

«Акулий Плавник» и кризис 2015 года.

Про функцию «Акулий плавник» много говорят на форумах, но я что-то не видел в сети хорошего математического обоснования. Для любителей копнуть несколько глубже вчерашних новостей о Конце Света – эта статья.

Пусть индустриальное производство имеет капитальные вложения C и использует конечный, не возобновляемый, ресурс Q . На каждую единицу капитальных вложений может быть выработано $s(t)$ полезной продукции, а на каждую единицу полезной продукции затрачивается $q(t)$ ресурса. Функция s – производительность и q – затратность зависят от технологии производства и могут меняться от времени.

Часть мощности капитальных вложений затрачивается на извлечение самого ресурса, что может быть описано логистической кривой:

$$h(t) = \frac{1 - h_{\min}}{1 + \exp\left(-\sigma\left(\frac{Q(t)}{Q_0} - x_0\right)\right)}$$

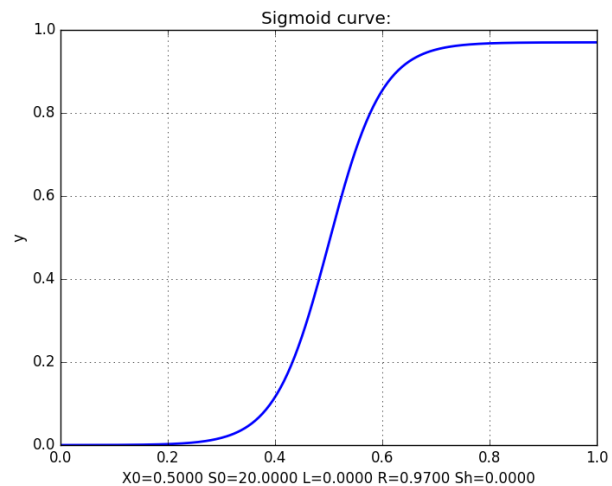
Здесь:

$Q(t)$ – количество оставшегося ресурса на момент времени t .

Q_0 – начальное количество ресурса.

x_0 – точка перегиба, в классической теории Хабберта 0.5, или половина ресурса.

$h(t)$ – доля капитала, используемая для производства полезной продукции.



Вначале, соотношение Q/Q_0 близко к единице, а затраты на извлечение ресурса равны $h_{\min}$. Практическая величина $h_{\min}$ – несколько процентов. По мере истощения ресурса, всё большая часть капитала отвлекается на добычу. Когда соотношение Q/Q_0 приближается к нулю, h становится близко к нулю, и на производство полезного продукта не остаётся капитала. В общем случае, для x_0 можно выбрать не 0.5, а другое значение между 0 и 1, например 0.3. График функции $h(Q)$ представлен на врезке, по горизонтали – Q/Q_0 .

Расход ресурса Q выражается уравнением:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} = -q c h C$$

Знак минус показывает, что Q уменьшается от времени.

Часть произведённой продукции расходуется на потребление, а часть – инвестируется обратно в производство. Доля реинвестирования определяется внешней функцией $i(t)$. Кроме того, в процессе производства капитал изнашивается. Процент износа за единицу времени определяется функцией $d(t)$. Тогда, изменение капитала за единицу времени:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = [i c h - d] C$$

Выход реальной продукции W и выход продукции, затраченной на потребление, U напрямую зависит от капитала и заданных функций c, h, i :

$$W = c h C \quad \text{и} \quad U = [1 - i] c h C$$

Граничные условия: в момент времени $t=0$, ресурс $Q = Q_0$, а капитал равен ненулевому начальному: $C=C_0$.

Такая система нелинейных дифференциальных уравнений может быть решена численно, с использованием классической схемы Рунге-Кутты.

Для простоты предположим, что деньги в системе жёстко привязаны к стоимости ресурсов: например, вместо доллара – килограмм нефти. Подобное выражение позволяет абстрагироваться от инфляции, действий государственных эмитентов и т. п.

Для начала, предположим, что производительность c , эффективность q , доля реинвестирования i и износ оборудования d – константы. Положим базовый случай:

$$c(t) = 1$$

$$q(t) = 1$$

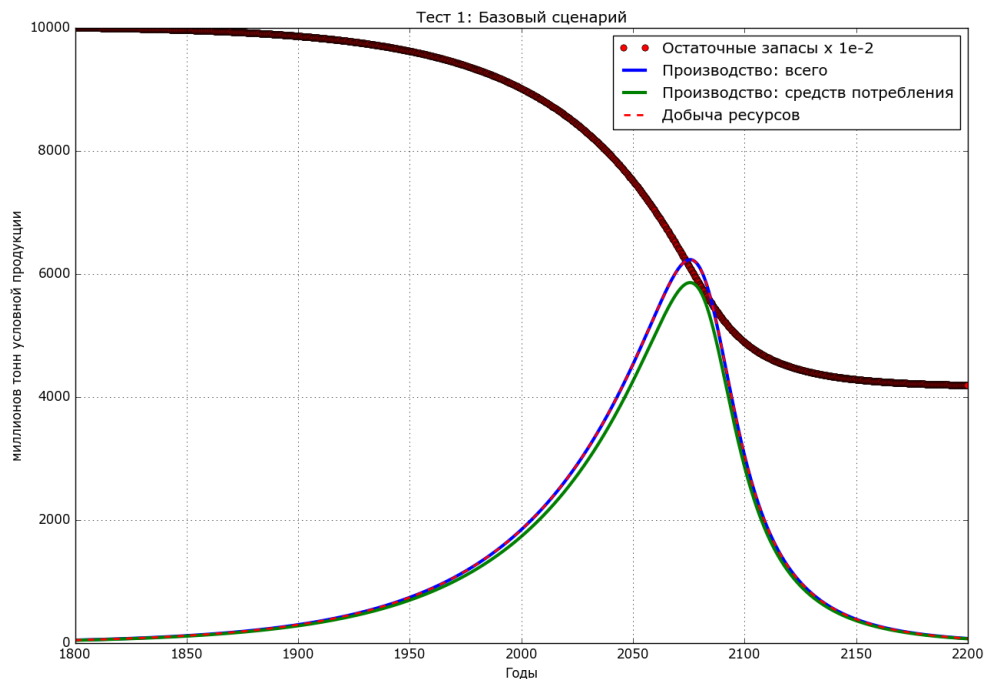
$$i(t) = 0.06 \text{ – } 6\% \text{ инвестируется обратно в производство}$$

$$d(t) = 0.04 \text{ – полный износ оборудования за 25 лет}$$

$$Q_0 = 10^6 \text{ млн тонн условного топлива (нефти, газа, угля) в 1800 году}$$

