

Глава 2. Человечество с точки зрения системного подхода

Перед изучением отдельных аспектов развития человечества полезно рассмотреть его как систему^{67, 68}. Это важно для того, чтобы не расширять без необходимости объем исследуемых далее факторов и не упустить ключевые.

Отметим, что в системном подходе существует принцип «взгляд с высоты»⁶⁹. Согласно ему, попытка рассмотреть всю сложную систему «крупным планом» приводит к тому, что исчезают мелкие детали. Приблизившись же, начинаешь различать детали, но теряешь понимание системы как целого. Поэтому в своем исследовании мы будем стремиться производить анализ наиболее крупным планом. Предполагается, что это позволит избежать ловушки сложности, с которой не смогли справиться многие авторы, изучавшую данную задачу.

Еще один парадокс системного подхода, который называется «ловушка Эшера», заключается в том, что, исследовав детально несколько подсистем сложной системы, мы затем окажемся перед проблемой их неполной совместимости. Отдельные фрагменты не будут соединяться в единое целое, многое будет казаться несовпадающим одно с другим. Следует вполне осознанно быть готовым к этому, занимаясь исследованием сложных, а особенно сверхсложных систем, каковыми являются человек и человечество.

2.1. Анализ человечества⁷⁰ с точки зрения системного подхода

Важнейшим аспектом системного анализа является *функция*, которую выполняет система в системе более высокого уровня – надсистеме. Для человечества надсистемой является биосфера. С появлением человечества в биосфере стала быстро развиваться функция информационного взаимодействия. До этого информационное взаимодействие охватывало, преимущественно, процессы внутри живых организмов, а также процессы наследования и основным видом фиксации информации были генетические процессы.

С появлением человека важную функцию передачи информации стало выполнять сообщество разумных организмов, а информация стала фиксироваться в сознании людей, а затем в виде продуктов труда, знаковых систем и компьютерных устройств. Быстро стало расти знание человечества и система информационных взаимосвязей между людьми. Таким образом, функция человечества, его предназначение заключаются в *становлении и развитии разума и мышления на Земле*. В более далекой перспективе можно говорить о развитии разума в межзвездных масштабах.

Нередко авторы противопоставляют наличие функции знания с тем необузданным ростом человечества, который ведет к экологическим проблемам и вызывает сомнения в разумности человека. Однако так же можно отнестись и к жизни вообще, которая проникла во все уголки планеты и захватила ее полностью и безраздельно. Всякая новая парадигма жизни стремится реализовать себя полностью и дойти до пределов развития. Так и разум на базе человечества через гиперболический рост стремится достигнуть пределов своего развития, не очень заботясь о последствиях, которые могут быть и трагическими.

Для того чтобы проанализировать человечество как систему, на самом высоком уровне уместно использовать такие инструменты, как системные схемы, модель «вхо-

⁶⁷ О'Коннор Дж., Мак-Дермот И. Искусство системного мышления. – М., 2006.

⁶⁸ Спицнадель В.Н. Основы системного анализа. – СПб., 2000.

⁶⁹ Справочник менеджера. Курс ВЗР 630 «Менеджер-профессионал». – Жуковский, 2003.

⁷⁰ Термин «анализ человечества» используется для обозначения анализа развития человечества как единой системы.

да-выхода», анализ размерностей и подобия. Важно также выявить замкнутые циклы с обратной связью, которые позволяют поддерживать развитие человечества.

С.П. Капица выявил один из таких важных циклов, основанный на росте числа людей пропорционально квадрату их численности (до демографического перехода). Такой цикл можно представить в виде схемы, которая дана на рис. 2.1.

