

УДК 628.518:539.6

Ф.И. Касимова, В.К. Стефаненко

К ВОПРОСУ ОБ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИИ ПРИ ВОДОПОДГОТОВКЕ

Обсуждаются проблемы энергосбережения в технологии водоподготовки, предлагается стерилизация воды ультрафиолетовым облучением.

Вода; ультрафиолетовые лучи; стерилизация; энергосбережение.

F.I. Kasimov, V.K. Stefanenko

ON THE ENERGY CONSUMPTION IN WATER TREATMENT

We discuss the problem of energy saving in water treatment technologies, proposed sterilization of water by ultraviolet irradiation.

Water; ultraviolet rays; sterilization; energy saving.

Диапазон электромагнитных излучений условно можно разделить на излучения с длинами волн $\lambda > 1,0$ мм – радиоволны, 1 мкм $\leq \lambda \leq$ мм – инфракрасные излучения (**ИКИ**), 1 нм $\leq \lambda \leq 1$ мкм – ультрафиолетовые излучения (**УФИ**), а излучения с $\lambda < 1$ нм – рентгеновские и гамма излучения.

Излучения с $\lambda > 1,0$ мм на живые организмы существенно заметного влияния не оказывают, **ИКИ** оказывает поверхностное тепловое воздействие, **УФИ** оказывают в основном поверхностное воздействие на клеточном уровне, а излучения с $\lambda < 1,0$ нм воздействуют на клеточном уровне, проникая на значительную глубину тел. [1].

Так как излучения с $\lambda < 1$ нм, за счет значительной проникающей способности, обладают высокой эффективностью, их применение в биотехнологии связано со значительным риском, нежелательно, в том числе для обеззараживания (*стерилизации*) воды, и опасно. [2].

При действии **УФИ** на живые организмы энергия поглощается верхними слоями тканей растений или кожи человека и животных. В основе биологического действия излучений указанного диапазона лежат химические изменения молекул биополимеров. Эти изменения вызываются как непосредственным поглощением ими квантов излучения, так и (в меньшей степени) образующимися при облучении радикалами воды и др. низкомолекулярных соединений.

На человека и животных малые дозы **УФИ** с $200 \leq \lambda \leq 300$ нм оказывают благотворное действие – способствуют образованию витаминов группы **D**, улучшают иммунобиологические свойства организма. Так, облучения с $\lambda = 296,7$ нм и $\lambda = 253,7$ нм приводят к защитной пигментации кожи (*загару*). Большие дозы **УФИ** могут вызывать повреждения глаз (*фотоофтальмию*) и ожог кожи. Частые и чрезмерные дозы **УФИ** оказывают канцерогенное действие на кожу. [3].

В растениях **УФИ** изменяют активность ферментов и гормонов, влияют на синтез пигментов, интенсивность фотосинтеза и фотопериодических реакций. Небольшие дозы **УФИ** полезны для прорастания семян, развития проростков и нормальной жизнедеятельности высших растений. Большие дозы **УФИ** неблагоприятны для растений [4].

На микроорганизмы и культивируемые клетки высших животных и растений **УФИ** оказывают губительное и мутантное действие (максимум эффективности **УФИ** с $\lambda = 240 \div 280$ нм). Обычно спектр летального и мутагенного действия **УФИ**

примерно совпадает со спектром поглощения нуклеиновых кислот – ДНК и РНК (рис. 1), в некоторых случаях спектр биологического действия близок к спектру поглощения белков (см. рис. 2).

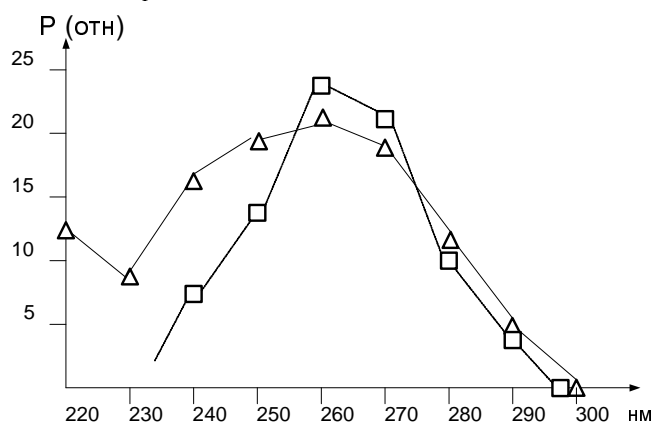


Рис. 1. Спектры: □ – действия излучений на пыльцевые зерна амброзии и Δ – поглощения нуклеиновых кислот

