

УДК 504.05; 57.042

*К.С. Голохваст, А.М. Паничев, А.Н. Гульков,  
Е.Г. Автомонов, И.В. Мишаков, А.А. Ведягин*

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ  
ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ  
ЦЕОЛИТОВОЙ ПЫЛИ И НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО  
ЛАЗЕРНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЖИВЫЕ ОБЪЕКТЫ**

*Представлена экспериментальная модель, позволяющая адекватно оценить экологическую нагрузку на живые организмы. В качестве экспериментальных факторов выступают цеолитовая пыль и низкоэнергетическое лазерное воздействие.*

*Ключевые слова: экологическая модель, пыль, цеолит, лазер.*

---

**Ж**ивые организмы испытывают на себе влияние многочисленных техногенных и природных факторов. Создание адекватной и полноценной экспериментальной модели для оценки сразу нескольких, в том числе, и сочетанных воздействий является крайне актуальным направлением в экологии. Цеолиты – минералы, обладающие уникальной среди природных веществ способностью к избирательному ионному обмену и сорбции ряда атомов и молекул, в последние десятилетия находят все большее применение в науке и технике. Работы, посвященные экологическому мониторингу цеолитов немногочисленны [Махонько Н.И. и др., 1994; Fruijtier-Pölloth С., 2009]. Низкоэнергетическое лазерное излучение также часто используется в современной жизни, например, в бытовой и медицинской технике.

Цель настоящей работы – создание экспериментальной модели экологической оценки влияния цеолитов при ингаляции в сочетании с низкоэнергетическим лазерным излучением.

**Материалы и методы**

Исследования проводились на белых беспородных крысах. Для экспериментальной активации перекисного окисления липидов (ПОЛ) животные облучались низкоэнергетическим лазерным излучением. Часть животных до облучения подвергалась ингаляции с применением цеолитсодержащих (морденитовых и клиноптилоли-

товых) туфов из двух месторождений (Куликовское и Вангинское) Амурской области. Цеолиты измельчались с помощью ультразвукового дезинтегратора Bandelin Sonopulse 3400 [Голохваст К.С. и др., 2009]. Степень измельчения цеолитов составляла около 1-5 мкм. Часть животных до облучения подвергалась ингаляционному введению в легкие цеолитов с помощью ультразвукового ингалятора УРСА-0,25П (Россия). Распыление цеолита производилось в закрытой камере в течение 15 мин [Голохваст К.С. и др., 2008]. Животные были разделены на 4 группы по 20 особей: Контроль – интактные животные; Лазер – животные, облучавшиеся низкоэнергетическим лазером; Куликовское+лазер и Вангинское+лазер – животные, которым ингаляционно вводились цеолиты Куликовского и Вангинского месторождений (соответственно) при облучении низкоэнергетическим лазером. После экспериментального воздействия из гомогената легких и плазмы крови экстрагировали липиды по методу Блайя-Дайера для определения продуктов перекисного окисления липидов (ПОЛ) (гидроперекиси [Романова Л.А. Стальная И.Д., 1977], малоновый диальдегид (МДА [Бородин Е.А., Арчаков А.И., 1987]) и диеновые конъюгаты (ДК) [Стальная Е.А., 1977]). В плазме крови и ткани легких определяли компоненты антиоксидантной системы (АОС) (церулоплазмин [Колб В.Г., Камышников В.С., 1976] и витамин Е [Кисилевич Р.Ж., Скварко С.И., 1972]). Низкоэнергетическое лазерное облучение было выбрано как фактор в определенных дозировках подавляющий функциональную активность клеток системы местного иммунитета. Для облучения применялся импульсный инфракрасный лазер «Agnis-L01» с длиной волны 850 нм, энергией импульса  $3,7 \cdot 10^{-7}$  Дж, частотой повторения импульса 240-1400 Гц и модуляции 8-69 Гц [Штарберг М.А., 1996]. Облучалась грудная клетка в 6 зонах (субкапиллярной, скапулярной и субскапулярной, справа и слева) по 10 сек 1 раз в день на протяжении 15 дней [Прокопенко А.В., 2000]. После опытных мероприятий (в соответствии с Правилами проведения работ с использованием экспериментальных животных от 12.08.77) забирался материал для исследования. В эксперименте мы исследовали наиболее массово представленные клетки бронхоальвеолярного смыва – макрофаги и лимфоциты. На препаратах идентифицировали клетки и в каждой группе производили подсчет содержания жизнеспособных клеток, количества

клеток в 1 мл, относительного числа макрофагов и лимфоцитов – основных участников системы местного иммунитета легких.