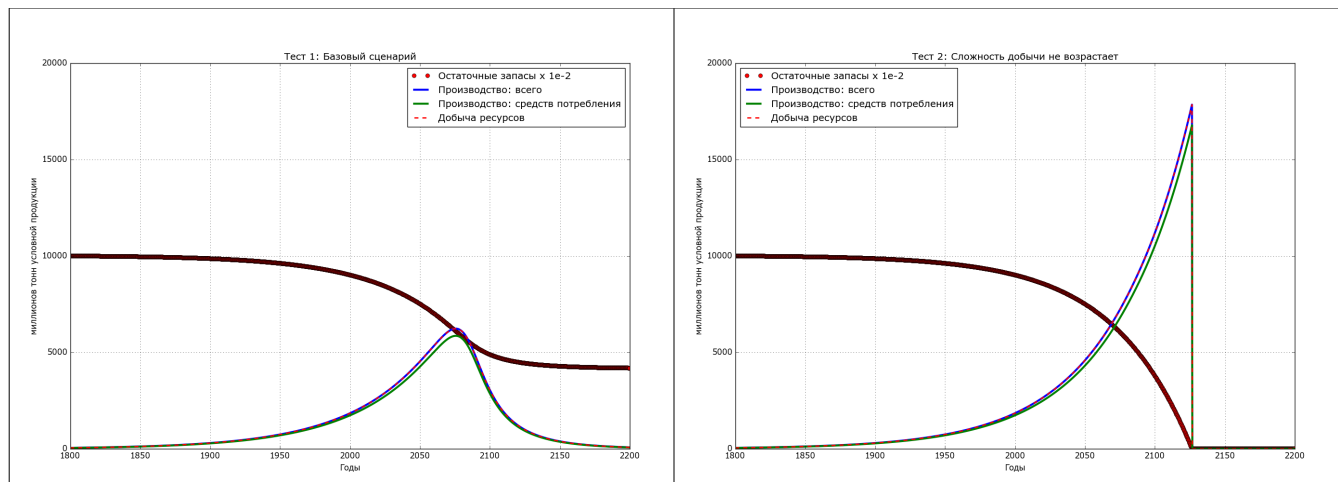
$$C_0 = \text{эквивалент 50 млн тонн условного топлива в 1800 году}$$

Расчёт будем производить с 1800 по 2200 годы. График представлен ниже.



Пока нас мало интересуют абсолютные значения (калибровку графиков произведём позже). Просто хочется понять, как влияют на поведение графиков изменения функций s , q , i и d . Как видим, решение принципиально отличается от классической кривой Хабберта. После прохождения пика добычи природных ресурсов и пика промышленного производства в «условном» 2075 году, спад происходит значительно быстрее, чем подъём, а кривая – несимметрична. Сокращение промышленного производства до уровня «условного» 1850 года происходит при значительных оставшихся ресурсах, более 40% от начальных геологических запасов, а не при полном истощении ресурса, как в уравнении Хабберта.

Что если мы неправы в своих предположениях, и стоимость добычи ресурса совсем не зависит от истощения? Пусть стоимость добычи составляет постоянные 3% рабочего капитала и не зависит от Q . Тогда пик добычи сдвинется на 50 лет, но дожившим до него мало не покажется, так как обвал будет не плавный, а практически мгновенный (в пределах времени, достаточного для разграбления всей инфраструктуры и перехода к людоедству и трупоедству). В любом случае, решение получается ещё более асимметричным.

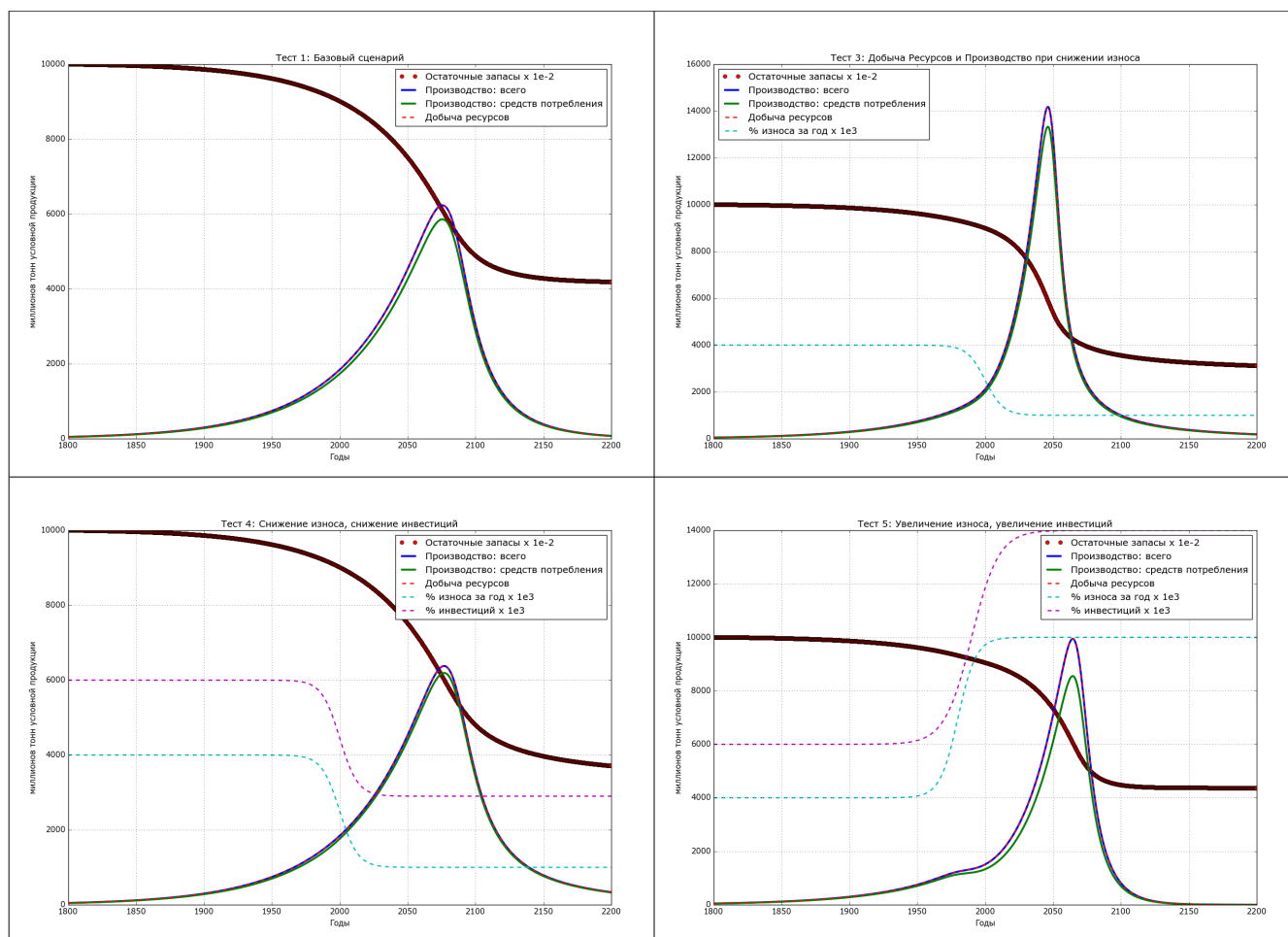


Поэтому оставим функцию $h(t)$ без изменений и попробуем менять функции s , q , i и d .

