



Глава 21.

Индустриальная контрреволюция.

Он находился вместе со всеми посреди огромного пространства, насыщенного шумным астматическим пытением. Наискось снизу вверх, с вышины отвесно вниз, от одного края к другому, пересекаясь, тянулись огромные, разной толщины, валы, трубы или колонны; кое-где они раздувались, в других местах становились тоньше, одновременно они вращались вокруг своих длинных осей, заслоняли друг друга, вибрировали. Из глубины этого раскинувшегося во все стороны непрерывно движущегося

леса блестящих конструкций слышалось всё убыстряющееся чавканье; внезапно оно прекратилось, донеслось несколько булькающих отголосков, и вся серия звуков повторилась снова.

Горький запах трудно было вытерпеть. Один за другим люди принялись чихать, из глаз потекли слёзы. Прижимая к лицам платки, они немного отошли от завесы – чёрной, похожей на сироп, жидкости, которая изнутри выглядела как водопад.

– Ну, наконец мы в помещении – это завод, автоматический завод! – чихая, выдавил из себя Инженер.

Станислав Лем, «Эдем»

Разобравшись с населением в модели *World3*, перейдём к капиталу и производству. Напомню, что «капитал» в модели (и в этой книге) как у Маркса, то есть не деньги, а овеществлённая энергия⁴²⁴ – дома, дороги, станки, комбайны, и т. д., а единицами измерения служат не доллары или тугрики, а миллионы тонн условной нефти.

Капитал в *World3* делится на три разновидности:

- Индустриальный капитал – промышленность – C_i ;
- Капитал «услуг» – включая в понятие «услуги» оборону, полицию, медицину, образование, юриспруденцию и т. п. – C_s ;
- Сельскохозяйственный капитал C_a , включая пищевую промышленность.

Капитал меняется от времени:

$$\frac{\partial C(t)}{\partial t} = (1-d)C + I(t) \quad C(t_0) = C_0 \quad \{21.1\}$$

Здесь:

d – коэффициент естественной убыли или износа (амортизация) в долях за год;

$I(t)$ – инвестиции, они же «капитальные затраты», в млн условных тонн в год.

Амортизация d считается по формуле:

$$d = 1 - \exp\left(-\frac{1}{T_L}\right) \approx \frac{1}{T_L} - \frac{1}{T_L^2} \approx \frac{1}{T_L} \quad \{21.2\}$$

⁴²⁴ Маркс [16, стр. 27-33] называл энергию «овеществлённым трудом» (*Labour Embodied*). Конечно, Марксов «труд» – это не просто энергия, как понимают последнюю физики.

Где $\bar{T}_L(t)$ – среднее время полезной – продуктивной – жизни капитала. Бухгалтеры любят считать амортизацию линейно, как в правой части формулы. Например, если станок рассчитан на 25 лет работы, то бухгалтерская амортизация $1/25=0.04$. Точная формула в этом случае даёт близкое значение: $1-e^{-0.04}=0.039$. Если время продуктивной жизни, скажем, настольного компьютера 3 года, то разница заметнее: у бухгалтера выходит 0.33, у инженера 0.28. Чтобы не связываться с экспонентой, бухгалтеры считают компьютеры и подобное им оборудование «расходным материалом» и в капитал не включают.

Формула {21.1} на диаграмме из книги 1972 года [1] показана «коробочками» и «бантиками»:



Расход невозобновляемых природных ресурсов в модели *World3* зависит от населения $P(t)$ и уровня потребления промышленных товаров.

$$\frac{\partial Q(t)}{\partial t} = -\beta P(t) F_6 \left(\frac{M(t)}{P(t)} \right) \quad Q(t_0) = URR \quad \{21.3\}$$

Здесь:

$Q(t)$ – остаток ископаемых энергоресурсов, млн toe;

$P(t)$ – население, млн;

$M(t)$ – валовая продукция промышленности, млн условных тонн (одна тонна нефти – это 1'000 условных долларов «сферы услуг»);

β – коэффициент эффективности – в базовой модели принят 1.

