



## 9-Атомная физика

Сачёв Алексей Владимирович,  
Российский Федеральный Ядерный Центр - Всероссийский научно-исследовательский институт теор.  
физики, Научно-исследовательское отделение

**Проблемы глобальной энергетики на рубеже тысячелетий**

Адрес: 456776, Челяб. обл. , г. Снежинск, ул. Забабахина д.42 кв.14

E-Mail: [butthead\\_imp@mail.ru](mailto:butthead_imp@mail.ru) стр. 490

Солдатенков Сергей Александрович, 2 курс  
Новосибирский Государственный Университет, физический

**Новые аспекты классического опыта Франка-Герца**

Научный руководитель: Кожемяченко Сергей Иванович, , , Новосибирский Государственный  
Университет

Адрес: ул. Невельского 73 кв. 49 630121

Телефон: (3832) 41-97-43

E-Mail: [zerega@gorodok.net](mailto:zerega@gorodok.net) стр. 492

**Проблемы глобальной энергетики на рубеже тысячелетий**  
**Сачёв Алексей Владимирович**  
*Аспирантура Снежинской Государственной Физико-Технической*  
*Академии*  
*butthead\_imp@mail.ru*

За последние три десятилетия мировая энергетика испытывала несколько энергетических кризисов (1973 – 1974 г.г., 1979 – 1980 г.г., 2000 г.). Они, в конце концов, заставили рассматривать энергообеспечение как приоритетное направление энергетической политики человечества. Идет неумолимый рост численности населения земного шара, который в 21 веке внес основной вклад в распределение главного энергоресурса (нефти) на душу населения Земли. В связи с этим, нужно внести существенные изменения в рассмотрении нефти, как главного энергоисточника, и потребному темпу замены ее на другие виды источников энергии.

Основываясь на материалах [1] далее показана перспектива энергетического кризиса, в связи с окончанием основного на данный момент энергоресурса – нефти.

Численность людей на Земле достигла 6 млрд. Причем 80% из них живут в развивающихся странах, на долю которых и приходится большая часть прироста населения (Индия, Китай и т.д.).

Наибольший прирост численности населения был в 1963 г. Сейчас ежегодный прирост численности населения мира стабилизировался на уровне 80 млн. чел./год. Согласно последнему прогнозу ООН, численность населения к 2050 г. достигнет 8.9 млрд. человек (ранее предполагалось, что она будет равна 9.4 млрд.). Другие прогнозы дают значения численности от ~ 8 до 10,6 млрд. чел.

Основа социально-экономического развития государства – это производство энергии, до сих пор опирающееся на ископаемые топлива. Сегодня без применения энергии уже невозможно производить пищу, поскольку обеспеченность пашней на душу населения катастрофически падает.

По некоторым данным МИДЭС [2] на сегодняшний день, в мире должно остаться около 120 млрд. тонн нефти, но также существует предположение, что нефти имеется 160 млрд. тонн. Исходя из этих значений, динамика душевых запасов нефти на Земле выглядела до 2000 года, так как представлена на рис. 1.

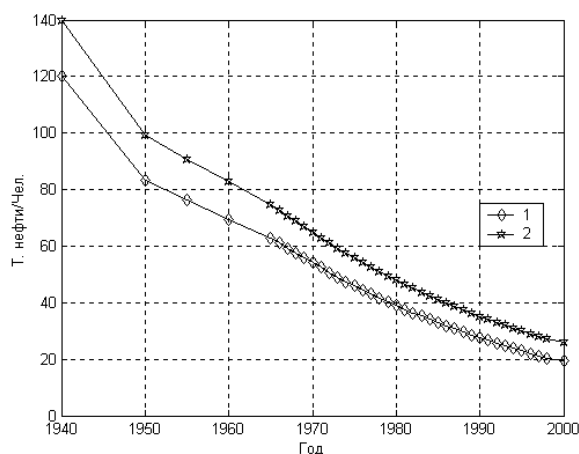


Рис.1 Остаток нефти, приходящейся на душу населения мира, в предположении, что всего было:  
 240 млрд. т. нефти.  
 280 млрд. т. нефти.