Начнём, пожалуй, с функции износа $d(t)$. Скажем, в 1975 году руководство корпораций осознало, что мастерить оборудование с характерным временем износа в полтора года (как сейчас у телефонов и персональных компьютеров) – глупо. В индустрии была принята программа: с 1975 по 2025 годы, увеличить долговечность средств производства до 100 лет.

Хорошие новости (справа вверху): материальное производство на пике почти в 2.5 раза выше, чем в базовом варианте. Но есть новости и плохие: пик всё равно настанет, теперь на поколение раньше, в «условном» 2045 году. Однако, нужно ли нам двукратное увеличение промышленного производства за счёт будущих поколений, сиречь «потреблядство»? Что если одновременно с уменьшением функции $d(t)$ так же плавно прикручивать краник инвестиций? В конце-концов, для увеличения времени жизни оборудования нужны усилия многих учёных и инженеров, а инвестиции можно регулировать простым голосованием Совета Директоров!

График представлен слева внизу. Отметим, что пик откатился обратно на отметку «условного» 2075 года, а в качестве дополнительного бонуса мы получили более плавную кривую спада и более глубокую утилизацию природных ресурсов, однако и Пик и Обвал, – остались с нами.

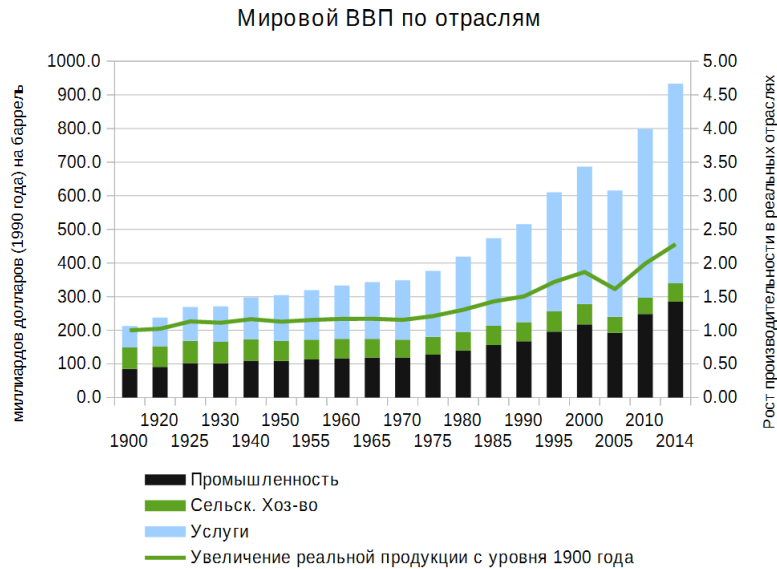


Тут надо отметить, что Советы Директоров, начиная с шестидесятых годов прошлого века поступали с точностью до наоборот: вопреки логике и математике, уменьшали время полезной жизни оборудования, если не физическим устареванием, так моральным. Вслед за ускоренным списанием оборудования, увеличивались инвестиции в производство (как показывает опыт США – не всегда на своей территории, но это уже детали). А Китай и прочие «азиатские тигры» – так и вообще взяли курс на опережающее развитие индустриальной базы. На графике справа внизу показана качественная оценка поведения функций при одновременном увеличении инвестиций и ускоренном списании оборудования. Самый плохой случай из четырёх!

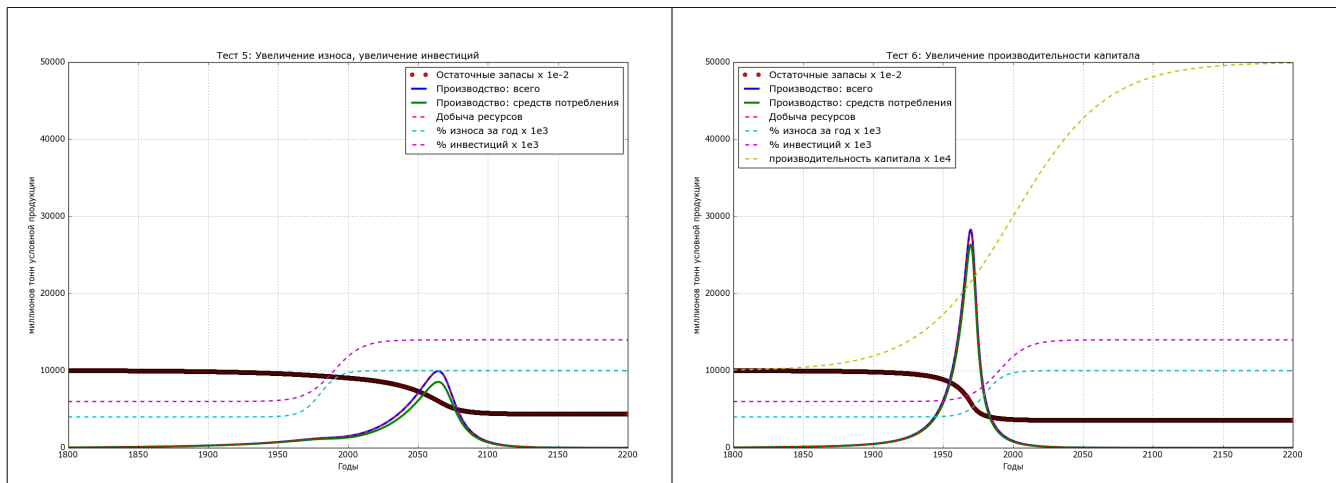
Так или иначе, мы показали, что радикальное изменение $d(t)$ и $i(t)$ не приводит к существенным изменениям формы кривой, а меняет лишь время наступления и амплитуду пика. При этом, время пика меняется в пределах одного поколения (около 30 лет), а амплитуда может увеличиться примерно в три раза.

Теперь разберёмся с «производительностью капитала» $c(t)$. Надо подчеркнуть, что речь не идёт о «производительности труда» – работников. Один оператор-наладчик линии станков с ЧПУ может выполнять работу 20 токарей образца 1950 года. Однако, под его началом восемь или десять станков, каждый из которых стоит не меньше (а скорее – несколько больше), чем ручной токарный станок середины прошлого века. В станке с ЧПУ – больше хитроумных запчастей, требующих регулярного ремонта и замены, ну и так далее. Если говорить о производительности капитала (станков, комбайнов, буровых вышек) – увеличение производительности с 1900 по 2015 годы можно грубо оценить в 1.5-2.5 раза.

Сравним данные добычи нефти, газа и угля с мировым ВВП по секторам экономики (здесь и далее – все значения в долларах 1990 года с учётом инфляции).



В 1900 году, на каждый баррель добытого условного топлива (угля, нефти и газа, приведённых к баррелям нефти) мировой ВВП составлял: по 64 доллара в сфере услуг и сельском хозяйстве и 85 долларов в промышленности. В 2014 году (по данным «Википедии»), на «Услуги» приходилось 63.6% мирового ВВП, а на каждый баррель условного топлива – 285 долларов промышленной продукции, 55 долларов сельхозпродукции, и 594 доллара услуг. В сфере услуг, однако, основные затраты – это человеческий труд, и к производительности капитала услуги не имеют существенного отношения.