Валовая продукция промышленности считается по формуле:

$$M(t) = C_i \left[1 - F_7 \left(\frac{Q}{Q_0} \right) \right] \frac{y(t)}{\delta(t)} \quad Q_0 = URR \quad \{21.4\}$$

Здесь:

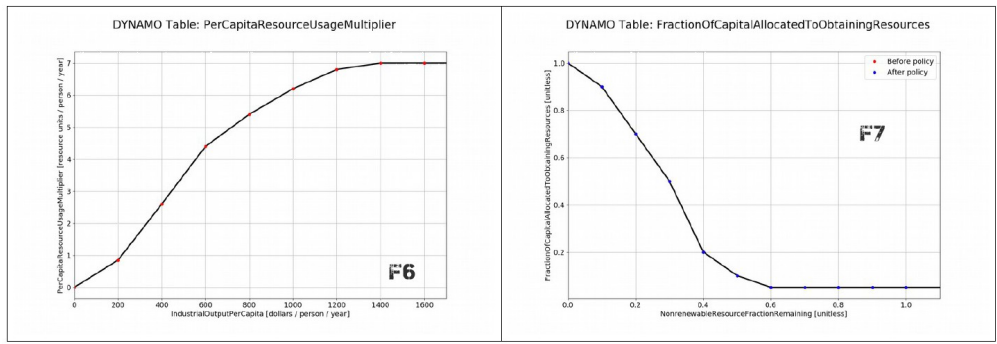
$Q_0(t)$ – начальные извлекаемые запасы, млн toe;

$\gamma(t)$ – коэффициент наличия рабочей силы (1 если рабочих рук с избытком);

$\delta(t)$ – оборот капитала (значение принято константой 3 года).

Уравнение {21.4} – математическая копия разобранной в главе 16 модели Чарльза Халла и Кента Клитгаарда.

Параметризации F_6 и F_7 в модели *World3* задавались табличными значениями:



В нашей модели будем задавать их плавно:

$$F_6 = \text{Sig} \left(\frac{M(t)}{P(t)}, x_6, \sigma_6, 0, 7 \right) \quad \{21.5\}$$

$$F_7 = \text{Sig} \left(\frac{Q}{Q_0}, x_7, \sigma_7, 1, 0.05 \right) \quad \{21.6\}$$

Функция F_7 нам уже знакома – её подробно разбирали в главе 15. Физический смысл – это ERoEI (см. график на странице 378):

$$F_7 = 1 - \frac{1}{ERoEI_{ext}}$$

В начале, когда в наличии почти 100% URR, всего около 5% промышленного капитала занято извлечением энергии, а остальные 95% – производят товары (в том числе и средства производства). В конце, когда URR почти выработан, промышленный капитал полезную продукцию уже почти не производит, а работает на собственные нужды, скажем, делает запчасти для бесконечных ветряков и солнечных панелей.

Заметим, что в модели совершенно несущественно, как конкретно добывается энергия высокой концентрации: из ископаемого топлива или из возобновляемых источников. Утверждается лишь, что если $ERoEI_{ext}$ высокий, например есть месторождение дармового угля в зоне выветривания на

побережье, то достаточно детишек с корзинками, если ERoEI ниже – например угольный пласт на глубине 500 метров – требуется шахта, а если угля уже нет совсем, то придётся построить плотину на реке. Как энергетические затраты, так и затраты человеческого труда на строительство плотины несоизмеримы с затратами на корзинки.

Функция F_6 , пожалуй, самый существенный вопрос к модели. Во-первых, ни из чего не следует, что энергетические запросы человека останутся на уровне 7.0 (от условно-начальных потребностей XIX века), а не продолжают расти. Во-вторых, даже полное прекращение промышленного производства не означает прекращение потребления энергии. Если в какой-то год случился кризис, и население почти не покупало легковые автомобили, это ещё не значит, что дороги мгновенно опустеют; если плохо продавались компьютеры, стиральные машины, холодильники и кондиционеры, это ещё не значит, что уже установленные электроприборы немедленно отключатся от сети. С другой стороны, многие предметы потребления: одежда, обувь, посуда, мебель и так далее, – либо имеют относительно короткое время полезной жизни (как «айфон»), либо после покупки не требуют существенных энергетических вливаний (как диван). Пока оставим эту часть модели как у супругов Медоуз и коллектива авторов.

