

Рост численности населения Земли и эволюция продовольственных технологий

Арет В.А., Арет Г.М., Байченко А.А., Байченко Л.А. ,valdurtera@rambler.ru

Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий

Рассматриваются различные демографические модели изменения численности населения мира и эволюция технологий производства продовольствия.

Ключевые слова: модель Хейнца, население мира, технологии производства продовольствия.

Кибернетик Хейнц фон Ферстер в 1960 году опубликовал в журнале «Science» статью под названием: «Судный день. Пятница 13 ноября 2026 года» [1]. Автор на основании данных о росте народонаселения мира до 1958 года построил гиперболическую модель, по которой получалось, что в этот день численность населения Земли должно стать бесконечным:

$$N(t) = \frac{C}{t_0 - t}, \quad (1)$$

где $N(t)$ - зависимость численности населения Земли N от времени t ;

$t_0 = 2026$ - константа времени по Хейнцу;

$C = 199686.86$ - константа численности населения Земли по демографическим данным до 1950 года [2,3], рассчитанная нами с использованием математической программы CurveExpert.

Тогда формула (1) приобретает вид:

$$N(t) = \frac{199686.86}{2026 - t}. \quad (2)$$

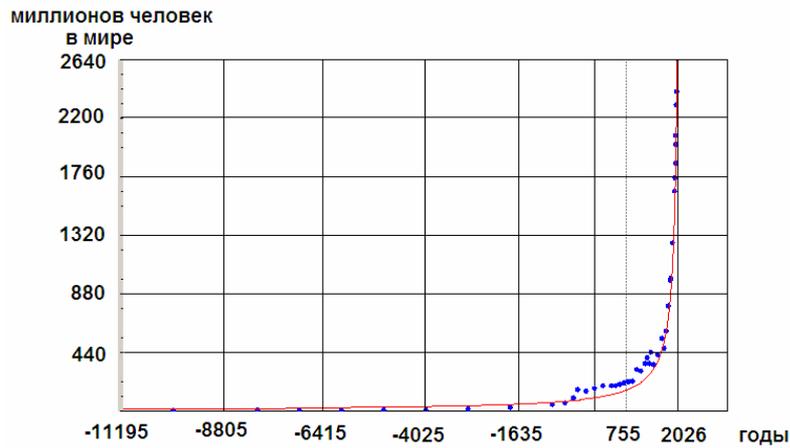


Рис. 1. График изменения численности населения мира по статистическим данным до 1950 года, обработанных нами с использованием программы CurveExpert для получения эмпирической формулы (2). Среднеквадратичное отклонение данных от графика $S=74,8$, коэффициент корреляции $r=0,994$.

До 1970-х годов численность населения мира действительно росла по гиперболическому закону. Однако с 1989 года стали снижаться абсолютные темпы прироста численности населения мира [2]. К 2100 году прирост может снизиться до величины менее 5 млн. человек за десятилетие. По модели некоторых демографов предел роста составит 10-12 млрд. человек, есть и прогнозы о несколько менее высоких уровнях стабилизации численности населения мира. Более адекватным в этом случае становится, например, логистический закон (Модели Капицы С.П. [12], Верхулста, Лотка-Вольтерра [4,5,6]), график которого имеет следующий вид:

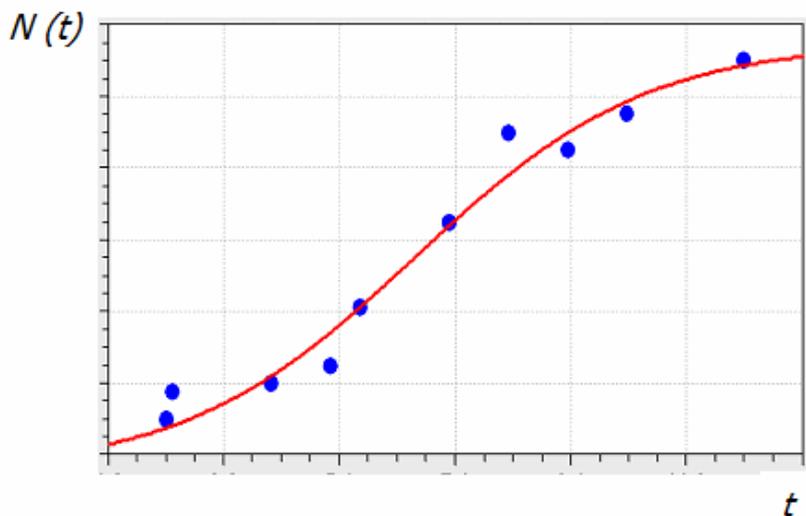


Рис. 1. Типовой график логистического закона.