В 1940 г. на каждого жителя Земли приходилось 120 или 140 тонн нефти. Вспоминая историю прошлого столетия, нельзя не отметить дату - 1 сентября 1939 г., когда началась Вторая Мировая Война. Одной из главных причин Второй Мировой Войны являлось желание Германии захватить как можно больше нефти. Сегодня, когда ее осталось 20 или 27 т/чел., мы все чаще являемся свидетелями всеобщей борьбы за нефть (например, Ирак, Чечня). На рис.2 показан прогноз уменьшения количества нефти, приходящейся на душу населения мира в ближайшее время (рис.2).

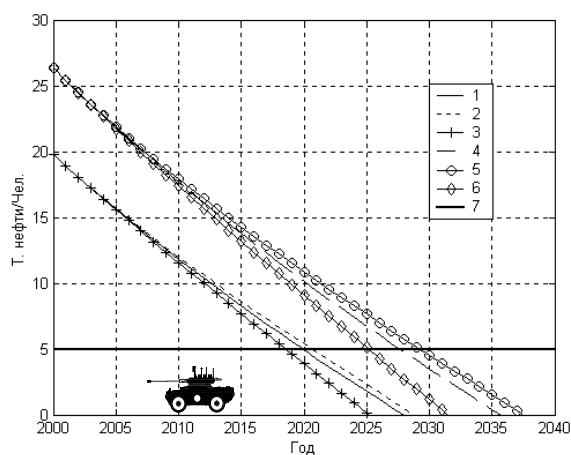


Рис. 2 Прогноз уменьшения количества нефти, приходящейся на душу населения мира, для различных случаев, в предположении, что было:

1. 240 млрд. т. нефти, при постоянном приросте населения 80 млн. чел./год.
2. 240 млрд. т. нефти, при ежегодном уменьшении прироста населения 2.0 млн. чел./год.
3. 240 млрд. т. нефти, при постоянном приросте населения 80 млн. чел./год и увеличении потребления нефти на 0.01 т./чел.год<sup>2</sup>.
4. 280 млрд. т. нефти, при постоянном приросте населения 80 млн. чел./год.
5. 280 млрд. т. нефти, при ежегодном уменьшении прироста населения 2.0 млн. чел./год.
6. 280 млрд. т. нефти, при постоянном приросте населения 80 млн. чел./год и увеличении потребления нефти на 0.01 т./чел.год<sup>2</sup>.
7. Неприкосновенный запас нефти на армию и нефтехимию.

Как можно увидеть с помощью рис. 2, количество нефти закончится при самых “благоприятных” условиях к 2038 году.

Наивно думать, что возможен вариант окончания “века нефти” в 2038 году. Нефть, как топливо кончится намного раньше, когда оставшийся запас (например, 5т/чел.), как изображено на рис. 2 развитые страны сочтут предельно малым. Уже сегодня, идет жестокая борьба за снижение цен на нефть вопреки прогнозам, существовавшим четверть века назад [2]. Нет уверенности, что оставшиеся 20 т/чел. не признаны уже “критическими” основным потребителем (США), расходуя по 4 т/чел. ежегодно. Если Мир признал бы такие “аппетиты” “допустимыми”, то нефть кончилась бы к 2005 или к 2007 году. Но допустить снижение военного резерва ниже потребности для затянутых военных действий на нескольких наметившихся фронтах супердержава не сможет. Поэтому нефть, как топливо, обслуживающее ~ 40% мировой экономики, вряд ли просуществует дольше 2025 года.

