

## Обзоры

### НЕКОТОРЫЕ НОВЫЕ ПРИЛОЖЕНИЯ ХИМИЧЕСКОЙ КИНЕТИКИ

*Г.Е. Заиков*<sup>1</sup>, *А.А. Пимерзин*<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Институт биохимической физики им. Н.М. Эмануэля Российской академии наук  
Россия, 119334, г. Москва, ул. Косыгина, 4

<sup>2</sup> Самарский государственный технический университет  
Россия, 443100, Самара, ул. Молодогвардейская, 244

E-mail: chembio@sky.chph.ras.ru, Pimerzin@sstu.smr.ru

*Рассмотрены некоторые вопросы применения химической кинетики и химической физики при изучении проблем, стоящих в биологии, медицине и сельском хозяйстве. Особое внимание уделено лечению онкологических заболеваний, старению организма и замедлению процессов старения, влиянию стресса на живые организмы, радиационному поражению и эффекту супермалых доз действия радиации и регуляторов роста на живые организмы.*

**Ключевые слова:** химическая кинетика, биохимическая кинетика, онкологические заболевания, геронтология, стресс, лучевое поражение, супермалые дозы, история, имена.

#### **Предисловие. Вспомним имена основателей этой науки**

Усилиями ученых разных стран за последние 50–60 лет создан новый раздел кинетики – биохимическая кинетика. Это химическая кинетика для нужд биологии. Затем она быстро распространилась на медицину и сельское хозяйство, а также на другие области.

Родоначальниками такой кинетики в нашей стране следует считать лауреата Нобелевской премии академика Николая Николаевича Семенова, бессменного директора института химической физики (ИХФ) Академии наук СССР от момента его создания в 1931 году до 1986 года, и его ученика академика Николая Марковича Эмануэля, именем которого назван институт биохимической физики (ИБХФ) Российской академии наук. Достойный вклад в развитие этой области знания внесли ученики Семенова и Эмануэля: академики Дмитрий Георгиевич Кнорре, Анатолий Леонидович Бучаченко, Лев Арамович Пирузян, Александр Евгеньевич Шилов (он был первым директором ИБХФ им. Н.М. Эмануэля РАН) и Михаил Аркадьевич Островский, члены-корреспонденты Академии наук Илья Васильевич Березин, Иосиф Абрамович Раппопорт, Сергей Дмитриевич Варфоломеев (сейчас он является директором ИБХФ им. Н.М. Эмануэля РАН) и Петр Анатольевич Кирпичников, а также профессора Лев Александрович Блюменфельд, Елена Борисовна Бурлакова, Эдуард Григорьевич Розанцев, Давид Борисович Корман, Людмила Сергеевна Евсеенко, Кира Евгеньевна Круглякова, Лана Пименовна Липчина и многие другие.

---

*Геннадий Ефремович Заиков (д.х.н., проф.), руководитель отдела биологической и химической физики полимеров.*

*Андрей Алексеевич Пимерзин (д.х.н., проф.), заведующий кафедрой «Химическая технология переработки нефти и газа».*

Большой вклад в развитие биохимической кинетики внесли ученые из США – в частности, профессора Мюррей Гудмен (Murrey Goodman) и Илай М. Пирс (Eli M. Pearce) из Бруклинского политехнического университета (Brooklyn Polytechnic University, New York), ученики профессора Германа Марка (Herman Mark), и профессор Гленн Рассел (Glenn Russel) из университета штата Айова (Iowa University, Ames, Iowa); из Канады – профессор Киф Ашервуд Ингольд (Keith Usherwood Ingold) из Национального исследовательского совета Канады (National Research Council of Canada, Ottawa, Ontario); из Великобритании – профессор Норманн Грасси (Norman Grassie) из Университета г. Глазго (Glasgow University, Scotland, UK) и профессор Джералд Скотт (Gerald Scott) из Университета г. Бермингема (Birmingham University, England); из Бельгии – профессор Жорж Гескенс (Georges Gueskens) из Свободного Брюссельского университета (Universite de Libre de Brussel, Belgium); из Португалии – профессор Виктор Мануэл де Матош Лобу (Victor Manuel de Matos Lobo) из Университета г. Коимбра (Coimbra University, Coimbra Portugal); из Швейцарии – доктор Райнер Вольф (Rainer Wolf) из Исследовательского центра фирмы «Сандоз» (Sandoz) в Базеле (Basel, Switzerland); из Италии – профессор Альберто Д’Аморе (Alberto D’Amore) из Второго Неаполитанского университета (The Second Naples University, Salerno, Italy).