Окончательный сценарий динамики численности населения пока не ясен. Но ясно, что судный день наступит не по Хейнцу в 2026 году из-за устремления численности населения мира в бесконечность, а может наступить совсем по другим причинам.

В основу последующих рассуждений о развитии технологий производства продовольствия положены астрофизические представления о солнечной системе и дарвиновская модель эволюции животных. Известную теорию Т.Р.Мальтуса (1820 г.) здесь оставим вне рассмотрения.

Фотосинтез является основным источником биологической энергии, фотосинтезирующие автотрофы (в основном это зеленые растения) используют солнечную энергию для синтеза органических веществ из неорганических, гетеротрофы (в том числе люди) существуют за счёт энергии, запасённой автотрофами в виде химических связей. Энергетические запасы Солнца не могут быть бесконечно большими. В результате излучения масса Солнца уменьшается на 4,3 млн тонн в секунду. Солнце может существовать как источник энергии для фотосинтеза на Земле миллиарды лет, но когда-то обязательно "потухнет".

Рассмотрим немного подробнее процесс фотосинтеза. Выделяют три этапа фотосинтеза: фотофизический, фотохимический и химический. На первом этапе происходит поглощение квантов света пигментами, их переход в возбуждённое состояние и передача энергии к другим молекулам фотосистемы. На втором этапе происходит разделение зарядов в реакционном центре, перенос электронов по фотосинтетической электронотранспортной цепи. Первые два этапа вместе называют светозависимой стадией фотосинтеза. Третий этап происходит уже без обязательного участия света и включает в себя биохимические реакции синтеза органических веществ с использованием энергии, накопленной на светозависимой стадии. Чаще всего в качестве таких реакций рассматривается цикл Кальвина [7] и глюконеогенез, образование сахаров и крахмала из углекислого газа воздуха. В 1941 американский биохимик Мелвин Калвин показал, что первичный процесс фотосинтеза заключается в фотолизе молекул воды, в результате чего образуются кислород, выделяющийся в атмосферу, и водород, идущий на восстановление диоксида углерода до органических веществ. Используя радиоактивный изотоп углерода ^{14}C , бумажную хроматографию и классические методы органической химии, Калвин и его группа смогли проследить биосинтетические пути фотохимических процессов. К 1956 стал ясным путь превращения углерода при фотосинтезе. За исследования в области ассимиляции диоксида углерода в растениях Калвин был удостоен в 1961 году Нобелевской премии по химии.

Химическую формулу фотосинтеза можно представить в следующем виде:



С помощью этой реакции на Земле ежегодно запасается более 10^{17} ккал свободной энергии, что соответствует ассимиляции более 10^{10} т углерода в составе углеводов и других форм органических веществ [8]. Если представить себе такую фантастическую ситуацию, что на Земле живут только люди и все они строгие вегетарианцы, то легко подсчитать из энергетических соображений максимальную теоретическую численность людей, которых может прокормить фотосинтез. Считая, что в году 365 дней и человеку в день нужно около 3000 ккал энергии, получим

$$\frac{10^{17}}{365 \cdot 3000} = 9132420913 \approx 10^{10} \text{ человек}. \quad (4)$$

Естественно, люди не могут по разным причинам использовать всю эту энергию. Достаточно сказать, что в каждом звене трофической цепи теряется около 90 % энергии, и хотя человечество использует также запасенное количество энергии в виде угля, нефти, газа и других источников энергии, но в настоящее время большинство населения мира не получает достаточного по количеству и качеству питания. Продовольственная безопасность является актуальной экономической проблемой многих стран и численность человечества приближается к энергетическим пределам возможностей фотосинтеза на планете.