Вывод почти очевиден: любой энергоисточник, претендующий на замену нефти (газа в мире не больше, чем нефти) должен “успеть” к внедрению в первой четверти 21 века. Мощность энергоисточника, претендующего на замену нефти оценивается не менее 10 ТВт к 2025 году. Делать ставку на энергоисточники, способные только к “медленному внедрению”, сегодня уже поздно.

Более того, когда нефть будет только средством войны, не станет топлива для сельхозмашин. Замена этого удобного топлива может потребовать на много большей мощности первичной энергии. В частности, все чаще прогнозируется потребность в энергии к 2050 году от 100 ТВт [3] до 200 ТВт [4]. Ядерная энергетика должна бы ориентироваться на эти значения, а не на 5 – 7 ТВт.

Список публикаций:

[1] К.Я. Кондратьев Вестник РАН 2000 г., т. 70, № 9, стр.788 – 796.

[2] Прогнозы МИДЭС, 1975 г.

[3] Г.А. Иванов, Н.П. Волошин, А.С. Ганеев, Б.В. Литвинов и др. «Взрывная дейтериевая энергетика», ВНИИТФ, 1996.

[4] А. Макхиджани, С. Салеска, «Обманы атомной энергии» (предисловие А. Яблокова), Новосибирск, 1999.

## **Новые аспекты классического опыта Франка-Герца**

**Солдатеков Сергей Александрович**

*Романов Александр Леонидович*

*Новосибирский Государственный Университет*

*Кожмяченко Сергей Иванович*

*[zerega@gorodok.net](mailto:zerega@gorodok.net)*

В основу нашего эксперимента был положен классический опыт, проведенный в 1913г. Джеймсом Франком и Густавом Герцем. Этот опыт оказался экспериментальным подтверждением постулатов Бора. Поэтому за него Франку-Герцу в 1925г. была присуждена Нобелевская премия по физике.

В нашей работе исследуется характер столкновений (упругий и неупругий) электронов с атомами аргона в зависимости от энергии электронов. Определяются

резонансный потенциал аргона (соответствует первому возбужденному состоянию) и потенциал ионизации аргона.

Для этих целей используется трехэлектродная лампа, наполненная аргоном при давлении около 1 торр. В лампе наблюдается красивый визуальный эффект – своеобразное "свечение", имеющее интересную чашеобразную форму. Это "свечение", которое Франк и Герц в принципе не могли увидеть, было снято на видеокамеру.

Идея нашего эксперимента состоит в следующем. Исследуя энергию электронов, претерпевших столкновения с атомами, убедиться в том, что электроны могут передавать атомам энергию лишь порциями, равными энергии перехода.

При этом стоит различать упругие столкновения (энергия электрона почти не изменяется), и неупругие (энергия электрона изменяется на величину, равную энергии перехода). Наиболее часто реализуется случай, когда электрон, имея энергию, большую, чем энергия перехода, неупруго сталкивается с атомом, почти останавливается, атом переходит в возбужденное состояние, а затем излучает.

В эксперименте энергия электронов определяется разгоночным потенциалом  $U_{\text{раз}}$ : 0-45В, приложенным в трехэлектродной лампе между катодом (эмиттером электронов) и сеткой. Между сеткой и анодом прикладывается задерживающий потенциал  $U_{\text{зад}}$ : 0-10В. Электрон, имеющий в районе сетки энергию, большую  $U_{\text{зад}}$ , преодолит потенциальный барьер, попадет на анод и внесет вклад в анодный ток. Электрон же, претерпевший в районе сетки неупругое столкновение и потерявший свою энергию, попадет на сетку. Таким образом, анодный ток зависит от характера столкновений электронов, а это зависит в свою очередь от энергии электронов, которая определяется  $U_{\text{раз}}$ . Тогда анодный ток  $I_a$  при фиксированных остальных параметрах (давление, температура накала,  $U_{\text{зад}}$ ) определяется разгоночным потенциалом. Эта зависимость  $I_a(U_{\text{раз}})$  была получена из эксперимента (см. рис1.  $U_{\text{зад}} = 6\text{В}$ ).

