

**ФИЗИОЛОГИЯ, БИОХИМИЯ,
БИОТЕХНОЛОГИЯ**

УДК 582.288 : 581.144.1

© А. А. Васильева, Л. Н. Чекунова, А. В. Полякова

**ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА РОСТ И ЖИЗНЕСПОСОБНОСТЬ
HORMOCONIS RESINAE И *PHIALOPHORA* SP.,
РАЗВИВАЮЩИХСЯ В АВИАЦИОННОМ ТОПЛИВЕ**VASILYEVA A. A., CHEKUNOVA L. N., POLYAKOVA A. V. EFFECTS OF THE
TEMPERATURE ON THE GROWTH AND THE VIABILITY OF *HORMOCONIS RESINAE*
AND *PHIALOPHORA* SP. DEVELOPED IN AVIATION FUEL

В последние несколько десятилетий в нашей стране не уделялось должного внимания проблеме биоповреждения авиационного топлива и материалов топливных баков. Тем не менее данная тема остается актуальной и в настоящее время. Жизнедеятельность грибов и бактерий, развивающихся за счет углеводов авиационного топлива, может приводить к ухудшению его качества, усилению коррозии металлических баков, засорению фильтров биомассой и, наконец, опасности возникновения аварий.

Одним из наиболее важных вопросов, касающихся проблемы биоповреждения авиационного топлива, является влияние температуры на рост и жизнеспособность грибов, развивающихся за счет топлива. В последние годы увеличились поставки российской авиационной техники в страны с тропическим и субтропическим климатом. Этот факт требует постоянных исследований в области влияния температуры на рост и развитие микроорганизмов. В процессе полета топливо может охлаждаться до довольно низких температур, а при длительной стоянке самолета в условиях жаркого климата нагреваться до 60—70 °С. Кроме того, имеет значение время перелетов и длительность стоянок.

Реакция грибов, развивающихся за счет углеводов авиационного топлива, на перепады температуры может быть крайне разнообразной и зависит от физиологических свойств грибов. Известно, что оптимальная температура для развития большинства плесневых грибов, в том числе и поражающих нефтепродукты, находится в интервале 24—30 °С (Благник, Занова, 1965; Atlas, 1975).

Литературных данных о выживаемости микромицетов в авиационном топливе при отрицательных температурах довольно мало. Споры штаммов *Aspergillus fumigatus*, выделенных из топлива сверхзвуковых самолетов, выживают при температурах до -32 °С (Scott, Forsyth, 1976; Thomas, Hill, 1977; Каневская, 1984). Согласно другому источнику (Билай, Коваль, 1980), некоторые виды родов *Aspergillus* и *Cladosporium* способны выживать при охлаждении до -196 °С.

Сведений об устойчивости грибов в авиационном топливе к высоким положительным температурам также немного. Существуют данные, что некоторые штаммы *Hormoconis resiniae* способны развиваться в топливе при температуре 50 °С, а штаммы *Aspergillus fumigatus* выживают в авиационном керосине до 80 °С (Scott, Forsyth, 1976; Thomas, Hill, 1977; Каневская, 1984).

Материал и методы

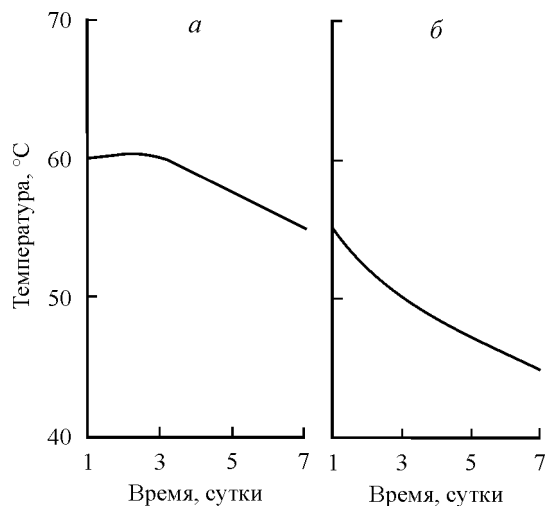
В данной работе были использованы грибы *Hormoconis resiniae* (Lindau) Arx et G. A. De Vries и *Phialophora* sp., выделенные нами ранее из загрязненной фильтрационной системы самолета. Для проведения опытов готовили водные суспензии спор грибов из двухнедельных культур. С помощью добавления стерильной воды добивались примерно равной концентрации спор в суспензиях обоих грибов в камере Горяева.