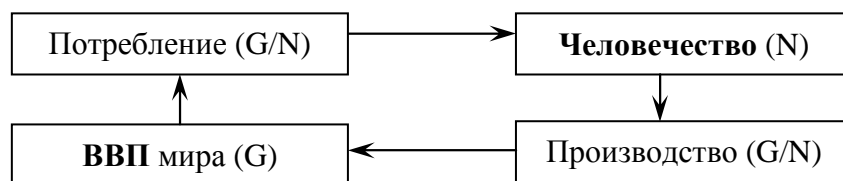


Рис 2.1. Системная схема деятельности человечества

Его основными элементами являются человечество, которое характеризуется своей численностью, – N , мировой ВВП – G , а также процессы производства ВВП и его потребления, которые можно характеризовать величиной G/N .

С.П. Капица отметил, что квадратичный рост связан с информационным взаимодействием людей. Для учета этого фактора усложним системную схему развития человечества, включив в нее знание в качестве важного системного элемента.

Для создания «знания» как системного элемента необходимо выделить НИОКР (R&D) в качестве подсистемы для формирования знания и его преобразования в образцы полезных продуктов, «образование», как подсистему для доведения знания до работников и отделить квалифицированных «работников» как носителей «знания», которые используют его для производства. Тем самым у нас появляется второй контур деятельности, нацеленный не непосредственно на производство мирового ВВП, а на производство знания. Соответствующая системная схема цикла развития человечества на базе знания приведена на рис. 2.2.

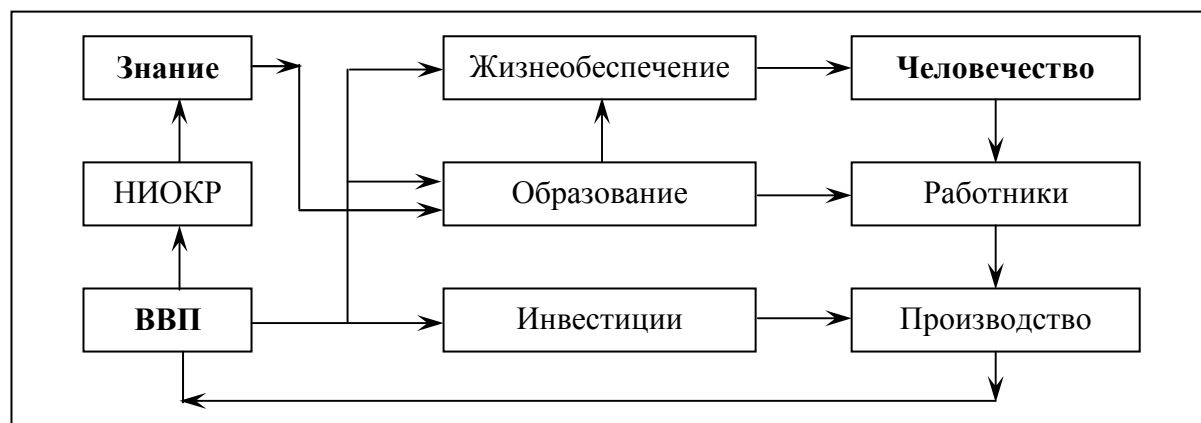


Рис. 2.2. Цикл развития человечества с учетом знания

По принципу отношения к знанию мы разделили потребление человечества на четыре части:

- инвестирование в науку, создающую знание, и разработки (НИОКР);
- образование и обучение работников;
- инвестиции в производство;
- жизнеобеспечение человечества и др.

Согласно данной схеме, рост числа людей (общество) происходит в связи с ростом ВВП, причем растущее по численности человечество создает все больше знаний, которые влияют на ускорение роста производства и объема ВВП. Далее мы более детально рассмотрим компоненты данного цикла развития и их взаимосвязи.

Схема входа-выхода (рис. 2.3) позволяет сформировать еще один взгляд на функционирование человечества как системы.