Рассмотрим эволюционную классификацию технологий производства продовольствия, что позволит обосновать попытки некоторых прогнозов в этой области. Технологию первого поколения можно назвать технологией присвоения. Эта технология производства (или добычи) продуктов питания сводилась к собирательству и охоте, и мало чем отличалась от добычи пропитания в животном мире. Технология присвоения развивалась в период от нескольких миллионов лет до палеолита (древнего каменного века), то есть до 10 - 8 тысячелетия д.н.э. Это время существования ископаемого человека, который пользовался обработанными каменными, деревянными и костяными орудиями и активным использованием этих средств отличался от других животных. Технология первого поколения смогла обеспечить питанием примерно 3 млн человек. Встав на две ноги, человек приобрел более рациональный способ передвижения, чем животные на четырех ногах, и в сочетании с механизмом охлаждения организма через потение был способен догнать на длинных дистанциях практически любое охотничье животное. Заметим, что многие из лучших мировых стайеров

родом из Африки. В недрах технологии первого поколения зарождались зачатки технологии 2-ого поколения, которые заключались в препарировании добычи, транспортировании продуктов, все более осмысленном отношении к сохранению источников питания, в элементах коллективного природопользования на своей территории охоты и собирательства.

Технологию второго поколения можно назвать технологией воспроизводства.

Исторически эта технология развилась примерно 8- 3 тысячелетии до н.э. (в новом каменном веке) неолите. Тогда человек освоил шлифование и сверления каменных орудий, прядение и ткачество, изготовление глиняной посуды. Люди объединялись с волками для совместной охоты, появились прирученные животные - коровы, овцы, лошади, то есть охота переходила в свою более интенсивную и регулируемую фазу - в скотоводство. Одновременно собирательство переходило в растениеводство, в искусственное выращивание полезных растений. Эта технология обеспечивала питанием примерно 50 млн человек к концу неолита и примерно 3 млрд к 1960 годам. Все более растущие потребности человечества удовлетворялись в основном экстенсивным способом - увеличением посевных площадей и увеличением поголовья скота. Следует подчеркнуть особую роль зерновых, способных к массовому локальному произрастанию самозасевом и естественной консервации зерен сушкой. В недрах технологии второго поколения зарождались элементы технологии третьего поколения - технологии интенсификации. Человечество стало заниматься селекцией - выращиванием все более производительных растений и размножением все более продуктивных животных.

Технологию третьего поколения можно назвать технологией интенсификации. К концу периода доминирования технологии 2 поколения можно отнести примерно середину 20 век, когда возможности экстенсивного роста производства пищевых продуктов были исчерпаны - все пригодные для посевов площади были распаханы, количество животных в силу ограниченности площадей для выкорма тоже уже нельзя было увеличить. Можно полагать, что численность человечества не будет бесконечно расти и стабилизируется, как уже указывалось, примерно на 10-15 млрд человек.

Основными признаками технологии третьего поколения, технологии интенсификации, следующие [9]:

1. Использование микробиологических способов производства пищевых продуктов - продуктивность микроорганизмов, водорослей, грибов на несколько порядков выше, чем производительность традиционных сельскохозяйствен-

ных животных и растений. Реализуется биологический закон – чем меньше организм, тем он продуктивнее. Легко проследить следующую цепь: время удвоения биомассы крупного рогатого скота - 30-60 дней, свиней-20-40 дней, кур - 12-24 дня, травы - 6-12 дней, хлореллы- 2-6 часов, бактерий и дрожжей – 0.3-2 часа. Иначе, этот ряд в часах можно выстроить так -1440:960:576:288:6:2.

2. Искусственное сокращение трофических пищевых цепей (растение - животное - человек), производство продуктов непосредственно из аутотрофных организмов - соевое молоко, творог, искусственное мясо, икра и т.п. В процессе питания потенциальная энергия пищи переходит к её потребителю. При переносе потенциальной энергии от звена к звену трофической цепи до 80-90 % теряется в виде теплоты. Чем длиннее трофическая цепь, тем меньше продукция её последнего звена по отношению к продукции начального.