Промышленное производство $M(t)$ из {21.4} делится на четыре неравные части, в порядке приоритетов:

1. Инвестиции в капитал сельского хозяйства (и пищевой промышленности) I_A . Это главный приоритет, потому что «кушать хочется всегда». На настоящей, а не привязанной к ERoEI⁴²⁵ «пирамидке Маслоу» – самая базовая потребность.
2. Инвестиции в «сферу услуг» I_S : от парикмахерских ножниц и судейского парика до армейских танков и самолётов. Это, как ни странно, второй приоритет после еды. Государство не выстоит, если не будет регулировать распределение ресурсов, предотвращать эпидемии и оберегать границы.
3. Товары народного потребления M_C : от валенок и диванов до легковых автомобилей. Кто-то может возразить, что товары потребления важнее «услуг». Проведём мысленный эксперимент: страна готовится к войне. Можно долго обсуждать, что важнее: «пушки или масло?» Вроде пушки важны, но и средний призывник не должен быть дистрофиком. В дилемме «пушки или валенки?» – сильно зависит от климата, но есть подозрение, что армия получит обувь раньше гражданских. А вот в дилемме «пушки или диваны?» – последние категорически проигрывают. В любом случае, в модели *World3* товары народного потребления имеют приоритет ниже, чем у «сферы услуг», оттого примем как у авторов.
4. Всё, что осталось от пунктов выше, – это инвестиции в

425 «Пирамидка Джессики Ламберт» для любителей в ERoEI показана в главе 15 на стр. 373.

промышленность I_i : станки, экскаваторы, нефтяные вышки, солнечные панели...



РАСКРЫТИЕ ЛИЧНОСТИ (НАУКА, ИСКУССТВО)

УВАЖЕНИЕ (РОСКОШЬ, ПРЕСТИЖ)

ЛЮБОВЬ (БЛИЗОСТЬ, ДРУЖБА)

ЛИЧНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ (И ЗДОРОВЬЕ)

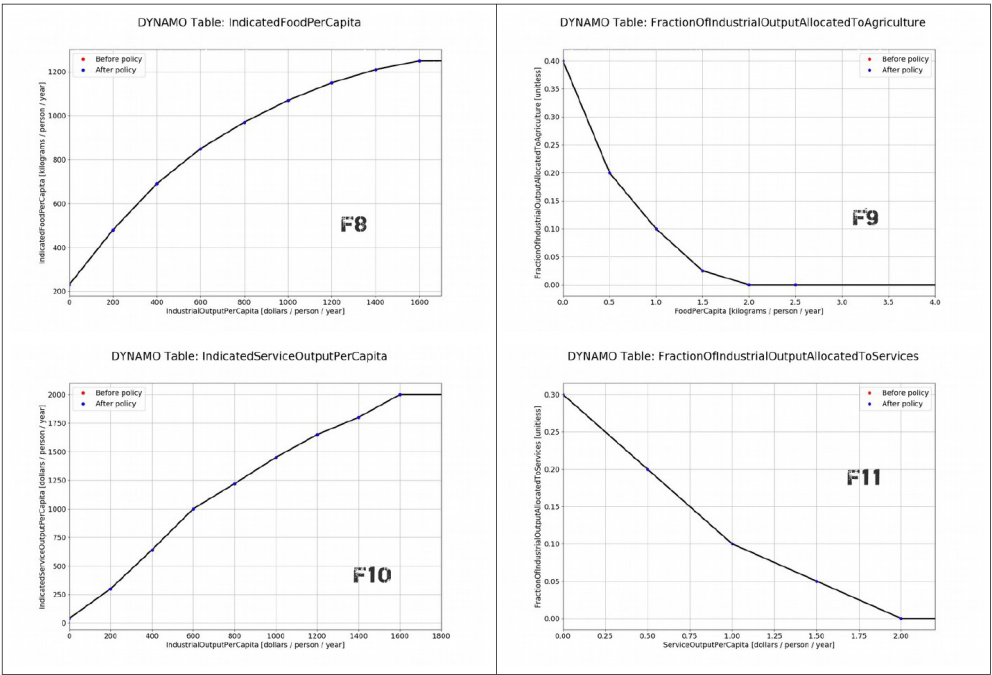
ФИЗИОЛОГИЯ (ЕДА, ВОДА, ЖИЛИЩЕ)