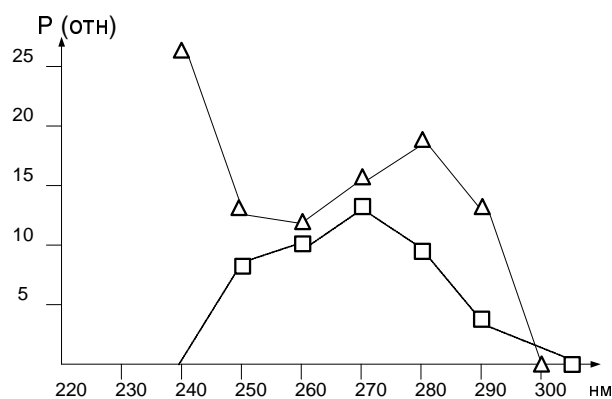


Рис. 2. Спектры: □ – иммобилизации парамеций и Δ – поглощения альбумина

Основная роль в действии **УФИ** на клетки принадлежит, по-видимому, химическим изменениям **ДНК**: входящие в её состав пиримидиновые основания (гл. образом *тимин*) при поглощении квантов **УФИ** образуют димеры, которые препятствуют нормальному удвоению (*репликации*) **ДНК** при подготовке к делению. Это может приводить к гибели клеток или изменению их наследственных свойств (*мутациям*). Определенное значение в летальном действии **УФИ** на клетки имеет также повреждение биологических мембран и нарушение синтеза различных компонентов мембран и клеточной оболочки. Большинство еще живых клеток от повреждений **УФИ** сохраняют способность к репарации, но такая способность обратно пропорциональна дозе облучения [3].

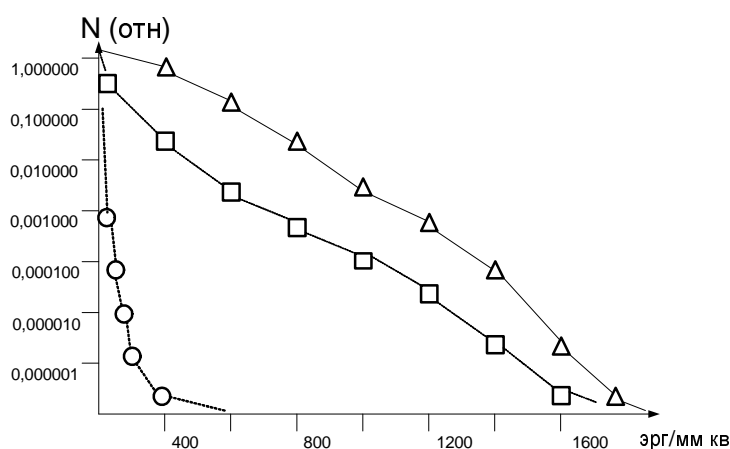


Рис. 3. Зависимость выживаемости бактерий от дозы излучения: Δ – кишечная палочка и □, ○ – её мутанты, $\lambda=255$ нм

По чувствительности к **УФИ** биологические объекты сильно различаются, так доза **УФИ**, вызывающая гибель 90 % клеток, для разных штаммов кишечной палочки (см. рис. 3), а для бактерий *Micrococcus radiodurans* (см. рис. 4).

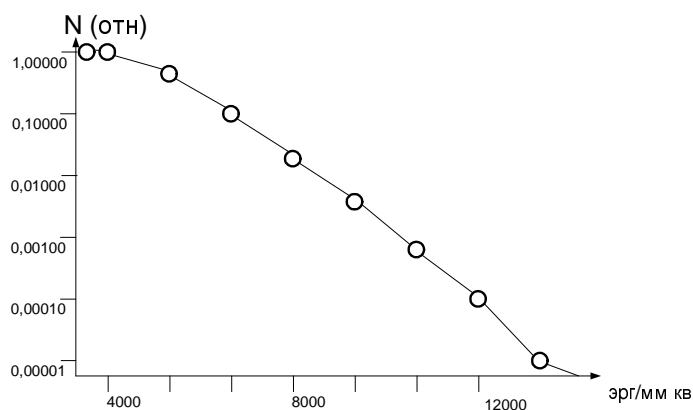


Рис. 4. Зависимость выживаемости бактерий *Micrococcus radiodurans* от дозы излучения, $\lambda=265$ нм

Чувствительность клеток к **УФИ** в значительной степени зависит и от их физиологического состояния и условий культивирования до и после облучения (температура, состав питательной среды и др.). Значительно влияют на чувствительность клеток к **УФИ** мутации некоторых генов. Так у бактерий и дрожжей известно около 20 генов, мутации которых повышают чувствительность к **УФИ**. В ряде случаев такие гены ответственны за восстановление клеток от лучевых повреждений. Мутации других генов нарушают синтез и строение клеточных мембран, тем самым повышая радиационную чувствительность негенетических компонентов клетки.

