

сти почв способствует увеличению запаса миграционноактивных форм урана в почвах. В целом, миграционная способность урана в почвенной среде зависит от соотношения в органическом веществе почв подвижных и малоподвижных компонентов, образующих соединения с ураном. Показано, что в условиях полного водонасыщения миграционная способность урана в дерново-подзолистых песчаных почвах заметно выше, чем в аллювиальных дерновых суглинистых, торфяных и торфяно-болотных почвах. Об этом свидетельствуют более высокие коэффициенты распределения урана между твердой фазой и поровой влагой водонасыщенных песчаных почв.

Литература

1. *Tutaeva H. A.* Ядерная геохимия. М.: Изд-во МГУ. 2000. С. 336.
2. *Garshasbi H, Karimi Diba J., Jahanbakhshian M.H.* Measurements of natural uranium concentration in Caspian Sea and Persian Gulf water by laser fluorimetric method // *Uran. J. Radiat. Res.* 2005. 3(3). С. 157–164.
3. *Овсянникова С.В., Соколик Г.А., Эйсмонт Е.А. и др.* Почвенные растворы в процессах миграции ^{137}Cs , ^{90}Sr , $^{239,240}\text{Pu}$ и ^{241}Am // *Геохимия.* 2000. №2. С. 222–234.
4. ГОСТ 11306-83. Торф и продукты его переработки. Методы определения зольности. М. 1995.
5. ГОСТ 26483-85 – ГОСТ 26490-85. Почвы. М. 1995.
6. *Орлов Д.С.* Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации. М. 1990. С. 335.
7. *Соколик Г. А., Овсянникова С. В., Войникова Е. В. и др.* Радионуклиды радия и урана в почвах Беларуси // *Литосфера.* 2010. № 1 (32). С. 128–134.
8. *Шагалова, Э.Д.* Содержание ^{238}U в почвах Беларуси. // *Почвоведение.* 1986. № 2. С. 140–145.
9. *Анисова Ж.М.* Природные изотопы урана в почвах и растениях сосновых лесов Минской возвышенности. Мн.: Белорусская наука. 2008. С. 162.
10. Influence of humic acids on the migration behavior of radioactive and nonradioactive substances under conditions close to nature. // *FZKA 6557.* Karlsruhe. 2000. P. 121.

ВЛИЯНИЕ ВИТАМИНОВ ГРУППЫ В НА РАДИАЦИОННО-ИНДУЦИРОВАННОЕ ДЕФОСФОРИЛИРОВАНИЕ А-ГЛИЦЕРОФОСФАТА В ДЕАЭРИРОВАННЫХ ВОДНЫХ РАСТВОРАХ

Р. Л. Свердлов, С. Д. Бринкевич

ВВЕДЕНИЕ

Свободнорадикальные процессы повреждения фосфорорганических соединений играют ключевую роль в развитии радиобиологических последствий воздействия ионизирующего излучения на организм человека. В работе [1] было показано, что в результате свободнорадикальной

фрагментации фосфолипидов, протекающей через стадию деструкции α -гидроксилсодержащих углерод-центрированных радикалов (α -ГУР), образуются фосфатидные кислоты, регулирующие пролиферацию клеток.

На кафедре радиационной химии и химико-фармацевтических технологий Белгосуниверситета было установлено, что витамины группы В способны ингибировать свободнорадикальные процессы с участием α -ГУР – дегидратацию α -диола и реакции разрыва О-гликозидной связи дисахаридов [2-3]. Поэтому настоящая работа посвящена изучению способности витаминов группы В подавлять радиационно-индуцированное дефосфорилирование α -глицерофосфата (α -ГФ) в деаэрированных водных растворах.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

В работе без предварительной очистки использовались динатриевая соль α -ГФ чистотой 90 % (Fluka), рибофлавин (B_2), никотинамид (B_3), пиридоксин (B_6) и пиридоксальфосфат (PPh) чистотой не менее 98 % (Sigma). Структурные формулы, использованных в работе витаминов, представлены на рис. 1.

Приготовление растворов осуществлялось по методике, описанной в работе [4]. Концентрации тестируемых соединений составляли 10^{-3} моль/литр ($2 \cdot 10^{-4}$ моль/литр для B_2). Концентрацию α -ГФ варьировали в диапазоне $10^{-3} - 10^{-1}$ моль/литр. Облучение растворов осуществляли γ -квантами изотопа ^{60}Co на установке МРХ- γ -25М. Мощность дозы – $0,43 \pm 0,005$ Гр/с. Диапазон поглощенных доз составлял 0,1 – 1,9 кГр.