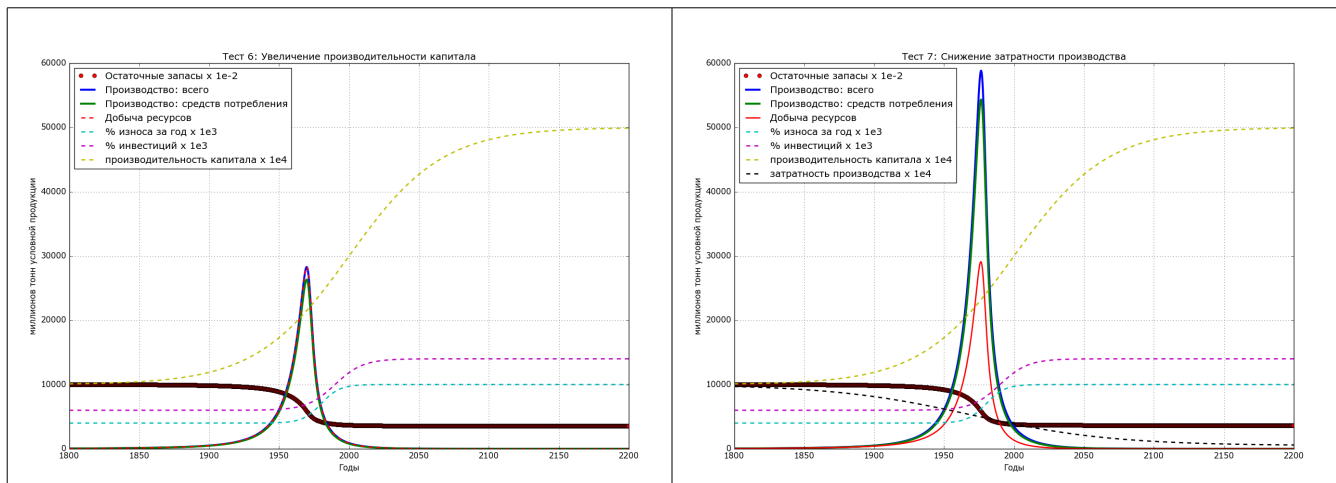
Чтобы не обвинили в консерватизме и неверии в Человеческий Гений, предположим, что увеличение производительности капитала за 100 лет – в два с половиной раза, причём технологии будут расти тем же темпом ещё 100 лет. Для сравнения воспроизведём график с изменениями $d(t)$ и $i(t)$ из Теста 5 в сопоставимом масштабе по вертикальной оси.

Как видим, от увеличения производительности капитала ничего хорошего ждать не следует. Одновременно с трёхкратным увеличением промышленного и сельскохозяйственного

производства – расходуется невозобновляемые ресурсы, и крах приходит на столетие раньше, чем в базовом случае: в «условном» 1970 году (повторим, что мы пока не пытаемся моделировать реальную ситуацию, а просто испытываем модель в разных режимах). После наступления пика, увеличение производительности капитала абсолютно никакой роли не играет, так как производство накрепко привязано к ресурсу.

Легко показать, что снижение производительности капитала – наоборот, оттягивает наступление пика. Например, при снижении производительности капитала всего на 15% (дайте роботам выходной – они тоже люди), – пик откладывается до «условного» 2125 года, да и сброс будет куда плавнее. Однако, за удовольствие надо платить – снижением потребления промышленных товаров на 50%. Оставим этот график для желающих запустить программу самостоятельно.

Наконец, последняя внешняя функция: затратность $q(t)$. До сих пор предполагалось, что одна тонна условного топлива производит ровно одну условную тонну промышленных товаров. На деле это конечно не так. Оговоримся, что речь идёт не о полных затратах на производство чего бы то ни было, а о материальных затратах! Возражение «а вот китайские шахтёры работают за сто долларов в месяц и миску риса» – не принимается. Во-первых, даже рабский труд – не бесплатен: рабу надо дать как минимум достаточно еды, чтоб с голоду не помер и кайло, чтоб было чем рубить, а в шахту – подвезти крепь и свечки. Во-вторых, в нашей модели мы вообще не используем понятие «труд», а обсуждаем исключительно материальный баланс в тоннах. Кто-то скажет: «а мы изобретём: нано-материалы! Штаны весят всего 20 граммов, прочные – за двадцать лет не сносить, и стирать не надо (грязь сама отваливается).» Великолепно. Но раз штаны весят 20 граммов, на них надо затратить никак не меньше двадцати граммов чего-то. А эти двадцать граммов надо пропустить через аппарат, потребляющий мегаватты энергии (строить наноструктуры без затрат энергии – не выйдет). Законов Сохранения – никто не отменял, а то король – будет голый (простите: в наноштанах).



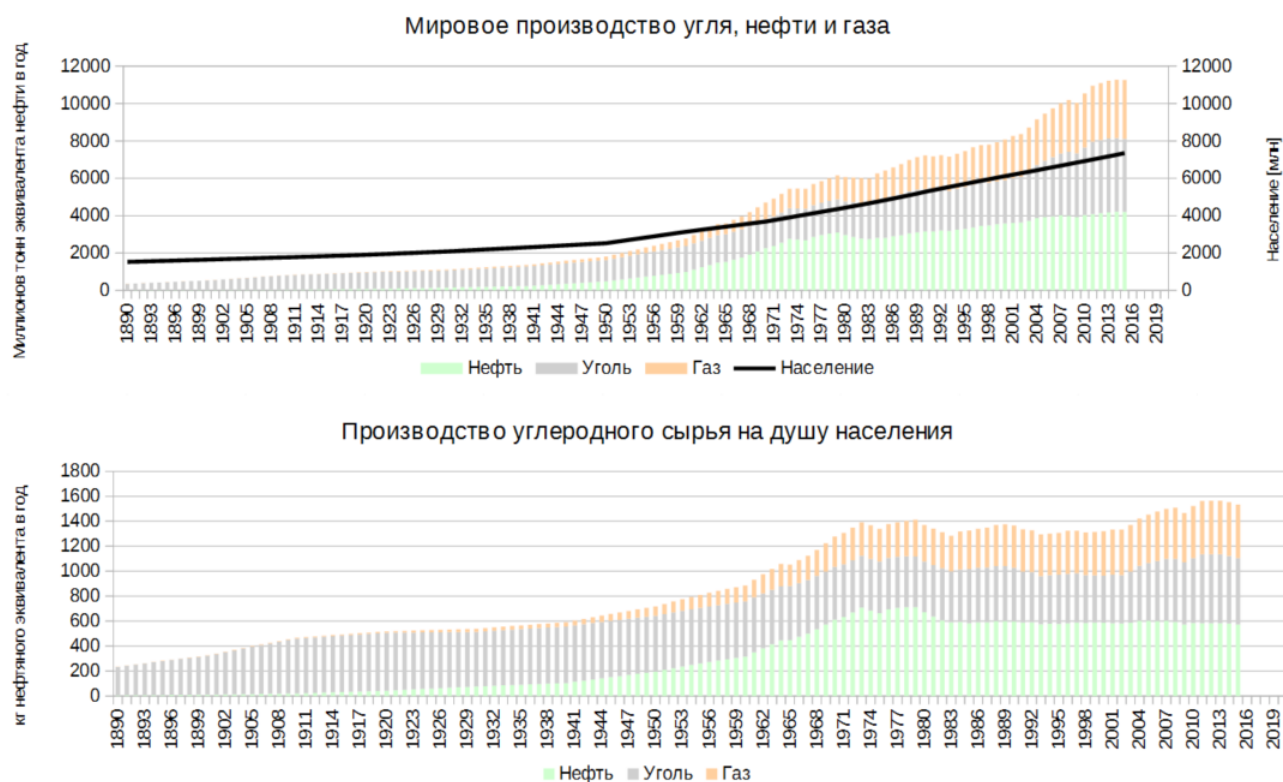
Поэтому, функция затратности $q(t)$ – уменьшается, но не до нуля. Опять-таки, чтобы не обвиняли в неверии в Человеческий Гений, предположим, что затратность снижается за 100 лет в 20 раз. Это очень сильное предположение! Энергосберегающая лампочка со светодиодом на 7 Ватт светит примерно так же, как 60-ваттная накаливания. Продукция «Дженерал Моторс» жрала на 100 км – 35 литров бензина, а японский гибрид или мотоцикл едят 3-5 (но ими нельзя буксировать кэмпер или лодку, да!) И то, и другое – снижение затрат примерно один порядок величины, но никак не два порядка. С другой стороны, на производство тонны стали, или тонны пластмассы, или тонны азотных удобрений уходит вполне определённое химией процесса