Мутации, повышающие чувствительность клеток к **УФИ**, известны и у высших организмов, в том числе у человека, так наследственное заболевание – пиг-

ментная ксеродерма обусловлено мутациями генов, контролирующих темновую репарации.

Генетические последствия облучения **УФИ** пыльцы высших растений, а также микроорганизмов выражаются в повышении частот мутирования генов, хромосом и плазмид. Частота мутирования отдельных генов, при действии высоких доз **УФИ**, может повышаться в тысячи раз по сравнению с естественным уровнем. В отличие от генетического действия ионизирующих излучений, мутации генов под влиянием **УФИ** возникают относительно чаще, чем мутации хромосом.

Благодаря сильному летальному и мутагенному эффекту **УФИ** на микроорганизмы обеспечивается стерилизация поверхности веществ, в том числе воды для пищевых целей. Известны технические средства стерилизации на базе бактерицидных, ртутно-кварцевых, эритемно-увиолевых источников **УФИ**, но эти источники, при значительной мощности, обладают рядом недостатков: питание от источника тока в несколько сот вольт, что влечет повышенную электроопасность, низкий к.п.д., что объяснимо широким спектром их излучения, при этом значительная часть энергии расходуется на тепловые потери [2].

Альтернативным вариантом выше перечисленным источникам **УФИ** являются светодиоды с узкими спектрами **УФИ**. Электронный стерилизатор воды с полупроводниковым источником **УФИ** (рис. 5 и рис. 6), содержит корпус (**К**), выполненный из прозрачного в диапазоне **УФИ** с $200 < \lambda < 300$ нм материала (кварцевого стекла или пластика) в виде полого объема с переменным сечением, для вихревого потока воды, и дросселем (**Др**) на выходе, генератор электрических колебаний (**ГК**), источники **УФИ** (**ИУФИ**) – светодиод (ы) с $200 < \lambda < 300$ нм и ультразвукового излучения (**ИУЗИ**) – пьезоэлемент (ы) и датчик (**Д**) давления жидкости во внутреннем объеме стерилизатора [5].

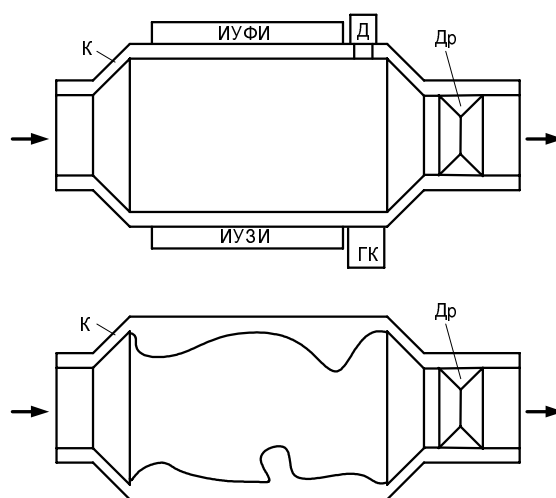


Рис. 5. Стерилизатор воды, конструкция

В этом стерилизаторе, при пропуске воды через его объем, срабатывает **Д**, подключая **ИУФИ**, а через **ГИ** и **ИУЗИ** к источнику питания, вода подвергается облучению **УФИ** и **УЗИ**, перемешиванию переменным сечением **К** и **УЗИ**. В процессе облучения воды **УФИ**, бактерицидные свойства которого стимулируют клеточный обмен и особенно активно воздействуют на ферментные системы бактериальной клетки, уничтожаются микроорганизмы. **УФИ** уничтожают не

только вегетативные, но и споровые формы бактерий и не изменяют органолептических свойств воды. Кроме того, под действием **УФИ** молекулы растворенного в воде кислорода разлагаются на атомарный кислород, разрушающий ферментные системы микробных клеток и окисляющий некоторые соединения, придающие воде неприятный запах (например, гуминовые основания). Дополнительное воздействие **УЗИ** на воду и микроорганизмы в ней ведет к интенсификации распада молекул кислорода на атомарный кислород, а, главное, к – перемешиванию внутриклеточных структур. Кавитация приводит к разрыву молекулярных связей в биополимерах и др. жизненно важных соединениях, к повышению проницаемости биологических мембран, в результате чего происходит ускорение процессов обмена веществ из-за диффузии, и к развитию окислительно-восстановительных реакций.