В свое время (в 1950–1960-е годы) Николай Николаевич Семенов говорил нам, молодым тогда сотрудникам ИХФ АН СССР, что в человеке (в его теле) нет ничего кроме химических реакций. Несколько позже он эту мысль высказывал более осторожно: «Химические реакции в человеческом теле играют основополагающую роль. Познав механизм всех этих реакций, мы можем ими управлять, а следовательно, управлять человеческим телом (атеистические мысли, и мы их полностью разделяем, Г.Е.З.)».

В любом случае роль химических реакций в живом человеческом теле нельзя принижать (да этого никто из ученых и не делает).

### **Биохимическая кинетика и болезни**

О химической кинетике как о науке было уже сказано в [1]. Там изложены главные основы этой науки. Не будем повторяться и пойдем вперед.

В середине 1950-х гг. Н.М. Эмануэль заинтересовался вопросами природы химических реакций в живых организмах. Особое внимание он уделял окислительным процессам. На основе этих работ он совместно с профессором Ю.Н. Лясковской опубликовал монографию по окислению жиров [2].

В 1956 году именно он ввел термин «биоантиоксидант» (вещество, снижающее скорость окисления жиров и других химических соединений в организме). Теперь это слово известно всем во всем мире и нещадно эксплуатируется в рекламе. Однако уже никто не помнит, что этот термин предложил Николай Маркович Эмануэль [2, 3].

Первым успехом в использовании химической кинетики для биологии и медицины была статистическая обработка историй болезни десятков тысяч больных онкологическими заболеваниями из США и Канады с целью получения кинетических кривых развития этих болезней (эти истории болезни представили больницы из США и Канады по просьбе Н.М. Эмануэля). Выяснилось, в частности, что в случае различных заболеваний крови все кровяные тельца изменяются (по их количеству) по одним и тем же закономерностям во времени для каждого вида рака, если построить кинетические кривые в безразмерных координатах.

Безразмерные координаты – это время накопления данного вида кровяных телец, деленное на конечное (летальное) время (это ось абсцисс), и количество данных кровяных телец в данный момент времени, деленное на исходное (или конечное) количество этих телец (это ось ординат).

Эти кинетические данные позволяли прогнозировать развитие болезни и оценивать роль лекарств в борьбе с различными видами онкологических заболеваний. В статистической обработке результатов историй болезней приняли участие ученики Н.М. Эмануэля: З.К. Майзус, Э.А. Блюмберг, И.П. Скибида, Г.Е. Заиков, Е.Б. Чижов, М.Г. Булыгин и многие другие сотрудники лаборатории Николая Марковича.

Анализ природы химических реакций, происходящих в организме, показал, что там есть радикальные, ионные и молекулярные реакции. В частности, окисление липидов (жиров) в организме идет по радикально-цепному механизму.

Выяснилось, что многие болезни развиваются по радикальному и ион-радикальному механизму (цепному или нецепному), т. е. с участием свободных радикалов. С участием свободных радикалов развиваются онкологические заболевания (рак), происходит старение организма (геронтология), радиационное поражение, фотооблучение (загар), протекает болезнь Альцгеймера, ожоговые поражения, СПИД и многое другое. Фотохимический синтез в зеленом листе обеспечивает развитие жизни на Земле. Там идут радикальные реакции [4–10].

#### **Онкологические заболевания – радикальные процессы**

Можно сказать, что в организме есть «хорошие» и «плохие» свободные радикалы. «Хорошие» занимаются нужным делом (например, после того, как вы поели, они принимают участие в усвоении пищи организмом за счет, в частности, реакций окисления, которые очень похожи на реакции окисления органических соединений *in vitro*). «Плохие» радикалы принимают участие в развитии заболеваний, например онкологических.

«Если это так, – решил Н.М. Эмануэль в 1956 г., – то мы можем воспользоваться уже известными стабилизаторами (например, антиоксидантами) для того, чтобы остановить развитие болезни или полностью его прекратить». В качестве таких антиоксидантов к этому времени уже были известны пространственно-затрудненные фенолы и амины, серо- и фосфорсодержащие соединения. Наиболее простым из таких известных антиоксидантов был 2,6-ди-трет-4-метилфенол (ионол, или в английской транскрипции – ВНТ). Впоследствии медики стали его называть дибунолом. Он к этому времени уже применялся для стабилизации от окислительной порчи жиров и масел, при производстве консервов и лекарственных препаратов для «продления времени надежной эксплуатации».

Выяснилось, что ионол является довольно эффективным противораковым препаратом при различных видах рака крови, легких и мочевого пузыря [4–10].