количество угля, нефти или газа, и экономия тут может быть на проценты, но не в разы.

Удивительное дело: невероятное снижение затратности почти никак не сдвигает пик, зато приводит к увеличению потребления!

Впрочем, ничего удивительного в этом нет. Известный социальный закон: доступность технологий уменьшает затраты на единицу продукции, зато увеличивает количество этих единиц, и следовательно – потребление ресурса! Например, развитие электротранспорта в Китае сделало электроскутер дешёвым как грязь и доступным даже для небогатого китайца. То же самое – про кондиционеры. Результат: резкое увеличение потребления электроэнергии в домашнем хозяйстве, истощение запасов угля, смог. И прочие неудобства.

До сих пор, мы использовали «условные годы», то забрасывая пик в конец 21-го века, то сдвигая его в семидесятые годы века прошлого. Попробуем откалибровать модель с использованием известных данных.



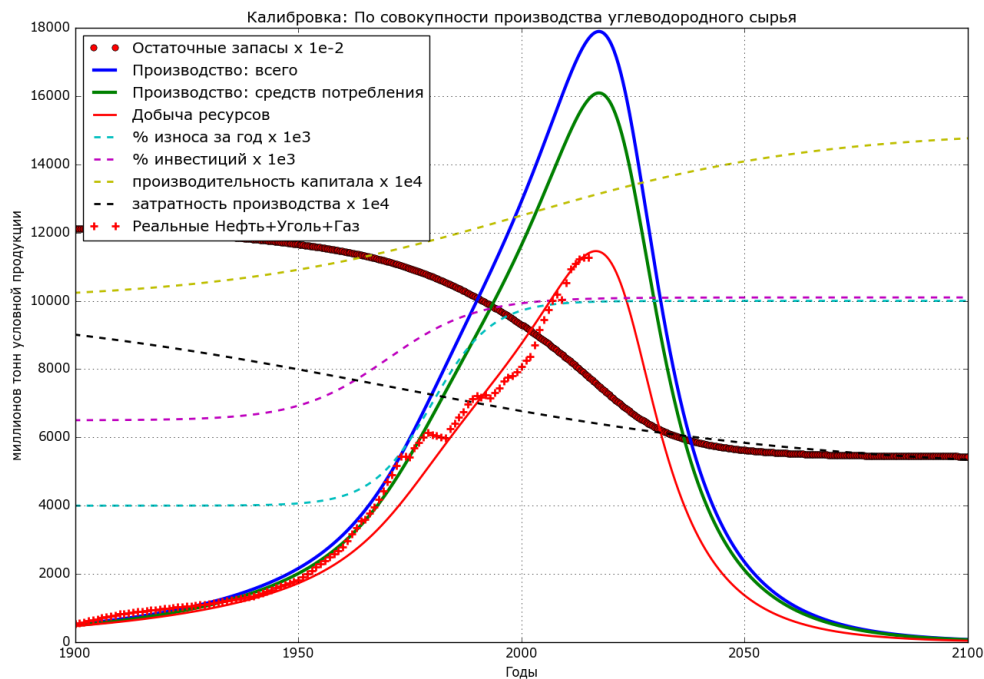
Сборка по производству угля, газа и нефти составлена по данным отчёта ВР 2015 года с добавлением «хвоста» с 1890 по 1964 и предварительной оценки 2015 года по данным американского EIA. Все данные пересчитаны в тонны условной нефти по методике ВР. «Нефть» включает газовый конденсат, NGPL («широкие фракции природного газа») и нефть из битума («синкруд»), но не включает биотопливо. «Уголь» включает все градации, в том числе суб-битуминозный уголь и лигнит.

Что мы наблюдаем? По абсолютным величинам, тройка «нефть-уголь-газ» прошла пик в 2013 году, хотя газ вроде бы продолжает расти, а нефть – остаётся на «полочке» 4210 млн тонн в год. Снижение производства – по углю, причём в основном в Китае. Напомним, что де-факто

снижение производства угля в Китае пошло примерно с середины 2013 года, когда никто ещё не слышал ни про нефть по двадцать пять баксов, ни про Китайский Биржевой Коллапс, ни про Китайские Экологические Инициативы, ни про Внезапный Переход Китая к Технологическому Развитию. Похоже, правительство Китая задним числом прикручивает объяснялки к суровой геологической действительности.

Куда интереснее – график производства углеродного сырья на душу населения планеты. Пик добычи нефти прошёл в 1979 году: 712 кг. В 2015 – всего 572 кг на душу, или 80% от пика. Пик по углю пришёлся на 2013 год: 552.2 кг. За два года – сокращение на 3.7% – до 531.6 кг. И таки да: на планете Земля назревает пик по газу! 2014 год – 430.7 кг условной нефти, в 2015 – ожидается 428.6. Впрочем, «Газпром» может опять удивить своей отчётностью, и тогда будет ещё меньше. Напомним, что в 2014 Россия добыла (по массе эквивалента) на 4.6% меньше газа, чем в 2013, и на сегодняшний день – на 6% ниже пика добычи 2011 года.