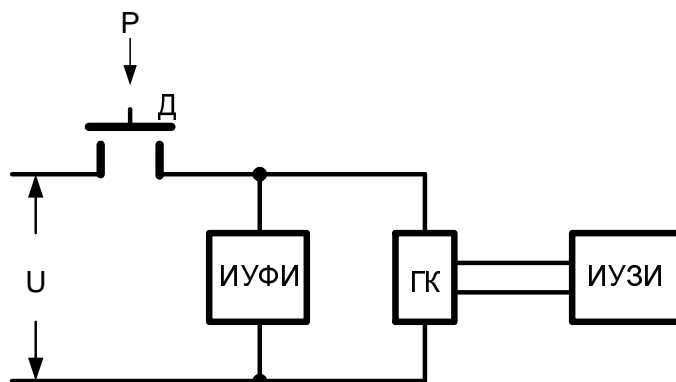


Рис. 6. Стерилизатор воды, схема электрическая функциональная

В результате совместного воздействия **УЗИ** и **УФИ**, при минимизации материальных и энергетических затрат, прекращается жизнедеятельность микроорганизмов, а стерилизованная вода, без неприятных запаха и вкуса, приемлема для применения по назначению. В силу незначительного напряжения питания ($U=5\div 10$ В) стерилизатора, его эксплуатация не связана с риском поражения электрическим током, а в силу ограниченных до безопасного диапазона длин волн и мощности излучений опасность поражения человека радиационным излучением минимизирована, и в совокупности представляется возможным эксплуатация стерилизатора воды в быту – на кухне, на природе, в походе.

Целесообразность применения светодиодов с **УФИ**, из энергетических соображений, вытекает из рассмотрения зависимости испускательной способности абсолютно черного тела, ртутно-кварцевой лампы и **УФ** диода по рис. 7. В частности, на область **УФИ**, с длинами волн 350-450 мкм, что оптимально для угнетения микроорганизмов, в излучениях абсолютно черного тела приходится $\approx(1\div 2)$ % энергии излучения, в излучениях ртутно-кварцевых и увиолевых ламп – $\approx(3\div 5)$ %, а в излучениях **УФ** диода – $\approx(80\div 90)$ %.

Электронный стерилизатор воды, по рис. 5 и 6, – альтернативный вариант химической стерилизации воды, например хлорной известью, но в силу безвредности для организма человека последствий **УФ** и **УЗ** облучения воды, более приемлем, т.к. не насыщает её химическими веществами, не ухудшает ни запаха, ни вкуса воды.

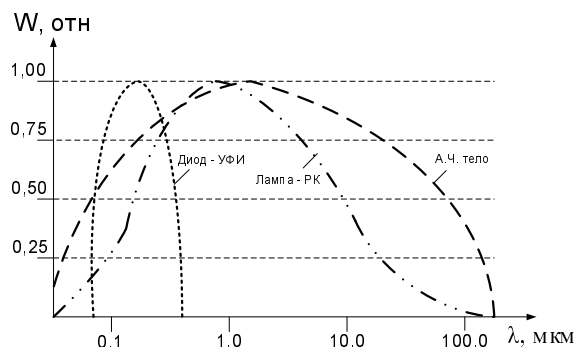


Рис. 7. Распределение мощности по спектру излучений абсолютно черного тела, ртутно-кварцевой лампы и светодиода УФФИ