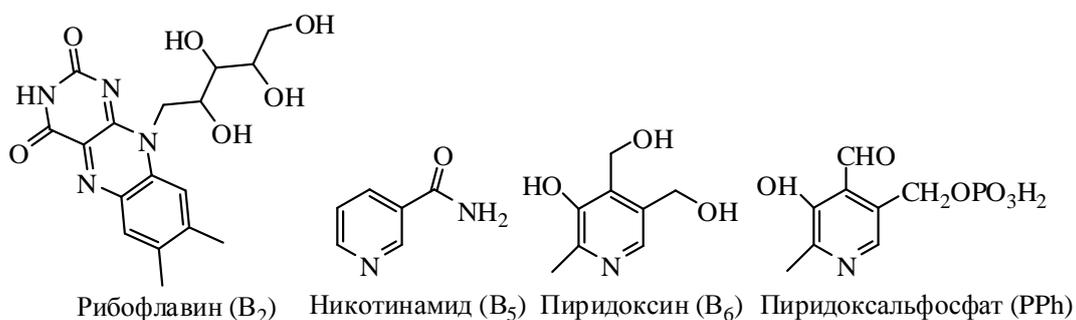


Рис. 1. Структурные формулы использованных соединений

Неорганический фосфат в присутствии органического фосфата определяли реagenтно-спектрофотометрически, используя модифицированную методику [5]. К 0,5 мл анализируемого раствора последовательно приливали 1 мл 1,8 % раствора $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ в 1 М H_2SO_4 , 0,2 мл 10 % $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ в 0,075 М H_2SO_4 и 4 мл бидистиллированной воды. В раствор, используемый для сравнения, вместо 0,5 мл анализируемого об-

разца добавляли такое же количество бидистиллированной воды. Затем, полученную смесь перемешивали на шейкерном столе в течение 10 минут. Оптическую плотность растворов измеряли по максимуму поглощения при $\lambda = 720$ нм. Концентрации добавок до и после облучения определяли спектрофотометрически на Spescord S600. Радиационно-химические выходы (G) образования неорганического фосфата и расходования тестируемых соединений рассчитывали на линейных участках зависимости концентраций веществ от поглощенной дозы с использованием метода наименьших квадратов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Неорганический фосфат является главным продуктом радиолиза α -ГФ в деаэрированных водных растворах при pH 7. Радиационно-индуцированное дефосфорилирование α -ГФ протекает по схеме, представленной на рис. 2.

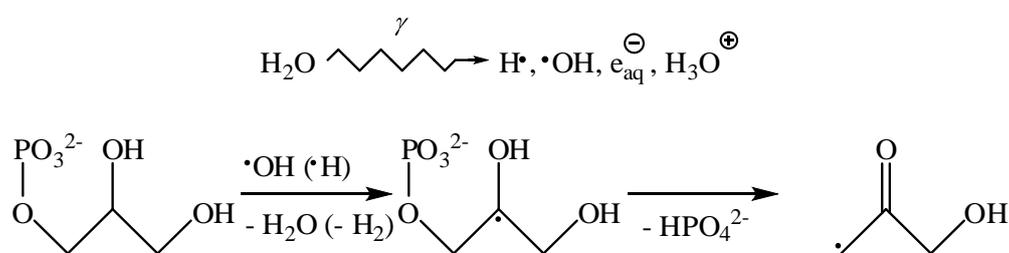


Рис. 2. Радиационно-индуцированное дефосфорилирование α -ГФ в деаэрированных водных растворах

При воздействии ионизирующего излучения на растворы, содержащие эквимолярные концентрации органического фосфата и тестируемых соединений, исходя из принципа конкурирующих реакций, степень подавления процесса дефосфорилирования будет главным образом определяться соотношением констант скорости взаимодействия органического фосфата и тестируемых соединений с продуктами радиолиза воды: $\cdot\text{H}$ и $\cdot\text{OH}$.

Данные, представленные в таблице, свидетельствуют о том, что при радиолизе в эквимолярных с органическим субстратом концентрациях витамины В₂, В₅, В₆ и РРн эффективно подавляют процесс дефосфорилирования α -ГФ. Радиопротекторные свойства в данных условиях были наиболее выражены для витамина В₆, в присутствии которого наблюдалось шестикратное снижение G неорганического фосфата.

При увеличении концентрации органического фосфата в 10 раз снижение G неорганического фосфата в присутствии тестируемых соединений происходит не пропорционально изменению соотношения концентраций α -ГФ : добавка. Этот факт свидетельствует о существовании других

механизмов подавления радиационно-индуцированного дефосфорилирования гидроксилсодержащих органических фосфатов тестируемыми соединениями. При радиолитизе 0,1 М водных растворов α -ГФ •Н и •ОН преимущественно взаимодействуют с органическим субстратом с образованием углерод-центрированных радикалов. Следовательно, в данных условиях подавление дефосфорилирования α -ГФ тестируемыми соединениями обусловлено взаимодействием добавок с α -ГУР органического фосфата.

При соотношении концентрации α -ГФ : добавка 100 к 1 было установлено, что В₂, В₆ и РРн приблизительно в равной степени подавляют процесс дефосфорилирования (см. табл.). Невысокий G разложения витамина В₂ свидетельствует о возможности регенерации добавки при ее взаимодействии с радикалами α -ГФ.

Таким образом, в настоящей работе установлено, что в эквимолярных с α -ГФ концентрациях витамины группы В эффективно подавляют радиационно-индуцированное дефосфорилирование гидроксилсодержащего органического фосфата в деаэрированных водных растворах за счет более высоких констант скорости реакции с радикальными продуктами радиолитиза воды.