Николай Маркович собрал вокруг себя большую группу ученых для изучения кинетики и механизма онкологических заболеваний. Это были математики (для кинетических расчетов патологических процессов), физики (для работы на современных приборах по анализу), химики-исследователи (для синтеза противораковых препаратов), биологи (для изучения биохимических процессов при протекании болезней) и медики (для работы с больными). Был создан виварий, а затем и открыта больница для пациентов, где, в частности, проводилась химиотерапия.

Путь внедрения препарата (от химического соединения до лекарства) очень

долгий и занимает не менее 10 лет, т. к. ученым необходимо тщательно проверить, чтобы данное химическое соединение, обладающее противораковой активностью, не имело побочных эффектов, которые могут свести на нет его положительные свойства как лекарства. Испытания проводили на различных животных (мышьях, крысах, морских свинках, собаках и даже обезьянах). Важно, чтобы, пытаясь вылечить человека от онкологического заболевания, мы не погубили его за счет введения достаточно токсичного вещества.

Был даже такой анекдот:

«Вопрос: коммунизм – это наука или искусство?»

Ответ: коммунизм – это искусство. Потому что если бы это была наука, то его (коммунизм) сначала испытали бы на морских свинках».

Создание противораковых препаратов – это наука, т. к. эти препараты очень долго испытывают на животных.

Ионол – это искусственный биоантиоксидант. Но природа сама создала определенное количество биоантиоксидантов. Один из них (достаточно эффективный) – это витамин Е, один из четырех стереоизомеров токоферола. Витамин Е входит в цикл Кребса, а поэтому нетоксичен для человека при его употреблении в умеренных количествах. Его высокая эффективность заключается в том, что в одной молекуле витамина Е есть 4 пространственно-затрудненных фенольных фрагмента, т. е. даже с точки зрения механической модели он должен быть более эффективен, чем ионол, в 4 раза.

Как известно, «профилактика более эффективна, чем лечение». А нельзя ли употреблять биоантиоксиданты «наперед» с тем, чтобы предотвратить возможные онкологические заболевания? Это можно делать (и более того, в аптеках теперь продаются биоантиоксиданты), но эффективность таких действий будет не очень высока, т. к. при пероральном (через рот) приеме биоантиоксидантов они попадают в желудок, где очень кислая среда, и наши лекарства в этой агрессивной среде будут разлагаться, что снижает эффективность их действия. Такие лекарства следует вводить через кровь, однако это не рекомендуется делать самому.

Когда проводят испытания на животных, то эффективность препаратов может быть очень высокой. Животному вводят, например, клетки асцитного рака Эрлиха и потом тут же начинают лечить. Животное выздоравливает. Но когда эти же препараты вводят человеку, то их эффективность не так высока. Это связано с тем, что, как правило, мы узнаем о том, что человек заболел, не в начале процесса заболевания, а где-то в середине его развития. Тогда мы не вылечим человека, а лишь продлим время его жизни.

На рис. 1 представлена зависимость количества раковых клеток в организме ([С]) от времени. Кривая 1 показывает увеличение раковых клеток у больного в том случае, если не было лечения. Кривая имеет S-образный характер, и все кончается летальным исходом. Следует обратить внимание на то, что если человек заболел, то вначале раковые клетки не образуются. Имеется некоторый период индукции в образовании раковых клеток.

На кривой 2 показан процесс лечения. Установлено, что человек заболел и у него в организме начинают образовываться раковые клетки. Он приходит в больницу и ему вкалывают противораковый препарат (например, ионол). Момент введения инъекции показан стрелкой. Человек находится в больнице некоторое время (недели). При этом количество раковых клеток в организме у него снижается (но не до нуля). Потом он идет домой или на работу (это длится меся-

цы), за это время у него опять возрастает количество раковых клеток и он опять возвращается в больницу для введения противоракового препарата. И так повторяется много раз. Как видно из рисунка, при этом нулевой уровень концентрации раковых клеток после принятия лекарства все время растет. Мы продлеваем жизнь пациента, но мы его не вылечиваем.