Влияние положительных температур на микромицеты изучали в диапазоне от 9 до 70°, отрицательных — при –20 и –57 °С. Исследовали активность роста микромицетов при –20, 9, 18, 28 и 36 °С. В пробирки разливали по 3 мл авиационного топлива и 3 мл минеральной среды, добавляли 0.5 мл споровой суспензии штаммов *Hormoconis resiniae* или *Phialophora* sp. и помещали их в термостаты с соответствующей температурой на необходимый срок. Признаки роста грибов оценивали визуально по 5-балльной шкале. Для изучения жизнеспособности данных штаммов при экстремальных положительных (начиная с 40 °С и выше) и отрицательных (–57 °С) температурах вместо авиационного керосина с минеральной средой использовали жидкое сусло в целях обеспечения безопасности эксперимента.

После выдерживания пробирок в термостатах из них проводили высев спор в чашки Петри со свежим сусло-агаром. Далее чашки помещали в термостат с температурой 28 °С и проверяли рост грибов через каждые 3—4 суток.

Результаты и обсуждение

Для изучения влияния температуры на рост и жизнеспособность микромицетов штаммы *Hormoconis resiniae* и *Phialophora* sp. были выбраны не случайно. Оба вида преобладали в количественном отношении по сравнению с другими видами грибов в исследуемом нами образце пораженного топлива. Кроме того, повторная инокуляция стерильного топлива суспензией спор выделенных грибов показала, что штаммы *Hormoconis resiniae* и *Phialophora* sp. способны к активному развитию за счет углеводов авиационного топлива. Если гриб *Hormoconis resiniae* довольно часто выделяли из образцов пораженного топлива, то *Phialophora* sp. был выделен из авиационного топлива впервые. Интересен тот факт, что штамм *Phialophora* sp. по скорости



Область жизнеспособности штаммов *Hormoconis resiniae* (а) и *Phialophora* sp. (б) при положительных экстремальных температурах.

Жизнеспособность микромицетов при экстремальных температурах

Вид гриба	Время, сутки	Температура, °С							
		-57	-20	40	45	50	55	60	70
<i>Hormoconis resiniae</i>	1	+	+	+	+	+	+	+	—
	3	+	+	+	+	+	+	+	—
	7	+	+	+	+	+	+	—	—
<i>Phialophora</i> sp.	1	+	+	+	+	+	+	—	—
	3	+	+	+	+	+	—	—	—
	7	+	+	+	+	—	—	—	—

Примечание. «+» — сохранение, «—» — отсутствие жизнеспособности. Отмечен рост грибов в термостате при 40 и 45 °С.

роста превосходит *Hormoconis resiniae*. Поэтому особое внимание уделялось сравнению реакции этих двух грибов на изменения температурного режима.

Исследования показали, что штаммы *Hormoconis resiniae* и *Phialophora* sp. остаются жизнеспособными при -20° в топливе и -57 °С в жидком сусле в течение 1, 3 и 7 суток (табл. 1). После размораживания пробирок и посева из них инокулята на питательные среды оба штамма образовывали новые колонии в течение уже первых 5 суток. Таким образом, нижняя температурная граница выживаемости этих видов остается пока неизвестной.

Наиболее активный рост *Hormoconis resiniae* и *Phialophora* sp. на авиационном топливе был отмечен при температуре 28 °С (табл. 2). У *Hormoconis resiniae* признаки роста проявились позже, чем у *Phialophora* sp. При увеличении или снижении температуры отмечено снижение активности роста обоих грибов.

Что касается высоких положительных температур, то здесь штаммы *Hormoconis resiniae* и *Phialophora* sp. отличались по своей жизнеспособности (табл. 1; см. рисунок). При температурах 40 и 45 °С наблюдался рост обоих штаммов еще во время выдерживания в термостате. Особенно обильный рост штамма *Hormoconis resiniae* отмечен при температуре 40 °С, чуть менее активным был штамм *Phialophora* sp. Таким образом, *Hormoconis resiniae* и *Phialophora* sp. не только остаются жизнеспособными при данных температурах, но и активно развиваются. При температуре 50 °С и выше рост *Hormoconis resiniae* и *Phialophora* sp. во время выдерживания в термостате не наблюдался. Однако споры штамма *Hormoconis resiniae* оказались жизнеспособными

Таблица 2

Рост микромицетов в топливе при положительных температурах (в баллах)

Вид гриба	Время проявления признаков роста, сутки	Температура, °С			
		9	18	28	36
<i>Hormoconis resiniae</i>	7	0	0	0	0
	14	0	1	2	0
	21	1	2	3	1
<i>Phialophora</i> sp.	7	0	0	2	0
	14	1	2	4	2
	21	2	2	4	3

Примечание. 0 — отсутствие признаков роста, 1 балл — помутнение водного слоя, образование осадков, 2 балла — появление мелких хлопьев в водном слое, 3 — появление крупных хлопьев в водном слое, 4 — образование небольших сгустков, 5 баллов — образование крупных сгустков.