Вставим кривую добычи нефть+газ+уголь с графика выше в нашу программу и подберём функции s , q , i и d . Тонкой подгонкой значений $i(t)$ и $d(t)$, можно очень точно описать график с 1900 по 2015 годы. Действительно, во время Второй Мировой наблюдался износ основных фондов не 0.04, а вплоть до единицы (например, разбомбили завод!), далее последовали инвестиционные влияния на восстановление порушенной европейской экономики, и так далее. Но нам на данном этапе точная подгонка не нужна, а важно описать общее поведение кривой.



Заметим, что все четыре подгоночные кривые – плавные, и никаких особенностей после 2000 года на них нет. Однако, наступает Пик и последующий Обвал с характерной формой «акульего плавника». Единственный параметр, коренным образом меняющий положение пика: начальные геологические запасы: Q_0 . В нашей калибровке он равен 1230 млрд тонн условного топлива. Много это или мало?

В своей знаменитой статье 1956 года, М.К. Хабберт оценивал общие запасы нефти и угля так:

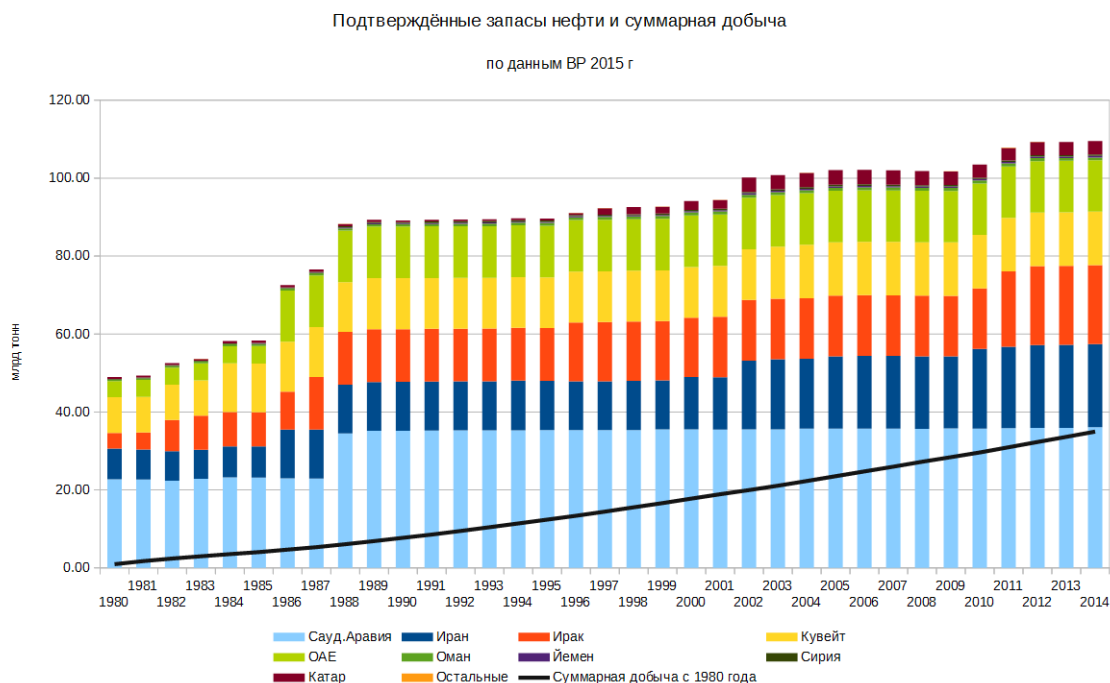
уголь – 2500 млрд тонн, нефть – 1250 млрд баррелей. Переведём в тонны условного топлива: примерно 1200 млрд тонн условного топлива в угле, 170 млрд тонн условного топлива в нефти. Природный газ Хабберт не оценивал, но 1200+170 – это уже больше, чем 1230.

Оценка подтверждённых запасов по отчёту ВР 2015 года: нефти – 1700 млрд баррелей, или 230 млрд тонн; природного газа – 187 трлн м³, или 169 млрд тонн условного топлива; антрацита и битуминозного угля – 403.2 млрд тонн, суб-битуминозного угля и лигнита – 488.3 млрд тонн. Переведём уголь и лигнит в тонны условной нефти по методике ВР: всего 430 млрд тонн условного топлива. Итого подтверждённых запасов углеводородного сырья: 829 млрд тонн. К запасам надо добавить 469 млрд тонн документированной суммарной добычи с 1890 по 2015 годы, итого: примерно 1300 млрд тонн.

Кто сказал, что Хабберт был пессимист???

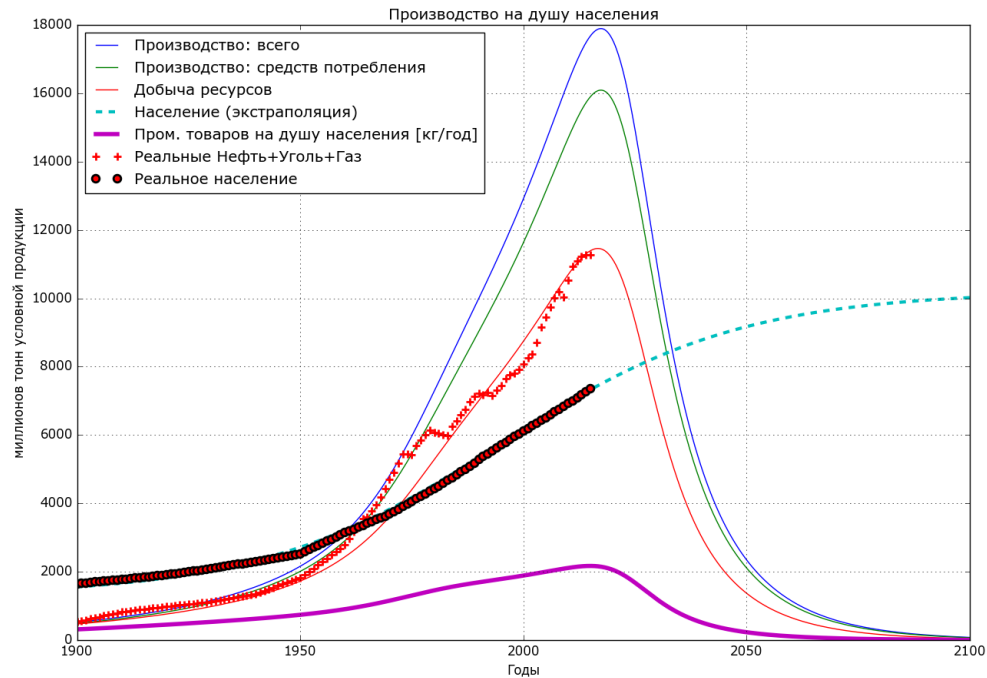
И оценка Хабберта 1956, и оценка ВР 2015 года – близки к полученному нами значению 1230 млрд тонн. Тут могут возразить, что «подтверждённые запасы» не включают в себя ещё не открытые месторождения, так что оценка запасов должна в будущем ещё подрасти. Возражение технически верное, однако следует отметить, что открытия новых месторождений с семидесятых годов прошлого века – неуклонно снижались, а уровень геологической изученности – повышался. Вероятность, что завтра кто-то откроет новый Самотлор, Кантарел или Гавар – не равна нулю, но достаточно низкая, а мелкие месторождения – не спасают.