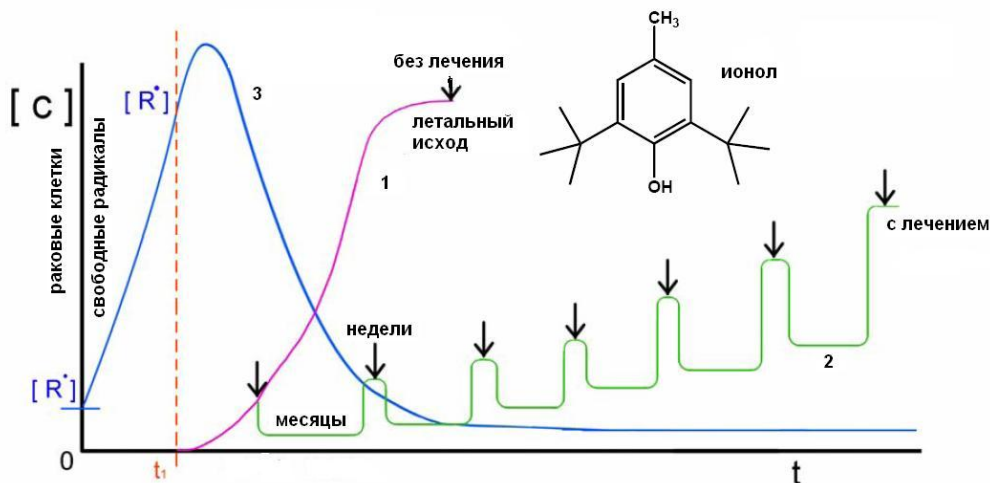


Рис. 1. Зависимость количества раковых клеток в организме ([C]) от времени

Можем ли мы ввести человеку побольше нашего противоракового препарата с тем, чтобы после этих инъекций уровень раковых клеток в организме упал бы до нуля? Нет, не можем. И это потому, что все противораковые препараты имеют определенную токсичность. Их можно вводить, но только в ограниченных количествах. Если ввести много, то человек умрет от токсикоза. В этом и «собака зарыта». Именно поэтому нулевой фон на рис. 1 у кривой 2 все время растет с каждым новым лечением пациента в больнице.

Как увеличить эффективность действия наших препаратов? Для этого нужна ранняя диагностика. Нужно знать о том, что человек заболел, в самом начале заболевания (как это мы знаем в случае подопытных животных, которых мы сами и заражаем), а не на полпути от начала до конца. На рис. 1 представлена зависимость концентрации свободных радикалов в крови человека во времени при заболеваниях раком крови (кривая 3). Свободные радикалы имеются и в том случае, когда человек здоров (см. количество радикалов при  $t = 0$ ). Однако при заболевании количество свободных радикалов возрастает на порядки (в 10, 100 или более раз). По-видимому, в будущем нужно, чтобы в каждой больнице был спектрометр электронного парамагнитного резонанса (ЭПР). При введении одной капли крови в резонатор ЭПР мы можем измерить количество радикалов. Если оно в норме, то человек здоров. Но если оно велико, то необходимо начинать лечение, не дожидаясь появления раковых клеток. По-видимому, всем людям нужно будет ходить в поликлинику один или два раза в год для проверки количества свободных радикалов в крови. На один анализ нужна лишь одна капля крови.

К сожалению, этот метод чувствителен только в том случае, когда будет рак крови, костного мозга, печени, селезенки, т. е. крови или кроветворных органов. Но для диагностирования рака желудка такой метод (следить по количеству свободных радикалов) не будет эффективным.

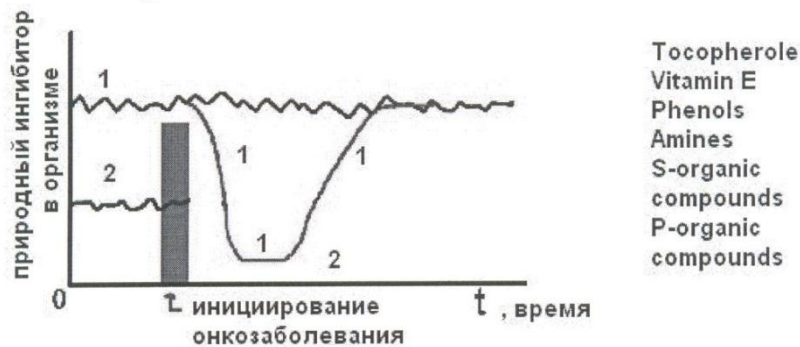
Только ранняя диагностика позволит решить проблему онкологических забо-

леваний, а позднее распознавание рака позволит лишь продлить время жизни пациента. Чем позднее, тем хуже.

Все, что мы рассказали, – это «в идеале». На самом деле на пути внедрения этого метода в практику есть еще ряд препятствий. Некоторые из них мы обсудим ниже.