#### **Результаты исследований**

Морфологические исследования клеток разных экспериментальных групп животных показали следующую картину. Количество жизнеспособных клеток в группе “Контроль” составило  $88,2 \pm 4,3\%$  от общего количества клеток. В группе животных, получивших лазерное облучение, число жизнеспособных клеток было снижено и составляло  $67,3 \pm 3,1\%$ . При воздействии цеолитов Вангинского и Куликовского месторождения в сочетании с лазерным воздействием количество жизнеспособных клеток статистически не отличалось от группы “Контроль” –  $84,5 \pm 3,3\%$  и  $83,7 \pm 3,6\%$  соответственно. При этом число клеток в 1 мл незначительно возросло с  $1,5 \pm 0,1 \times 10^5$  в группе “Контроль” и  $1,6 \pm 0,1 \times 10^5$  в группе “Лазер” до  $1,7 \pm 0,1 \times 10^5$  в группе “Куликовское+лазер” и до  $1,8 \pm 0,2 \times 10^5$  в группе “Вангинское+лазер”. Нормальное соотношение макрофагов и лимфоцитов (исключая из общего числа клеток нейтрофилы, тучные клетки и эпителий) в группах “Контроль” и “Лазер” составляет  $70 \pm 3,4\%$  и  $30 \pm 1,7\%$ , а также  $60 \pm 3,2\%$  и  $40 \pm 1,7\%$  соответственно. В группах “Куликовское+лазер” и “Вангинское+лазер” это соотношение составило  $67 \pm 3,3\%$  к  $33 \pm 1,6\%$  и  $69 \pm 4,1\%$  к  $31 \pm 1,4\%$  соответственно. Морфологических отличий клеток в экспериментальных группах от контроля обнаружено не было.

Низкоэнергетическое лазерное излучение в данной дозировке обладает прооксидантным действием, что согласуется с данными других исследователей [Шабалин В.Н. и др., 1990]. Как следует из полученных нами результатов биохимического исследования, в группе Куликовское+лазер, по сравнению с группой «Контроль» в ткани легких и в плазме крови было выявлено повышение достоверное содержания диеновых конъюгатов и МДА в гомогенате легких, достоверное увеличение содержания гидроперекисей, снижение концентрации церулоплазмينا и витамина Е. Это говорит о функциональном снижении активности антиоксидантной системы при ингаляции цеолитов Куликовского месторождения в сочетании с низкоэнергетическим лазерным излучением. Это может быть обусловлено небольшим повреждением легочной ткани цеолитом Куликовского месторождения и стимуляцией воспаления лазерным излучением. Результаты в группе Вангинское+цеолит были следующие: обнаружено повышения МДА в гомогенате легких и сни-

жение церулоплазмينا, повышение гидроперекисей и МДА в плазме крови. С другой стороны наблюдается статистически достоверное снижение диеновых конъюгатов и статистически значимое увеличение концентрации витамина Е в плазме крови.

#### **Обсуждение полученных данных**

Результаты наших исследований позволяют предположить, что, как и в случае с воздействием холода [Голохваст К.С., Целуйко С.С., 2006], так и при лазерном излучении, в данном случае, индуцирующим ПОЛ, цеолиты отдельных месторождений (например, Вангинского) проявляют себя как вещества с антиоксидантными свойствами. Цеолиты Куликовского месторождения, являясь по типу кристаллической решетки преимущественно морденитом (игольчатая структура), наоборот частично стимулируют ПОЛ.

Мы считаем, что предложенная нами экспериментальная модель экологического мониторинга сочетанных воздействий разных видов излучений и аэрозольных воздействий может применяться для оценки степени повреждения биологических структур в живых системах.