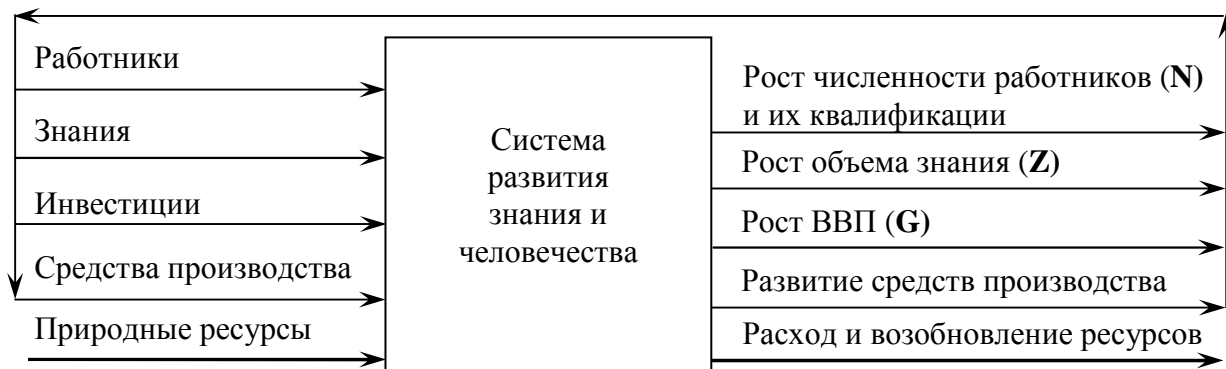


Рис. 2.3. Схема входа-выхода для человечества

В результате функционирования этой системы на протяжении всей истории человечества происходил рост первых четырех входных ресурсов: числа и квалификации работников, объема знаний, выпуска продуктов, объем которых может быть оценен в финансовых единицах, и развития средств производства. Природные ресурсы в противоположность этому исчерпываются, и пока можно прогнозировать лишь сохранение природной среды в приемлемом состоянии. Однако в настоящее время уровень эксплуатации природы приблизился к предельному уровню, и рано или поздно, но необходимо будет перейти к режиму широкого воспроизводства ресурсов, требуемых для функционирования данной системы. Пристальное внимание нужно уделить энергетическим и водным ресурсам, а также факторам, влияющим на стабильность климата, сохранение биосферы и природной среды.

2.2. Параметры системы, характеризующей развитие человечества

Рассмотрим основные параметры системы, характеризующей развитие человечества в целом: численность населения, производительная деятельность, знание человечества, использование природных ресурсов и др. Можно отметить следующие характерные параметры.

Время

1. τ – характерное время жизни человека. Согласно С.П. Капице, $\tau \approx 45$ лет. Эта величина примерно равна среднему возрасту людей, а также времени трудоспособной деятельности человека. Размерность этой величины применительно к данной задаче $[\tau]$ – год. Здесь квадратными скобками обозначается размерность величины. В прошлом данная величина была заметно меньше, и это нужно учитывать при рассмотрении истории человечества.
2. T – текущее время. Исчисляется от так называемого начала нашей эры или рождения Христа (с точки зрения человечества как системы, дата начала эры относительно произвольная). $[T]$ – год. Безразмерный параметр времени – T/τ .

3. T_0 – время существования человечества до настоящего времени. Считается, что $T_0 \approx 1,6$ млн лет. Размерность этой величины: $[T_0]$ – год. Если T_0 отнести к характерному времени жизни человека, то получим безразмерный параметр времени существования человечества – $T_0/\tau \approx 35\,550$.
4. T_1 – дата сингулярности. Дата, в которую при гиперболическом росте человечества его численность стала бы бесконечной. Согласно С.П. Капице, $T_1 \approx 2025$ год, если отсчитывать от начала эры. $[T_1]$ – год. Существенно, что дата сингулярности фактически определилась в далеком прошлом.