Один пример. Живут два брата-близнеца. Один из них заболел раком и умер, а второй жив-здоров. Это, в частности, происходит потому, что у каждого человека в организме есть какое-то количество природных антиоксидантов, которые защищают его от онкологических заболеваний (рис. 2). У одного человека этих биоантиоксидантов больше (человек № 1, см. рис. 2), а у другого (человек № 2) – меньше. Если за счет какого-то фактора (вирусов, бактерий или канцерогенных химических веществ) в организме появится определенный уровень «инициирования» онкологического заболевания (на рис. 2 – черный столбик), то у человека, у которого природных антиоксидантов много, хватит защитного барьера, чтобы отразить болезнь. При этом уровень природных антиоксидантов снизится и будет составлять величину, равную разности количества природных ингибиторов, имеющихся до «инициирования», и количества ингибиторов, которые пойдут на борьбу с «иницированием» (на рис. 2 это минимум на кривой 1). Затем количество природных антиоксидантов со временем восстановится. Как видно из рисунка, у второго человека нет достаточного природного барьера, чтобы предотвратить начало онкологического заболевания.

- Anticancer drugs as vitamin E



- Nitrozomethylurea (non-radical chemical drug)

Рис. 2. Зависимость заболеваемости от уровня природных антиоксидантов

Если употреблять биоантиоксиданты из аптеки, как и витамины, то мы можем несколько повысить барьер антиракового сопротивления организма.

Кроме антиоксидантов, в борьбе с онкологическими заболеваниями применяются и другие препараты, механизм действия которых не основан на реакции рекомбинации между «плохим» радикалом и биоантиоксидантом. Таким веществом, в частности, является нитрозометилмочевина. Она легко взаимодействует с «плохими» молекулами и радикалами, ведущими онкологические процессы, и выводит их из строя. Этим самым нитрозометилмочевина позволяет подавить развитие раковых опухолей.

Следует напомнить, что этот препарат был впервые предложен в качестве химического мутагена Иосифом Абрамовичем Раппопортом. Он, стоит об этом

сказать особо, был первым советским воином (командиром батареи), который встретился на Эльбе с американскими солдатами весной 1945 года. За это американцы удостоили его большого ордена. Товарищу Сталину не понравилась фамилия Иосифа Абрамовича, и он «назначил» другого солдата (или офицера), который якобы был первым. Американцы не согласились с решением Иосифа Виссарионовича и продолжают считать, что первым советским воином, которого встретили американцы на Эльбе, был И.А. Раппопорт.

### Старение организма и борьба с ним

Среднестатистическая белая мышка живет на свете два года. Если в течение этих двух лет у нее брать на анализ пробы крови на количество свободных радикалов, то в первый год жизни (рис. 3) это количество будет невелико и постоянно во времени, но на втором году жизни оно начинает возрастать и быстро увеличивается до летального исхода.

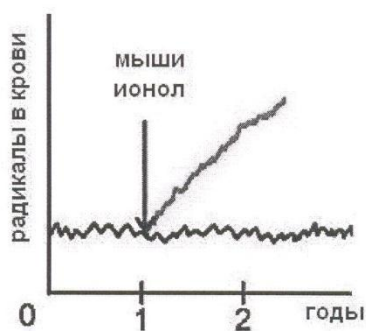


Рис. 3. Динамика содержания свободных радикалов в крови мыши



Рис. 4. Экспериментальные данные по борьбе со старением организма с помощью биоантиоксидантов

А что если мы будем вводить мышке какой-то биоантиоксидант (например, ионол) во время второй половины ее жизни и введем его столько, чтобы количество свободных радикалов в крови было как у молодых особей (не больше и не меньше)? Если это мысленно транспонировать на человека, который живет в среднем 75 лет в развитых странах, то первые 35-40 лет человеку ничего вводить не надо, а во вторые 35-40 лет нужно вводить препарат для контроля содержания свободных радикалов в крови. На самом деле никто и никогда таких экспериментов с человеком не проделывал. Все это наши гипотетические рассуждения.

Хотя, по правде говоря, Киф Ашервуд Ингольд испытывал разрабатываемые им биоантиоксиданты, вводя их себе в кровь. Он до сих пор жив и здоров (родился в 1930 году в городе Лидс, Англия), хотя уже и находится на пенсии (на Западе нельзя работать официально на ставке «до смерти», а только лишь до пенсии, а потом нужно уйти и освободить свою ставку более молодым).

На рис. 4 показаны экспериментальные данные по борьбе со старением организма с помощью биоантиоксидантов. Вы видите контрольные эксперименты (животных поят и кормят, но лекарств не дают). В этих условиях, как и положено, мыши живут два года. В случае введения биоантиоксидантов животные живут в два раза дольше, т. е. до 4 лет. Немного фантазии: если человек живет в среднем 75 лет, то ему можно продлить жизнь до 150 лет.