Результаты эксперимента со стерилизатором воды на базе светодиодов с **УФИ**: технические – напряжение питания $U \approx 5 \div 10$ В; коэффициент полезного действия ≥ 95 %; электробезопасность = 100 %; автономность и возможность применения в походных условиях (с питанием от аккумуляторной батареи транспортного средства) = 100 %; а биологические – летальный исход 90 % микроорганизмов при дозах $8 \div 12 \cdot 10^3$ эрг/мм³.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Арбузова Н.А., Рябченко В.А., Гольдин В.А., Мендельсон Э.Л. К оценке эффективности обеззараживания сточных вод радиационным методом // Гигиена и санитария, 1976. – № 5. – С. 103-105.
2. Москалев Ю.И., Журавлев В.Ф. Уровни риска при различных условиях лучевого воздействия. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 108 с.
3. Гольдин В.А., Чистов Е.Д. Установки и аппараты радиационной технологии. – М., 1985. – 184 с.
4. Кононов В.М., Носовец А.Ф. Теория микронизации зерновых воздействием СВЧ энергии // Вопросы специальной радиоэлектроники. Т. 1. – Таганрог: ТННИС, 2003. – С. 46-50.
5. Скубилин М.Д., Письменов А.В., Скубилин И.М., Письменова А.А. Устройство для стерилизации питьевой воды // Патент RU 2229444, C02F 1/32, C02F 103/02, бюл. № 15, 27.05.2004.
6. Скубилин М.Д., Кулиева Г.А., Hartvelt A. Ауыз су тұтынууды есептеуге арналған құрылғы // Патент KZ 13186 A, G01F 3/00, G01F 17/00, 157:00, бюл. № 6, 2003.
7. Скубилин М.Д., Письменов А.В., Овчаров А.А. Устройство для регулирования водопотребления // Патент RU 2218558 C2, G01F 3/00, G06F 17/00, бюл. № 34, 2003.
8. Скубилин М.Д., Письменова А.А., Скубилин И.М., Письменов А.В. Ауыз суды стерилизациялауға арналған құрылғы // Патент KZ 14908 A, C01F 1/32, A23L 3/28, бюл. № 10, 2004.
9. Скубилин М.Д., Стефаненко В.В., Стефаненко В.К. Пристрій для диференційного обліку витрати питної води // Патент UA 64393 A, F22D 5/00, бюл. № 2, 2004.
10. Скубилин М.Д., Чердниченко Д.И., Стефаненко В.К., Письменов А.В., Касьяненко А.А. Стерилизатор воды // Патент BY 2720 U, A23L 3/28, 2006.

Стефаненко Виталий Кузьмич

Национальный транспортный университет.
E-mail: stevik@bigmir.net.
01010, Украина, г. Киев, Суворова 1.
Тел.: +380444529784.

Stefanenko Vitaly Kuzmitch

National Transport University.

E-mail: stevik@bigmir.net.
1, Suvorova streete, Kiev, 01010, UA.
Phone: +380444529784.

Касимова Фанна Ибрагим
Национальная Академия Авиации Азербайджана.
E-mail: fredkasimi@mail.ru
370010, Азербайджан, г. Баку, пр. Азадлыг, 20.
Тел: 0505840901.

Kasimova Faina Ibragim kizi
National Academy of Aviation Azerbaijan.
E-mail: fredkasimi@mail.ru.
20, Azadlik, Baku, 370010, Azarbejan.
Phone: 0505840901.

УДК 71-57

В.А. Костюков, И.О. Феклистов

**ЧИСЛЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ
ХАРАКТЕРИСТИК МОДЕЛИ САМОЛЕТА ЯК-54**

Приводятся результаты численного исследования аэродинамики мини-самолета Як-54. Обосновывается необходимость точного расчета аэродинамических коэффициентов для построения адекватной математической модели этого самолета.

Математическая модель динамики твердого тела; аэродинамические коэффициенты; управление подвижным объектом.

V.A. Kostykov, I.O. Feklistov

NUMERICAL DETERMINATION OF AERODYNAMIC CHARACTERISTICS

The results of numerical study of aerodynamics mini Yak-54. Substantiates the need for accurate calculation of the aerodynamic coefficients for the construction of adequate mathematical model of this aircraft.

Mathematical model of rigid body dynamics; aerodynamic coefficients; control a moving object.

1. Математическая модель мини-самолета Як-54 как объекта управления. Управление беспилотными летательными аппаратами требует, как показано в работе [1], точного определения аэродинамических характеристик объекта управления. В связи с этим численное исследование аэродинамики модели самолета Як-54 представляет значительный интерес.

Основой для изучения динамических свойств самолета служит его математическая модель. Математическая модель мини-самолета может быть представлена следующими дифференциальными уравнениями в матричном виде [1]:

$$\begin{cases} \frac{d\bar{X}}{dt} = [M]^{-1} (\bar{F}_e + \bar{F}_{\text{dim}} + \bar{F}_{\text{ynp}}) \\ \frac{d\bar{Y}}{dt} = [A]\bar{X}, \\ \frac{d\bar{\delta}}{dt} = [K]\bar{U}, \end{cases} \quad (1)$$