Численность населения

5. N – число людей. Величина не имеет размерности, целочисленная и меняется во времени. Однако разумно ввести аналог размерности для этой единицы $[N]$ = чел. с тем, чтобы отличать единицы людей от других штучных объектов, не обладающих мышлением. Таким образом, шкала измерения содержит две позиции: разумный и неразумный.
6. N_0 – численность начальной популяции людей во время T_0 . По оценкам С.П. Капицы, $N_0 \approx 100\,000$ чел. Может быть введена безразмерная численность населения, равная N/N_0 .
7. N_{\max} – максимальное число людей, которое, согласно существующим теориям⁷¹, составит $N_{\max} \sim 11$ млрд чел. Отношение $N_{\max}/N_0 \approx 110\,000$.
8. C – константа гиперболического роста. Может быть определена из уравнения роста численности населения Земли в гиперболический период $C \approx N_0 \cdot (T_1 - T_0) \approx \approx 10^5 \cdot 1,6 \cdot 10^6 \approx 160$ млрд. Отсюда следует, что данный параметр не является независимым. Размерность $[C]$ = чел.·год.

На протяжении 1,6 млн лет эта величина могла несколько изменяться. Кроме того, при аппроксимации статистических данных по численности населения Земли в разное время вычислялись разные значения этого параметра, поэтому в работах можно встретить его значения $C \approx 180 \pm 20$ млрд.

Основные характеристики человечества, связанные со временем и численностью населения, могут быть изображены в виде схемы, представленной на рис. 2.4.

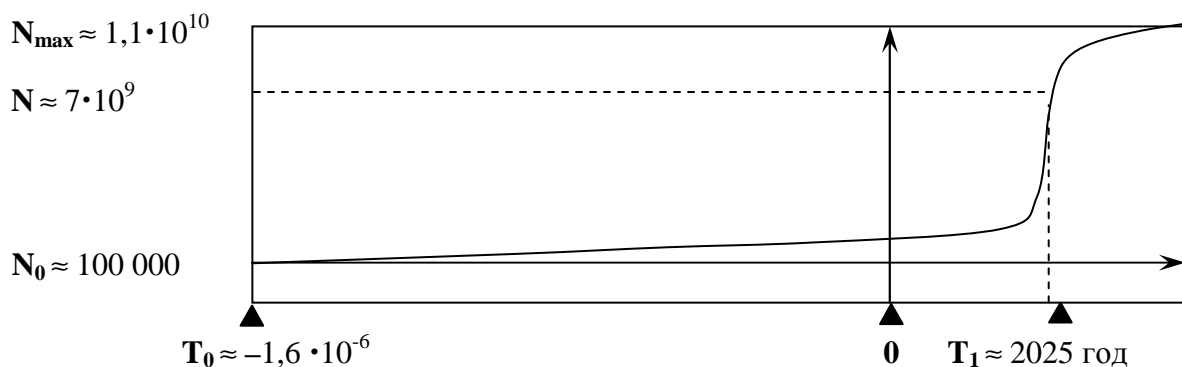


Рис. 2.4. Характеристики человечества, связанные со временем и численностью

Производительная деятельность

9. G – валовой внутренний продукт (ВВП) – показатель, отражающий рыночную стоимость всех товаров и услуг, произведённых за год во всех отраслях экономики. Номинальный ВВП выражен в текущих ценах данного года, а реальный

⁷¹ Капица С.П. Парадоксы роста: законы глобального развития человечества. – М., 2012. – С. 69.

(с поправкой на инфляцию) – в ценах базисного года. Для измерения валового продукта удобно пользоваться единицей измерения – международ. долл. (см. Приложение 3). Различаются единицы, определенные по рыночному курсу, а также паритету покупательной способности (ППС). При этом нужно указывать базисный год данной единицы. Размерность $[G] = \text{долл./год}$ (в литературе обычно обозначают ВВП в долл., не отражая временную часть размерности).

$g = G/N$ – ВВП на душу населения. Важный производный параметр, характеризующий среднюю производительность труда человека и соответственно уровень потребления. $[G/N] = \text{долл./чел.}\cdot\text{год}$.

10. m – производительность труда человека⁷² с минимальным использованием орудий труда и знаний, обеспечивающая нулевой уровень воспроизводства населения. Величина $m \approx 221$ долл./чел. \cdot год (в междунар. долл. 1995 года), а размерность $[m] = \text{долл./чел.}\cdot\text{год}$. Данный показатель характеризует линейный член в уравнении (1.11) для мирового ВВП $G = N \cdot (m + \gamma N)$.