Кстати, о Гаваре. Вот график «подтверждённых запасов» и добычи на Ближнем Востоке. С 1980 по 1987, в «погоне за квотами» геологи национальных компаний нарисовали около 40 млрд тонн бумажных запасов. Далее: суммарная добыча с 1980 года составила около 34 млрд тонн, однако от подтверждённых запасов эту циферку отнять ежегодно «забывают». $1230 + 40 + 34 = 1304$. Как говорил тот финансовый аудитор: «вот, батенька, и нашли мы Вашу недостачу.»

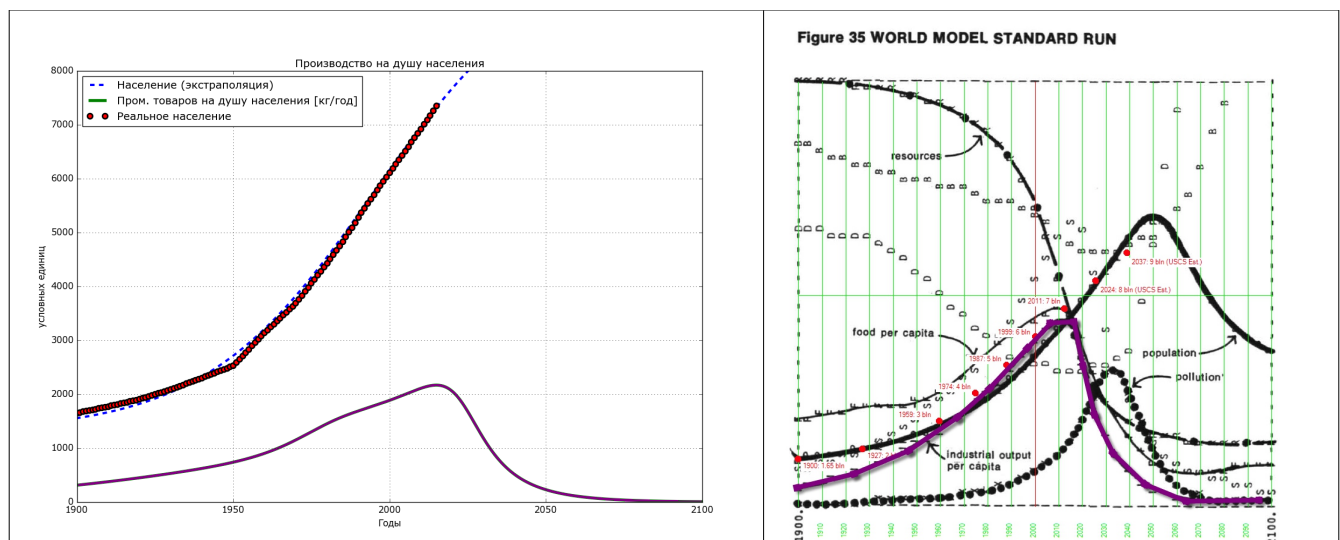


«Сауди Арамко» – вообще рисует константу по подтверждённым запасам последние 27 лет, однако вроде как собирается продаваться. Компании продаются, когда месторождения – либо ещё не бурились, либо уже почти выработаны. Продавать разбуренные месторождения с запасами – это как жарить курицу, которая несёт золотые яйца Вексельберга.

Впрочем, мы отвлеклись. Добавим к калиброванному графику добычи количество людей на планете Земля. Не будем делать никаких предположений о рождаемости и смертности после наступления пика, а просто воспользуемся табличными значениями ЮНЕСКО.



Полученная малиновая кривая до боли напоминает график из книги «Пределы роста». Хотя супруги Медоуз и компания не задавались целью выдать точный прогноз по годам, предсказание поразительное: распечатка 1972 показывает пик в 2013-2016 годах!



В 2015 году житель планеты Земля потреблял в среднем 2170 кг «условной продукции» в год. Не будем пытаться определить вес мобильного телефона в килограммах нефти – это пустой спор. Также не будем обсуждать неравенство потребления – десять тонн в Америке против десяти килограммов в Чаде.

Однако, методика сравнения проста: поступим так же, как профессора ~~книжных~~ Истории КПСС в советских университетах и сравним наши «условные килограммы» с 1913 годом. Мы же хорошо представляем себе 1913 год? Модель показывает, что в 1913 году потребление составляло ровно 400 кг на душу. От этого, народ имел (в порядке ухудшения дел):

- Государственное управление. При всех недостатках, анархии в стиле «Безумного Макса» – в среднем не наблюдалось. Бунты, демонстрации, революции и прочие забастовки – по обстоятельствам. Регулярная армия, полиция, и, страшно подумать, – жандармы – работали.
- Сельское хозяйство. Голод «в среднем» никому не грозил, однако регулярно происходили неурожайные годы в отдельных регионах, со всеми вытекающими. При норме ЮНЕСКО в 2400-2700 килокалорий в день, среднедушевое производство в России в 1913 году – более 3400 килокалорий, правда какая-то часть зерновых шла на корм скоту и на водку. Ну и естественно: весь сезон – тяжёлый ручной труд всей семьёй от мала до велика.
- Транспорт. Индивидуальные моторизованные средства транспорта (автомобиль или упряжка лошадей) – только для богатых, или для тех, кому по службе положено. Прилично развитый общественный транспорт: извозчики, конка, трамвай, железные дороги. Сюда же: велосипеды. Однако в большинстве случаев народ ходил пешком, поездка за пределы области для подавляющего большинства была редкостью, туризм – только для миллионеров. Ну и про качество дорог – не будем-с.
- Промышленность. В среднем – грустно. Справить пальтишко к зиме. Пошить костюм – один на 10 лет. Какие «ай-фоны»? Не, не слышали.
- «Услуги» – тут совсем всё плохо. Нормальное образование и медицина – для верхних 5%, для остальных – земские врачи и учителя, почти на голом энтузиазме. Médecins Sans Frontières, мля. Однако при этом: выходили газеты и книги, сутились половые в ресторациях, адвокаты – защищали, а инженеры – инженерили.



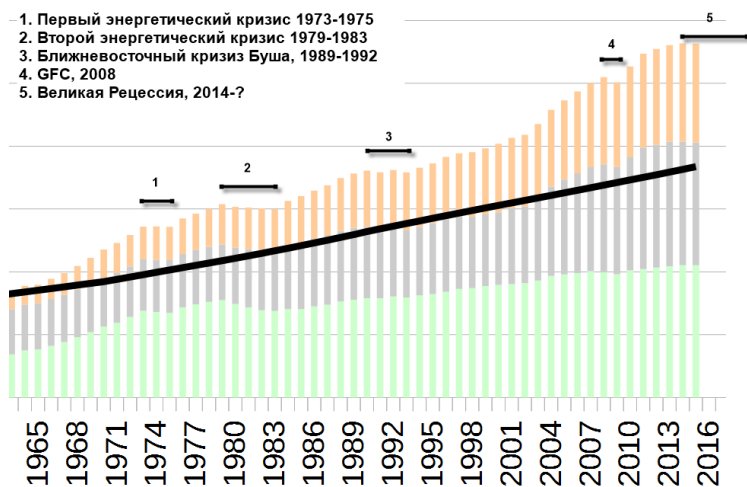
Так вот: если в 2015 году планета действительно прошла пик добычи углеводородов, уровень 1913 года будет достигнут к примерно к 2043 году. Двадцать восемь лет осталось! Дальше – жиже. Уровень 1890 – 255 условных кило. Проскочим в 2049. Уже нынешнее поколение будет жить в девятнадцатом веке!