Ученые считают, что уже 30 % детей, которые рождаются сейчас, доживут до 100 и более лет. И это все за счет достижений медицины за последние годы [4–10].

Николай Маркович Эмануэль доложил вышеизложенные результаты на заседании Президиума Академии наук СССР. Его выступление вызвало восторг слушателей. Особенно это заинтересовало тех старых академиков (от 75 лет и выше), которые недавно развелись со своими старыми женами и женились на студентках и аспирантках.

К сожалению, приведенные результаты относятся к «чистому» эксперименту, когда нет осложняющих факторов, таких, например, как стресс, которые могут полностью испортить всю положительную картину влияния биоантиоксидантов на продолжительность жизни живого организма.

### **Стресс – это очень плохо**

Если взять крысу, посадить ее в клетку, кормить и поить, но создавать ей ряд неудобств (например, громко звонить в звонок, а затем «ударять» крысу электрическим током, и это проделывать каждую минуту в течение длительного времени), то крыса будет находиться под постоянным стрессом. Крыса не любит громких звуков, а электрический ток вызывает у нее боль. Если такой эксперимент проводить без остановки 24 часа, не давая крысе даже спать, а затем вскрыть ей желудок, то весь желудок будет покрыт язвами. Если же эксперимент вести 48 часов, то язва желудка перейдет в рак желудка.

Именно за счет стресса в 1990–2000 годах средняя продолжительность жизни мужчин в России сокращалась до 57 лет. Стресс полностью уничтожил положительный эффект действия биоантиоксидантов.

Таким образом, создание антистрессовых препаратов является первоочередной задачей. В качестве антистрессовых препаратов простой народ употребляет водку и спирт, которые, конечно, обладают определенными антистрессовыми свойствами, но побочные эффекты действия таких, с позволения сказать, антистрессовых препаратов ужасны (разложение мозга, печени, почек и всей жизни человека).

Приведем два исторических примера, когда алкоголь применялся и не применялся в качестве такого препарата.

*Первый пример.* Все знают древнегреческого ученого и философа Платона. Он, судя по имеющимся у нас данным, обожал вышеуказанный антистрессовый препарат. Он собирал своих друзей на «симпозиумы» (тогда так назывались встречи знаменитых людей с серьезной выпивкой), где они как раз и предавались злоупотреблениям. Кстати, день рождения Платона приходился на 7 ноября (думается, что читатель помнит историю СССР и знает, что эта дата необычная). И вот однажды 7 ноября Платон собрал грандиозный симпозиум, посвященный его 81-му дню рождения. Там он принял некоторый избыток антистрессового препарата и к следующему утру ушел из жизни.

*Второй пример.* Это история про Аристотеля (по одной из версий). Аристотель сидел на берегу Эгейского моря на скале, которая называлась Понте Негро (в переводе с греческого – Черное море), и наблюдал странное явление: вода то прибывала, то убывала. Он пытался разгадать причину изменения уровня моря (ясно, что это был прилив и отлив за счет притяжения Луны) в течение нескольких недель. К сожалению, никаких мыслей по поводу разгадки этого явления к нему не приходило. Он так расстроился оттого, что не мог объяснить это явление



(стресс!), что прыгнул со скалы в море и утонул.

Итак, биоантиоксиданты крайне полезны, но без решения проблем по созданию новых и высокоэффективных антистрессовых препаратов человечеству не обойтись. Радикальные реакции играют определенную роль и при развитии стресса в организме. Но их роль пока до конца не совсем ясна. Интересно, что если кто-то ударит себя молотком по пальцу (конечно же, нечаянно), то в месте синяка и покраснения немедленно появится значительное количество свободных радикалов. То же самое случится и в случае пореза.

### Эффект супермалых доз радиации и регуляторов роста

Не все у нас знают, но это стоит знать: взрыв на Чернобыльской атомной электростанции по влиянию радиации (не по действию ударной волны!) равен по эффекту 500 атомным бомбам, сброшенным американцами в 1945 году на японские города Хиросиму и Нагасаки.

Тогда существовали определенные нормы по действию радиации на организм, и если интенсивность радиационного фона была меньше установленного учеными уровня, то считалось, что никакой опасности нет. Но если интенсивность была больше, то считалось, что находиться в этом месте опасно для жизни. В соответствии с этими нормами население вокруг атомной станции было отселено (рис. 5), но те, кто жил дальше от эпицентра, продолжали там жить. Считалось, что это неопасно.