3. Массовое производство генетически модифицированных пищевых продуктов с особыми пищевыми и медицинскими свойствами

Технологии следующих трех поколений можно рассматривать как не очень актуальные фантазии на заданную тему эволюции. Причиной их появления, вероятно, не будет увеличение численности населения Земли, а иные причины.

Технологию четвертого поколения можно назвать ядерной . Признаки:

1. Разработка аналогичных фотосинтезу искусственных способов ассимиляции ядерной и других видов энергии.

2. Слияние технологий производства пищевых продуктов и фармакологических препаратов, направленное на оптимизацию и индивидуализацию обеспечения человеческого организма необходимыми для жизни веществами.

Технологию пятого поколения можно назвать биотехнологической, чему будет сопутствовать генетическая, химическая, механическая и информационная перестройкой растений, животных и людей. Происходит биороботизация организмов, еще больше индивидуализируется и рационализируется питание, произойдет фундаментальная перестройка образования и социальных функций семьи.

Технологию шестого поколения, уже совсем радикальную и фантастическую, можно назвать информационной. Признаки:

1. Отказ от белкового тела, как носителя жизни, переход в информационное электромагнитное или какое-либо иное физическое поле (по терминологии академика В. Вернадского - в ноосферу [10]), окончательное решение проблемы болезней, начала и конца жизни.

2. Выход жизни с планеты Земля в бесконечное пространство и перемещение в нем со скоростью света, решение проблемы затухающего солнца.

История человечества, как история «формы существования биополимерных тел, способных к саморепликации в условиях постоянного обмена веществ и энергии с окружающей средой» (определение академика В. Гольданского [11]), будет закончена и перейдет к истории существования других разумных систем, способных к саморепликации и неслучайному воздействию на окружающую среду. Эта оптимистическая траектория эволюции может быть изменена многими возможными обстоятельствами, в том числе астрофизическими и политическими.

Список литературы

1. Heinz von Foerster. Doomsday: Friday, November 13, AD 2026, *Science* 132, 1960.- pp. 1291–1295.
2. U.S. Census Bureau (USCB), 2008, "Total Midyear Population for the World: 1950-2050", Data updated 12-15-2008, <http://www.census.gov/ipc/www/idb/worldpop.html>
3. Haub,C., How Many People Have Ever Lived on Earth?, *Population Today*, 1995, February, p. 5.
4. Lotka A.J. On the true rate of natural increase as exemplified by the population of the United States, 1920 (совм. с L. I. Dublin), 'Journal of the American statistical association', 1925, v. 20, № 150
5. Volterra V. Variazione e fluttuazioni del numero d'individui in specie animali conviventi. — Mem. Accad. naz. Lincei. Ser. 6, 1926.
6. Verhulst, P. F., Recherches Mathématiques sur La Loi D'Accroissement de la Population, *Nouveaux Mémoires de l'Académie Royale des Sciences et Belles-Lettres de Bruxelles*, 18, Art. 1, 1-45, 1845
7. Bassham J., Benson A., Calvin M. The path of carbon in photosynthesis // *J Biol Chem*, 1950, №185 (2): 781-7.
8. Стайер Л. Биохимия в 3-х т., т.2. Пер. с англ.- М.: Мир, 1985.-с.312 с.
9. Арет В.А., Арет Г.М. Продовольствие. Общество «Знание», Кемерово.- 1987.-с.40.
10. Философия и методология науки: В. И. Вернадский. Учение о биосфере./П. С. Карако. — Мн.: Экоперспектива, 2007. — 208 с
11. Гольданский В. Возникновение жизни с точки зрения физики.- *Коммунист*, 1986, № 1, с. 87 - 94.
12. Капица С.П., Феноменологическая теория роста населения Земли, "Успехи физических наук",1996, т.166, N1. - с. 63-80.

Earth's population upsurge and food technology evolution

Aret V.A., Aret G.M., Baychenko A.A., Baychenko L.A.
valdurtera@rambler.ru

Saint-Petersburg State University of Refrigeration
& Food Engineering

Various models of global population policy and evolution of food production “know-hows” are considered.

Keywords: Heinz's model, global population, “know-hows” of foodstuff production.