Рассмотрим кривую на рис.1. Пока  $U_{\text{раз}}$  не превосходит резонансный потенциал, нигде в лампе не происходят неупругие столкновения. При этом наблюдается обычная для термоэлектронных приборов зависимость  $I_a(U_{\text{раз}})$  – область I. Как только потенциал сетки превысит некоторое значение, не сильно отличающееся от резонансного потенциала, в районе сетки появится область неупругих столкновений, и электроны, столкнувшиеся неупруго и потерявшие при этом почти всю энергию, не преодолеют задерживающий потенциал, вернуться на сетку и не внесут вклада в анодный ток: появится провал тока – область II.

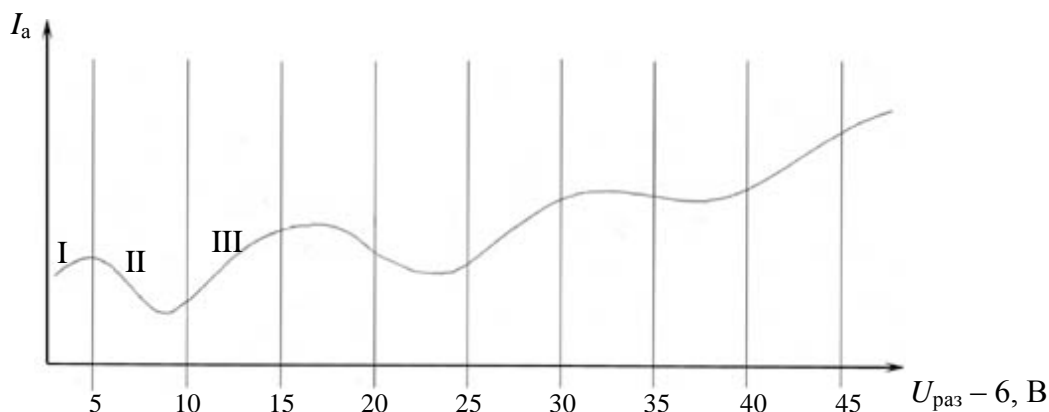


Рис. 1

При дальнейшем повышении ускоряющего потенциала область неупругих столкновений отодвигается от сетки к катоду, и, если на оставшемся до сетки пути электроны смогут набрать энергию, достаточную для преодоления задерживающего потенциала, ток снова начнет расти – область III. Анализ этого графика позволяет найти резонансный потенциал аргона (расстояние между максимумами).

Если увеличить температуру накала катода, а значит и эмиссию электронов, то увеличится число электронов, ионизирующих атомы. Если измерять общий ток  $I = I_a + I_c$  (ток анода + ток сетки) в зависимости от  $U_{раз}$ , то можно определить потенциал ионизации аргона (ионизация проявляется в виде скачка тока на графике  $I(U_{раз})$ ).

В своей работе мы получили следующие результаты:

$$E_1 = 12.6 \pm 1 \text{ В},$$

$$E_{\text{ион}} = 15.9 \pm 0.1 \text{ В},$$

где  $E_1$  – резонансный потенциал,  $E_{\text{ион}}$  – потенциал ионизации. Кроме этого, был рассмотрен визуальный эффект (рис.2), позволяющий судить о геометрии электрического поля в лампе.

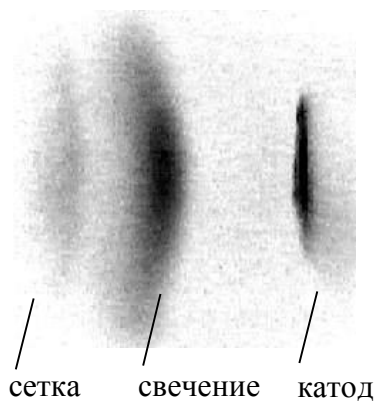


Рис. 2