Таблица

Влияние витаминов группы В на свободнорадикальные превращения α -ГФ в деаэрированных водных растворах

Система	G, молекула / 100 эВ	
	Неорганический фосфат	Разложение добавки
Концентрация α -ГФ 10^{-3} моль/литр		
Без добавок	1,89 ± 0,05	-
Рибофлавин	0,83 ± 0,02	- 0,07 ± 0,02
Никотинамид	0,56 ± 0,05	- 0,28 ± 0,02
Пиридоксин	0,30 ± 0,13	- 0,71 ± 0,05
Пиридоксальфосфат	0,83 ± 0,10	- 1,80 ± 0,11
Концентрация α -ГФ 10^{-2} моль/литр		
Без добавок	2,41 ± 0,06	-
Рибофлавин	1,56 ± 0,05	- 0,16 ± 0,02
Никотинамид	1,87 ± 0,10	- 0,16 ± 0,02
Пиридоксин	1,23 ± 0,06	- 1,08 ± 0,08
Пиридоксальфосфат	1,42 ± 0,08	- 1,69 ± 0,17
Концентрация α -ГФ 10^{-1} моль/литр		
Без добавок	2,84 ± 0,07	-
Рибофлавин	1,65 ± 0,08	- 0,05 ± 0,01
Никотинамид	2,29 ± 0,05	-
Пиридоксин	1,68 ± 0,03	- 0,96 ± 0,07
Пиридоксальфосфат	1,80 ± 0,05	- 2,33 ± 0,07

При радиолитизе 0,1 М деаэрированных водных растворов α -ГФ было показано, что витамины группы В способны подавлять радиационно-

индуцированное дефосфорилирование за счет взаимодействия с α -ГУР гидроксилсодержащих органических фосфатов.

Литература

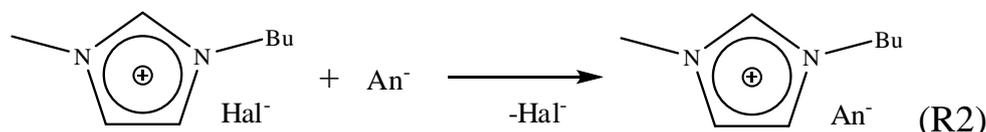
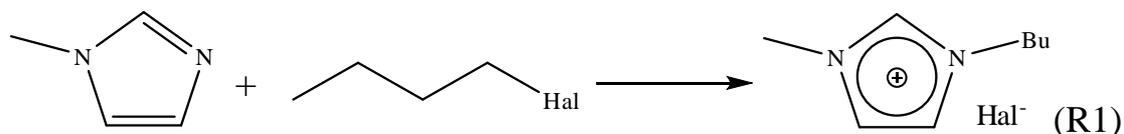
1. Yurkova I. L.; Kisel M. A.; Arnhold, J.; Shadyro O. I. Iron-mediated free-radical formation of signaling lipids in a model system. // *Chemistry and Physics of Lipids* 2005. Vol. 137. № 1–2. P. 29–37.
2. Lagutin P. Yu.; Shadyro O. I. Effect of the B Vitamins on the Radiolysis of Aqueous Ethanol and Ethylene Glycol Solutions. // *High Energy Chemistry*. 2005. Vol. 39. № 5. P. 277–281.
3. Lagutin P. Yu.; Shadyro O. I. Effect of B group vitamins on reactions of various α -hydroxyl-containing organic radicals. // *Bioorganic and Medicinal Chemistry Letters*. 2005. Vol. 15. № 16. P. 3797–3800.
4. Brinkevich S. D.; Shadyro O. I. Effects of Coenzyme Q₀, Ascorbic Acid, and Its Glycoside on the Radiation-Induced Dephosphorylation of Organic Phosphates in Aqueous Solutions. // *High Energy Chemistry*. 2009. Vol. 43. № 6. P. 435–439.
5. Lin T.-I.; Morales M. F. Application of a One-Step Procedure for Measuring Inorganic Phosphate in the Presence of Proteins: The Actomyosin ATPase System. // *Analytical Biochemistry*. 1977. P. 10–17.

ИЗУЧЕНИЕ КИНЕТИКИ РЕАКЦИИ КВАТЕРНИЗАЦИИ 1-МЕТИЛИМИДАЗОЛА 1-БРОМБУТАНОМ В АЦЕТОНИТРИЛЕ

Д. С. Фираго

ВВЕДЕНИЕ

Низкотемпературные ионные жидкости (ИЖ) – соли с температурой плавления ниже 100°C [1]. Они привлекают внимание исследователей из-за потенциальной возможности их использования в различных областях науки и техники. Чаще всего синтез ИЖ осуществляют в две стадии:



На первой стадии получают ИЖ, содержащую хлорид- или бромид-анион (R1), в реакции кватернизации азотистого основания 1-бромалканом, а на второй – проводят реакцию обмена галогенид-аниона на другой анион (R2). ИЖ с катионом 1-бутил-3-метилимидазолия ($[\text{C}_4\text{mim}]^+$) являются наиболее исследуемыми представителями данного класса.