11. γ – константа, характеризующая величину квадратичного члена в уравнении (1.11) мирового ВВП и показывающая, как быстро растет мировой ВВП по мере роста населения Земли⁷³. Величина $\gamma \approx 1,04 \cdot 10^{-6}$, долл./чел.² \cdot год (в междунар. долл. 1995 года), а размерность $[\gamma] = \text{долл./чел.}^2 \cdot \text{год}$.

Знание человечества

12. Z – суммарный объем кодифицированных знаний человечества. Для измерения объема кодифицированных знаний человечества введем единицу меры – «условная книга» или сокращенно (у.к.). $[Z] = \text{у.к.}$. Одна условная книга равна по объему знания книге, которая при оцифровании будет содержать объем информации в размере 1 Мбайт. Введением такой единицы мы показываем значительное различие между знанием и информацией. В печатном виде 1 у.к. имеет объем примерно 100 страниц формата А4 с малым содержанием иллюстраций. В настоящее время объем знаний человечества $Z \sim 23$ млн у.к.⁷⁴

13. Z_0 – начальный объем знаний человечества в момент его зарождения. $[Z_0] = \text{у.к.}$. Величина $Z_0 \sim 20$ у.к.⁷⁵ и близка к объему знаний одного человека в то время.

14. Для характеристики объема явных знаний, которыми оперирует один человек, можно ввести величину Z_h (h – human). $[Z_h] = \text{у.к./чел.}$. В настоящее время величина $Z_h \sim 300$ у.к./чел.

Использование природных ресурсов

В своей деятельности человечество использует различные природные ресурсы, и нагрузка на природную среду постоянно возрастает. Существуют разные мнения о пределе этой нагрузки, однако явных свидетельств о том, что рост населения Земли существенно зависит в настоящее время от этих факторов, не зафиксировано. Тем не менее необходимо учитывать наличие факторов нагрузки на природную среду и некоторые из них мы отметим.

⁷² Коротаяев А.В. и др. Математическая модель роста населения Земли, экономики, технологии и образования. Раздел: «Эмпирическое подтверждение связи численности населения и уровня технологии». – М., 2005.

⁷³ Там же.

⁷⁴ Орехов В.Д. Знание в системе развития общества // Бизнес-образование, РАБО. –2010. – № 28.

⁷⁵ Там же.

15. S_C – используемая людьми площадь Земли. Доля поверхности Земли, которую занимает человечество, постоянно возрастала, и в настоящее время люди используют почти всю поверхность суши и малую часть водной поверхности. Площадь суши Земли около 150 млн км².
16. S_h – территория, необходимая для обеспечения существования одного человека. На дату, близкую к дате сингулярности (2014 год), на одного человека приходится: в Японии 0,3 га земли, в Индии – 0,29 га, в Великобритании – 0,41 га, причем из этой площади существенную часть занимают горы и другие не пригодные к обработке территории. Таким образом, при современном уровне технологий для существования одного человека достаточно порядка 0,3 га = 0,003 км² суши. Современная нагрузка на поверхность суши составляет в среднем около 50 чел./км². Максимальная нагрузка в конце демографического перехода составит около 70 чел./км², что не намного больше, чем сейчас, и потому представляется некритическим. В начале существования человечества эта нагрузка составляла около одного человека на 1 500 км².
17. Среди других параметров важными являются нагрузки на следующие ресурсы: энергетические, воздушную среду, пресную воду, пахотные земли (около 10% суши), ископаемые, биоразнообразие и др. Соответствующие параметры мы будем вводить по мере их рассмотрения.