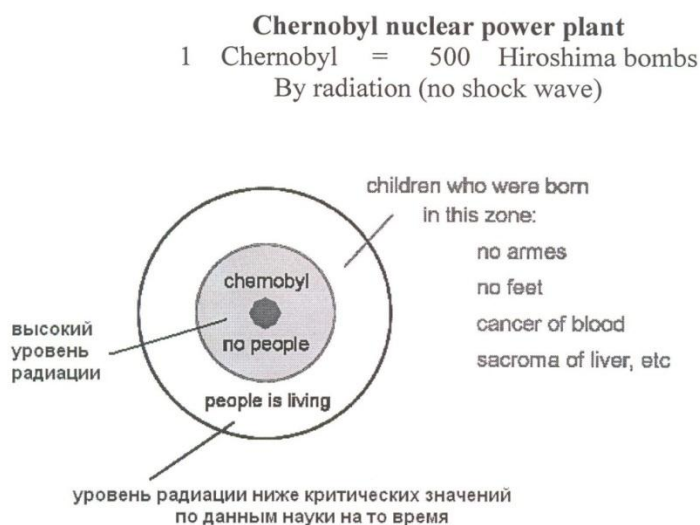


Рис. 5. Схема радиационного поражения (по Е.Б. Бурлаковой)

Прошли годы, и стало ясно, что у людей, которые жили вокруг Чернобыля «в допустимых местах», рождаются больные дети. У одних была болезнь Дауна, другие были без рук или без ног, а некоторые от рождения болели раком крови или костного мозга.

Исследовательские работы по изучению влияния супермалых доз радиации на организм животных и человека возглавила в нашей стране ученица Н.М. Эмануэля профессор Елена Борисовна Бурлакова (она же является главным редактором академического журнала «Радиобиология»).

Теперь этой проблемой в нашей стране занимаются не менее 100 ученых в нескольких исследовательских центрах. Выяснилось, что малые дозы регулято-

ров роста (пестициды, гербициды, акорициды и др.) очень эффективны по воздействию на организмы. На рис. 6 показано, что при использовании 2 кг гербицидов (веществ, подавляющих рост сорняков) фирмы Дю Понт де Немур (США) на гектар посевов мы получаем нужный и хороший эффект. Ясно, что если вместо 2 кг мы возьмем 1 кг, то эффект борьбы с сорняками будет в два раза меньше, а если мы возьмем 100 г, то эффект снизится до 5 % от нормы.

Никому и никогда не приходило в голову изучать биологическое воздействие регуляторов роста при дальнейшем разбавлении, т. к. считалось, что никакого влияния не будет. Теперь же выяснилось, что если разбавить эти гербициды в 1000 раз (а иногда и в миллион раз), то (как правило, в присутствии биоантиоксидантов) мы получаем такие же эффекты, что и от норм, которые были рекомендованы американской фирмой (см. рис. 6).

Ясно, что если это так (а это действительно так), то мы экономим реактивы и получаем нужный нам результат и при этом заботимся об охране окружающей среды от загрязнений химическими соединениями.

Институт биохимической физики регулярно проводит всероссийские конференции с привлечением иностранных ученых по влиянию супермалых доз радиации и регуляторов роста на растения и животных. Все это напоминает гомеопатические методы лечения пациентов супермалыми дозами различных веществ. К сожалению, пока нет разумных объяснений влияния супермалых доз, хотя уже никто не сомневается в этом эффекте. Уже опубликовано несколько сотен научных работ, где это показано на самых различных примерах.

На одной из таких конференций (по приглашению председателя оргкомитета профессора Е.Б. Бурлаковой) присутствовал канадский ученый профессор Киф Ашервуд Ингольд. Он, в частности, обсуждал механизм эффекта супермалых доз с Г.Е. Заиковым. Он сказал: «Когда мы так сильно разбавляем регуляторы роста, то мы переходим от науки к религии». Пока никто не может объяснить эффект таких малых концентраций веществ и радиационного облучения. Однако нет сомнений в том, что такое объяснение ученые найдут.