$$I_a = M(t) F_9 \left[H(t) \div F_8 \left(\frac{M(t)}{P(t)} \right) \right]$$

$$I_s = M(t) F_{11} \left[S(t) \div F_{10} \left(\frac{M(t)}{P(t)} \right) \right]$$

$$M_c = \epsilon M(t)$$

$$I_i = M(t) - M_c - I_a - I_s \quad \{21.7\}$$



Вместо табличных функций мы используем плавные:

$$F_8 = \text{Sig} \left(\frac{M(t)}{P(t)}, 0, \sigma_8, -1.08, 1.08 \right) + H_{\text{subs}} \quad \{21.8\}$$

$$F_9 = \text{Sig} \left(\frac{H(t)}{P(t) F_8}, 0, \sigma_9, 0.8, 0.0 \right) \quad \{21.9\}$$

$$F_{10} = \text{Sig} \left(\frac{M(t)}{P(t)}, 0, \sigma_{10}, -2.1, 2.1 \right) \quad \{21.10\}$$

$$F_{11} = \text{Sig} \left(\frac{H(t)}{P(t) F_9}, 0, \sigma_{11}, 0.8, 0.0 \right) \quad \{21.11\}$$

При уровне промышленного производства свыше 1'600 кг на душу в год, средний гражданин рассчитывает получить за тот же год по максимуму: 1250 кг продовольствия и 2'000 условных долларов «услуг». При нулевом промышленном производстве – 230 кг и 40 долларов соответственно. Параметр $H_{\text{subs}} = 230$ килограмм продовольствия в год на душу – это уровень выживания. Максимальные возможные инвестиции: в сельское хозяйство – 30% от валового промышленного продукта, в «услуги» – 40%; однако такой уровень инвестирования бывает лишь если производства продовольствия или услуг нет совсем. В реальных запусках модели инвестиции в сельское хозяйство колеблются между 10 и 20%, а в «услуги» – от 8 до 10%.

Переменные в модели выглядят так:

№	Переменная	Тип	Описание	Начальное значение
1	Time	Входная	Модельное время, лет	1890
2	Population	Входная	Народонаселение всего, млн	1'531
3	Labor	Входная	Трудоспособное население, млн	833
4	GoodsPC	Входная	Доступность потребительских товаров, кг на душу в год	25
5	FoodPC	Входная	Доступность продовольствия, кг на душу в год	270
6	ServicesPC	Входная	Услуги, УД на душу в год	100
7	Fossil_Fuel_Extraction	Индикативная	Добыча ископаемого топлива, млн тонн в год	
8	Fossil_Fuel	Индикативная	Остаточные запасы ископаемого топлива, млн тонн	Q_0
9	Goods	Выходная	Выработка потребительских товаров, млн тонн в год	38
10	Services	Выходная	Услуги, млрд УД в год	153
11	Industrial_Capital	Индикативная	Промышленный капитал, млн условных тонн	
12	Sevices_Capital	Индикативная	Капитал «сферы услуг» (включая правопорядок, медицину, образование, и т.п.), млн условных тонн	
13	Agricultural_Capital	Выходная	Сельскохозяйственный капитал, включая пищевую промышленность, млн условных тонн	
14	Industrial_	Индикативная	Инвестиции в промышленный капитал, млн условных	

№	Переменная	Тип	Описание	Начальное значение
	Investment		тонн в год	
15	Sevices_Investment	Индикативная	Инвестиции в капитал «сферы услуг», млн условных тонн в год	
16	Agricultural_Investment	Индикативная	Инвестиции в сельскохозяйственный капитал, млн условных тонн в год	