2.3. Анализ размерности и подобия

Таким образом, система параметров, которые характеризуют человечество как единую систему, включает в себя следующий, близкий к минимальному, набор параметров:

$$\tau, T, T_0, T_1, N, N_0, N_{\max}, G, m, \gamma, Z, Z_h, Z_0, S_C, S_h. \quad (2.1)$$

Из них четыре параметра являются переменными: T, N, G, Z , а одиннадцать – константами, характеризующими человечество:

$$\tau, T_0, T_1, N_0, N_{\max}, m, \gamma, Z_0, Z_h, S_C, S_h. \quad (2.2)$$

Система параметров, характеризующих человечество, определена на следующей совокупности независимых размерностей:

$$[T], [N], [G], [Z], [S]. \quad (2.3)$$

Размерности параметров системы (2.3) следующие: время $[T]$ – год, число людей $[N]$ – чел., ВВП $[G]$ – долл./год, объем знания $[Z]$ – у.к., используемая площадь Земли $[S]$ – км².

Согласно Пи-теореме теории размерностей⁷⁶, это означает, что система безразмерных параметров, определяющих человечество как систему, может быть уменьшена на **пять** единиц по сравнению с количеством размерных параметров (2.2).

В качестве безразмерных переменных для изучения данной системы можно использовать следующие комбинации:

$$T/\tau, N/N_{\max}, G/\gamma N^2, Z/Z_h. \quad (2.4)$$

⁷⁶ Седов Л.И. Методы подобия и размерности в механике. – М., 1977. – С. 440.

Система безразмерных параметров подобия, характеризующих человечество, согласно Пи-теореме, включает в себя шесть комбинаций ($11 - 5 = 6$). Рассмотрим их.

1. $(T_0 - T_1)/\tau$ – безразмерный параметр времени от зарождения человечества до точки сингулярности. Поскольку $T_0 \gg T_1$, величиной T_1 можно пренебречь, и существенной является только комбинация $T_0/\tau \sim 36\,000$. Фактически это означает, что один из определяющих параметров является несущественным и система безразмерных параметров подобия может быть сокращена до пяти. Характерное время жизни человека τ несколько меняется по времени. Тем не менее смысл данного параметра подобия заключается в том, что он близок к числу поколений существования человечества до демографического перехода.
2. N_{\max}/N_0 – отношение максимальной и минимальной численности населения Земли. Величина данного параметра порядка $100\,000$.
3. $\gamma N_{\max}/m$ – параметр, характеризующий максимальный средний по человечеству рост производительности труда за счет фактора знания, $\gamma N_{\max}/m \approx 50$.
4. Z_h/Z_0 – рост объема знаний одного человека от зарождения человечества до современности. $Z_h/Z_0 \sim 15$. Этот параметр характеризует запас изменчивости (роста) разума человека как биологического существа.
5. $S_C/N_{\max} \cdot S_h$ – отношение площади суши Земли к максимальной территории, необходимой для существования человечества, $S_C/N_{\max} \cdot S_h \approx 5$.
6. $C/(N_{\max} \cdot \tau)$ – отношение характерных времен демографического перехода и жизни человека не является независимым параметром подобия, поскольку $C/N_{\max} \cdot \tau = N_0 \cdot T_0 / N_{\max} \cdot \tau$. Однако этот производный безразмерный параметр иногда более удобно использовать, поскольку он имеет понятный смысл и величину, не исчисляющуюся миллиардами. Так, величина $C/N_{\max} \approx 16$ лет, соответственно $C/N_{\max} \cdot \tau \approx 16/45 \approx 0,36$.

Представленный выше анализ параметров, позволяющих характеризовать человечество как систему, с точки зрения теории размерности и подобия, позволил заметно сократить количество независимых параметров подобия. Тем не менее видно, что их количество достаточно велико. Более детально мы рассмотрим взаимосвязь этих параметров ниже.

Основные результаты главы 2

Человечество целесообразно рассматривать с точки зрения системного подхода, что обеспечивает целостность его изучения и учет основных параметров развития без отвлечения на второстепенные факторы.

Предназначение человечества, его основная функция в биосфере заключаются в становлении и развитии разума и мышления на Земле.