*Работа выполнена при поддержке Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере (программа У.М.Н.И.К.), гранта РФФИ 09-04-90781-моб\_ст, грантов СО РАН ПСО-10 №114 и ДВО РАН 09-П-СО-05-002.*

---

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. *Бородин Е.А., Арчаков А.И.* Стабилизация и реактивация цитохрома Р-450 фосфатидилхолином при перекисном окислении липидов / Биологические мембраны. 1987. - №7. - С. 719 – 728.
2. *Владимиров Ю.А., Арчаков А.И.* Перекисное окисление липидов в биологических мембранах / М.: Наука, 1972. - 320 с.
3. *Голохваст К.С., Целуйко С.С.* Иммуномодулирующие свойства цеолитов Вангинского месторождения при ингаляторном введении в условиях общего охлаждения / Дальневосточный медицинский журнал, 2006. - №3. - С. 92-94.
4. *Патент РФ* на полезную модель №76566. Установка для изучения внешних воздействий на животное Голохваст К.С., Гульков А.Н., Паничев А.М., Чайка В.В., Борисов С.Ю. Опубликовано 27.09.2008. Бюл. №27
5. *Патент РФ №2372092* Голохваст К.С., Гульков А.Н., Паничев А.М., Чекрыжов И.Ю., Борисов С.Ю. Способ подготовки порошка для ингаляции. Опубликовано 10.11.2009. Бюл. №31

6. *Кисилевич Р.Ж., Скварко С.И.* Определение витамина Е в сыворотке крови / Лаб. дело. 1972. - №8. - С. 473 - 475.
7. *Колб В.Г., Камышников В.С.* Клиническая биохимия. Минск, 1976. - 312 с.
8. *Махонько Н.И., Наумов Д.В., Адамов О.А.* Гигиенические аспекты использования природных цеолитов в национальной экономике. Обзор // Гигиена и санитария. – 1994. - №7. - С. 26-30.
9. *Прокопенко А.В.* Системный анализ структурных проявлений компенсаторно-приспособительных реакций нижних дыхательных путей: Дисс. ... канд. мед. наук. Благовещенск, 2000. - 238 с.
10. *Романова Л.А. Стальная И.Д.* Метод определения гидроперекисей липидов с помощью тиоцианата аммония / Современные методы в биохимии. М.: Медицина, 1977. - С. 64 – 66.
11. *Стальная Е.А.* Метод определения диеновой конъюгации ненасыщенных высших жирных кислот / Современные методы в биохимии. М.: Медицина, 1977. - С. 63-64.
12. *Иммунологические и физико-химические эффекты действия лазера на биологические объекты / Шабалин В.Н., Иваненко Т.В., Скокова Т.В. и др.* // Иммунология, 1990. - Т. 6. - С. 30-32.
13. *Штарберг М.А.* Антиокислительные свойства комбинированных препаратов фосфолипидов с производными малоновой и тиобарбитуровой кислот: Дисс. ... канд. мед. наук. Благовещенск, 1996. - 178 с.
14. *Fruijtjer-Pölloth C.* The safety of synthetic zeolites used in detergents / Archives of Toxicology, 2009. – Vol. 83, №1. – P. 23-35. **ГИАБ**

***Golokhvast K.S., Panichev A.M., Gulkov A.N.,  
Avtomonov E.G., Mishakov I.V., Vedyagin A.A.***  
**EXPERIMENTAL MODEL FOR ENVIRONMENTAL IMPACT  
 ASSESSMENT OF ZEOLITE DUST AND LOW-ENERGY  
 LASER EFFECTS ON LIVING OBJECTS**

*We present experimental model that adequately assess the environmental burden on living organisms. As an experimental factors appear zeolite dust and low-energy laser irradiation.*

*Key words: ecological model, dust, zeolite, laser.*

### ***Коротко об авторах***

*Голохваст Кирилл Сергеевич* – кандидат биологических наук, заместитель директора, доцент, Институт нефти и газа, Дальневосточный государственный технический университет,

г. Владивосток,

Академия экологии, морской биологии и биотехнологий, Дальневосточный государственный университет, E-mail: drooru@mail.ru

*Паничев Александр Михайлович* – доктор биологических наук, кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник, Учреждение Российской академии наук Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, E-mail: sikhote@mail.ru

*Гульков Александр Нефедович* – доктор технических наук, директор, профессор Институт нефти и газа Дальневосточного государственного технического университета, E-mail: alexdvgtu@mail.ru

*Автомонов Евгений Геннадьевич* – инженер, Институт нефти и газа Дальневосточного государственного технического университета, тел. (4232) 226449

*Мишаков Илья Владимирович* – кандидат химических наук, старший научный сотрудник, Учреждение Российской академии наук Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, Новосибирск, тел. (383) 330-87-67

*Ведрягин Алексей Анатольевич* – кандидат химических наук, старший научный сотрудник, Учреждение Российской академии наук Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, Новосибирск, тел. (383) 330-87-67