Оставшееся до коллапса время вряд ли позволит перевести экономику на термоядерный синтез. Вероятно введение административных мер и жёсткого государственного управления ресурсами, в том числе с рационированием продовольствия и предметов потребления, трудовыми сельскохозяйственными лагерями для голодающего бывшего «офисного планктона».

Конечно, спуск в девятнадцатый век будет проходить крайне неравномерно: самые богатые и сильные будут спускаться медленнее и благополучнее середнячков, а середняки удержатся на плаву дольше мелюзги. Процесс вытеснения трактора снова буйволом в Юго-Восточной Азии начался в 2007 году, и успешно продолжается (снимок из Вьетнама образца 2012 года). К 2043, все будут пахать, как на картинке.



После 2050 прогнозы строить можно только качественно. С одной стороны, развал медицины и снижение эффективности сельского хозяйства приведут к увеличению смертности. С другой стороны, развал школьного образования и нехватка презервативов – к увеличению рождаемости. Кривая населения может отыграть в любую сторону, а ЮНЕСКО со своими экстраполяциями – отдыхает. Самое грустное, что в пределах 20-30 лет уровень жизни может откатиться на четыре поколения, а человек к такому скоростному отказу от комфорта современной цивилизации – непривычен. Вот тут-то и пойдут в ход ножи-пистолеты, ядрёные боеголовки и прочая, и прочая.



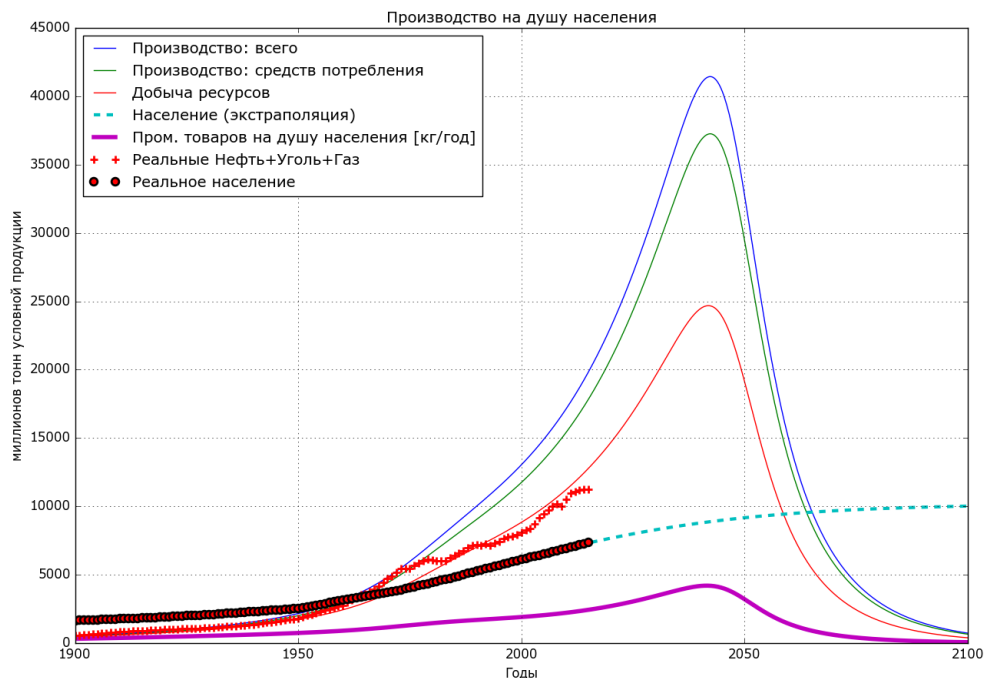
Естественно, возникает вопрос: что если мы ошиблись, и количество доступных ресурсов углеводородов не 1230 млрд условных тонн, а вдвое выше? На графике производства условного топлива уже есть два цикла, очень похожие на историю 2015 года: «второй энергетический» кризис 1979-1983 и «лажа Буша» (старшего): 1989-1992, да ещё два цикла покороче: «первый энергетический» и GFC.

С работающей математической моделью ответить на вопрос – легче лёгкого. Заменяем $Q_0 = 2460$ млрд и жмём F5.

Пик потребления случится в 2041 году на уровне 4200 кг в среднем на душу населения – что выше, чем в современном нам Китае, но не дотягивает и до половины современной нам Америки. Далее – всё равно обвал: на уровень 1913 года к 2075 году, то есть всё те же сравнимые 20-35 лет неумолимого спада. Если не мы, так наши дети будут жить при коммунизме в 19 веке!

Одна надежда: дополнительные 25 лет роста до 2040 года, возможно, позволят запустить коммерческую термоядерную энергетику и/или коммерчески годные реакторы-бидеры. Тогда, вероятно, худшего сценария удастся избежать.

Есть и хорошие новости! Когда для публики рисуют графики спада по 20-50-100% годовых – это чепуха. Да, правый край «акульего плавника» крут, но всё равно измеряется парой-тройкой десятилетий. Дорогие «крутые выживальщики»! Ваш заветный ящик тушёнки под кроватью ещё трижды успеет испортиться, а «Калаш» – заржавеет. Лучше учите сажать рис.



Подведём итоги:

1. Математическое моделирование показывает, что системный кризис 2007-2015 годов может быть вызван ограничением по энергетическим полезным ископаемым: углю, нефти и газу.
2. Значения начальных геологических запасов угля, нефти и газа, рассчитанные по модели (1200-1250 млрд тонн условного топлива), близки как к оценкам запасов, выполненных в 1956 году М.К. Хаббертом, так и к оценкам подтверждённых запасов по Отчёту ВР 2015 года. Результаты простой модели хорошо согласуются с результатами гораздо более сложной WORLD3 из «Пределов роста».
3. В случае если текущий экономический кризис действительно вызван ограничением по ресурсам, вероятно резкое снижение уровня жизни населения Земли: приблизительно до уровня начала XX века за период 20-35 лет. Дальнейшие прогнозы не могут быть выполнены в рамках данной модели.
4. Даже в случае если запасы углеводородного сырья ВДВОЕ превышают оценку ВР 2015 года, пик добычи и коллапс неизбежны ещё до середины 21-го века. Вероятность удвоения ресурсной базы за период 20-25 лет — близка к нулю.
5. В 2016 году цена нефти... Не дождётесь! Говорил уже: зависит только от Вашингтонского печатного станка.