при 50 и 55 °С в течение 1, 3 и 7 суток. При высеве спор *Hormoconis resiniae* из опытных пробирок на питательные среды спустя 5—7 суток образовывались новые колонии, в пробирках с жидким суслон после перенесения в термостат с температурой 28 °С также наблюдалось образование мицелия через 7 суток. Верхней границей для развития штамма *H. resiniae* оказалась температура 60 °С. После содержания при данной температуре в течение 1 и 3 суток споры *H. resiniae* образовывали новый мицелий как при высеве на среду, так и в пробирках, перенесенных в термостат с температурой 28 °С. Однако при выдерживании пробирок со штаммом *H. resiniae* в течение 7 суток при 60 °С споры погибали, рост не отмечен как при посевах на питательные среды, так и в пробирках после переноса в термостат с температурой 28 °С.

Штамм *Phialophora* sp. оказался менее устойчивым к влиянию высоких положительных температур. Гриб образовывал новые колонии только после 1 и 3 суток выдерживания при 50° и полностью терял жизнеспособность, находясь при этой температуре 7 суток. Для штамма *Phialophora* sp. верхняя температурная граница оказалась 55 °С. Только после выдерживания в течение суток споры гриба при высеве на среду прорастали единичными колониями в течение 7 суток, а в пробирках при температуре 28 °С наблюдалось довольно скудное образование мицелия на 7—9-е сутки. При более длительном выдерживании *Phialophora* sp. (3 и 7 суток) споры оказались нежизнеспособными при температуре 55 °С и погибали через 1, 3 и 7 суток при 60°.

После суточного нахождения при температуре 70 °С споры штаммов *Hormoconis resiniae* и *Phialophora* sp. погибали.

Таким образом, штамм *Hormoconis resiniae* сохраняет жизнеспособность в температурном диапазоне от –57 до 60 °С, а штамм *Phialophora* sp. — от –57 до 55 °С. Проведенное исследование касается физиологических свойств только исследуемых штаммов *Hormoconis resiniae* и *Phialophora* sp. Другие штаммы тех же видов могут отличаться по скорости роста и жизнеспособности при разных температурах. Для установления статистики выживаемости микромицетов в авиационном топливе при экстремальных температурах требуются дополнительные исследования. Однако на примере *Hormoconis resiniae* и *Phialophora* sp. мы можем сделать вывод о том, что грибы, растущие в авиационном топливе, обладают довольно высокой устойчивостью к изменениям температуры. Последнее следует учитывать при разработке методов защиты топлива от биоповреждений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Билай В. И., Коваль Э. З. Рост грибов на углеводородах нефти. Киев: Наук. думка, 1980. 340 с.
- Благник Р., Занова В. Микробиологическая коррозия. М.; Л.: Химия, 1965. С. 11—20.
- Каневская И. Г. Биологическое повреждение промышленных материалов. Л.: Наука, 1984. 232 с.
- Atlas R. M. Effects of Temperature and Crude Oil Composition on Petroleum Biodegradation // Appl. microbiol. 1975. Vol. 30 (3). P. 396—403.
- Scott J. A., Forsyth T. J. Thermophilic microorganisms in aircraft fuel // Int. Biodeteriorat. Bull. 1976. Vol. 12, N 1. P. 1—4.
- Thomas A. R., Hill E. C. Aspergillus fumigatus and supersonic aviation // Int. Biodeteriorat. Bull. 1977. Vol. 13, N 1. P. 1—4.

Московский государственный университет
им. М. В. Ломоносова
Всероссийский институт авиационных материалов
Москва
kopengagen8@mail.ru

Поступила 5 XII 2008

РЕЗЮМЕ

Изучено влияние температуры на рост и жизнеспособность изолированных из авиационного топлива *Hormoconis resinae* (Lindau) Arx et G. A. De Vries и *Phialophora* sp. Оба вида сохраняли жизнеспособность при -57°C . Споры *Hormoconis resinae* оставались жизнеспособными при 60° не более 3 суток и погибали при 70°C . Споры *Phialophora* sp. сохраняли жизнеспособность при 55° не более суток и погибали при 60°C . Наиболее активный рост обоих видов на топливе происходил при 28°C .

Ключевые слова: микромицеты из авиационного топлива, *Hormoconis resinae*, *Phialophora* sp., жизнеспособность спор.

S U M M A R Y

Effects of the temperature on the growth and the viability of *Hormoconis resinae* (Lindau) Arx et G. A. De Vries and *Phialophora* sp. isolated from aviation fuel were studied. Both fungi species stayed alive at -57°C . Spores of *Hormoconis resinae* were viable at 60° not more than 3 days and died at 70°C . Spores of *Phialophora* sp. were viable at 55° not more than 1 day and died at 60°C . The most active growth of both fungi in fuel was at 28°C .

Key words: microfungi from aviation fuel, *Hormoconis resinae*, *Phialophora* sp., spores viability.