Philosophy of Science*, 1982, vol. 13, no. 4, pp. 353–388.