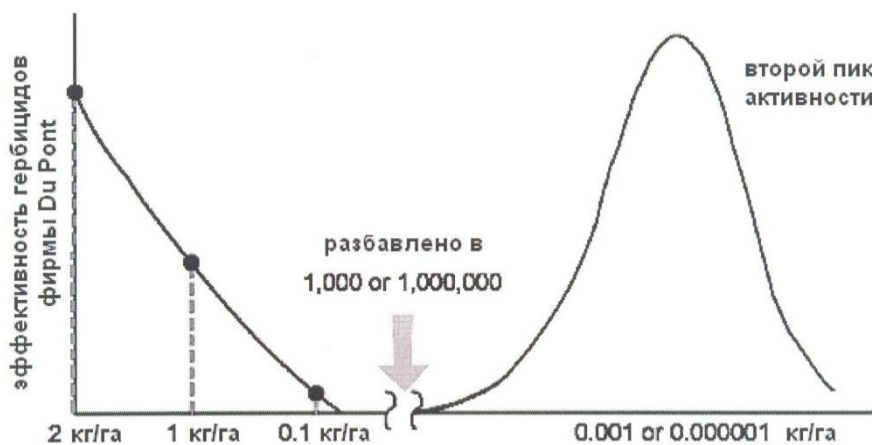


Рис. 6. Влияние сверхмалых доз регуляторов роста

Может так случиться (это пока научные домыслы автора статьи), что придется «переписать» заново химию токсичных веществ. Какое-то вещество при определенных концентрациях нетоксично, а если мы его сильно разбавим, то оно может стать токсичным.

## Заключение

Мы рассмотрели лишь некоторые аспекты применения химической кинетики (науки, которая изучает механизм реакций) в биологии, медицине и сельском хозяйстве. Был сделан краткий исторический обзор, рассмотрен механизм ряда заболеваний (в частности, онкологических), механизм старения организмов и возможности задержки процесса старения, роль стрессов в жизни человека и животных (стресс влияет и на растения) и эффект супермалых доз регуляторов роста растений и лучевого поражения на живые организмы. Показано, что многие вопросы пока не решены, но видно направление того пути, по которому необходимо двигаться. Роль свободных радикалов в норме и в патологии очень велика.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Заиков Г.Е. Химическая кинетика. Теория и практика. – 2012.
2. Эмануэль Н.М., Ляковская Ю.Н. Торможение процессов окисления жиров. – М.: Пищепромиздат, 1961. – 359 с.
3. Эмануэль Н.М., Кнорре Д.Г. Курс химической кинетики (гомогенные реакции). – М.: Высш. шк., 1962. – 414 с.
4. Эмануэль Н.М., Евсеенко Л.С. Количественные основы клинической онкологии. – М.: Медицина, 1970. – 264 с.
5. Эмануэль Н.М. Некоторые молекулярные механизмы и перспективы профилактики старения // Изв. АН СССР. Сер. Биология. – 1975. – № 4. – С. 503-511.
6. Эмануэль Н.М. Кинетика экспериментальных опухолевых процессов. – М.: Наука, 1977. – 416 с.
7. Эмануэль Н.М. Классификация противоопухолевых соединений по принципу химической реакционной способности // Экспериментальная онкология. – 1980. – Т. 2. – № 3. – С. 3-8.
8. Эмануэль Н.М. Химическая и биологическая кинетика // Успехи химии. – 1981. – Т. 50. – Вып. 10. – С. 1721-1809.
9. Эмануэль Н.М. Биофизические аспекты действия физических и химических факторов на живые организмы. Защитные свойства антиоксидантов // Биофизика. – 1984. – Т. 29. – Вып. 4. – С. 706-719.
10. Эмануэль Н.М., Заиков Г.Е., Крицман В.А. Химическая кинетика: исторический аспект. – М.: Наука, 1986. – 288 с.

*Статья поступила в редакцию 20 января 2015 г.*

## CHEMICAL KINETICS IN BIOLOGY, MEDICINE AND AGRICULTURE. SOME EXAMPLES

**G.E. Zaikov<sup>1</sup>, A.A. Pimerzin<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> N.M. Emanuel Institute of Biochemical Physics,  
4, Kosygin st., Moscow, 119334, Russian Federation

<sup>2</sup> Samara State Technical University  
244, Molodogvardeyskaya st., Samara, 443100, Russian Federation

*This paper has information about application of chemical kinetics for some problems in biology, medicine and agriculture. The article is included the information about cancer and antitumor preparations, radiation damage (Chernobyl nuclear power plant), gerontology (how we can live longer), stress, effect of superfine doses (plant growth regulators – pesticides and their efficiency), regulators of growth (pesticides) and toxicity of chemical compounds.*

**Keywords:** *chemical kinetics, biochemical kinetics, oncology, gerontology, stress, radiation, super low doses, history, the names of scientists.*

---

*Gennady E. Zaikov (Dr. Sci. (Chem.)), Head of Department.  
Andrey A. Pimerzin (Dr. Sci. (Chem.)), Professor.*