

В.М.Катола

МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА БАКТЕРИЙ И МИКРОСКОПИЧЕСКИХ ГРИБОВ, ВЫПАДАЮЩИХ СО СНЕЖИНКАМИ НА ТЕРРИТОРИЮ БЛАГОВЕЩЕНСКА*Институт геологии и природопользования Дальневосточного отделения РАН,
675000, г. Благовещенск, пер. Речной, 1***РЕЗЮМЕ**

Исследована морфология бактерий и микроскопических грибов непосредственно в снежинках, выпадающих в безветренную погоду на территорию города Благовещенска. Установлено, что во время снегопада в снежинках находятся типичные палочковидные бактерии, дрожжеподобные грибы, фрагменты мицелия плесневых грибов, трудно культивируемые элементарные тельца L-форм бактерий и отдельно электронноплотные мелкодисперсные частицы. Поверхность мицелия плесеней покрывают мелкодисперсные частицы, отстоящие друг от друга на некотором расстоянии, что позволяет предполагать их связь с рецепторами клеточной стенки. Обнаруженные в снежинках микроскопические и субмикроскопические формы могут быть центрами формирования льда, но фрагменты мицелия могут быть ядрами только крупных снежинок.

Ключевые слова: снег, морфология микроскопических и субмикроскопических микроорганизмов.

SUMMARY**MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS OF BACTERIA AND MICROSCOPIC FUNGI FALLING OUT WITH SNOW ON BLAGOVESHCHENSK**

V.M.Katola

*Institute of Geology and Nature Management of Far
Eastern Branch RAS, 1 Relochniy Lane,
Blagoveshchensk, 675000, Russian Federation*

The morphology of bacteria and microscopic fungi in the snow that falls on Blagoveshchensk in the windless weather was studied. It was found out that during a snowfall in the snow flakes there are typical rod-shaped bacteria, yeast-like fungi, mycelian fragments of fungi, cultivated with difficulty elementary bodies of L-form bacteria and separate fines. The surface of the mold mycelium is covered with fine particles which are separated from each other by some distance, which allows to assume they have some relations with the receptors of the cell wall. Microscopic and submicroscopic forms identified in snowflakes can be the centers of ice formation, but mycelian fragments can be the nuclei of only large snowflakes.

Key words: snow, microscopic and submicroscopic morphology of microorganisms.

В учебниках и руководствах по микробиологии традиционно отмечается, что из-за отсутствия в атмосфере питательных веществ, низкой влажности и

микробицидного действия солнечной радиации, микробиота существует непродолжительно и не размножается, ее состав малочислен, изменчив и постоянно обновляется [1, 4, 5]. Микроорганизмы поступают в атмосферу из почвы, поверхностных водоемов (озера, водохранилища, моря), рек, с отходами многих производств и пр. В атмосфере регулярно обнаруживаются *Micrococcus roseus*, *Micrococcus flavus*, *Sarcina flava*, *Sarcina alba*, споры *Bacillus*, *Clostridium*, *Actinomyces*, грибов *Penicillium*, *Aspergillus*, *Mucor* и др. Нередки среди них и патогенные виды. Летом в приземных слоях атмосферы микроорганизмов больше, зимой меньше, но все образуют стойкий, размером от 10 до 2000 нм биоаэрозоль, состоящий из воздуха, капелек жидкости и прочих твердых частиц. Смешиваясь в атмосфере с химическими веществами и пылью, микроорганизмы с дождем и снегом вновь возвращаются на земную поверхность, оседают на растениях, телах человека и животных, одежде, крышах домов и пр. Проникая через вентиляционные системы, окна и двери в жилые и производственные помещения, они взаимодействуют с бытовой пылью, оксидами углерода, азота, серы, озоном, радоном, компонентами табачного дыма и веществами, которые образуются в процессе жизнедеятельности человека, работы приборов, выделений из различных предметов, мебели, ковров и т. д. На таком фоне и при высокой концентрации патогены могут вызывать приступы аллергии, микозы, инфекционные (ангина, грипп, корь, скарлатина и др.) и неинфекционные заболевания.

Однако за последнее десятилетие взгляд на микронаселение атмосферы изменился. Оказалось, что в ней, кроме бактерий и грибов, содержится огромное количество других биологических частиц, включая живые клетки водорослей и одноклеточных животных [9, 11]. На высоте 10 км 20% от всех частиц занимают бактерии размером 0,25-1 мкм и их численность в 10 раз больше, чем грибов. Некоторые бактерии, находясь в облаках, продолжают активную жизнедеятельность: синтезируют белки, делятся и подавляют радиационные воздействия. Так сложилось представление о наличии самостоятельного биосферного аэропланктона, который существует во взвешенном состоянии в трехмерной среде. По данным J.Ruprecht [11] на долю живых клеток и белков приходится 25% от его состава. Воздушными потоками живые микробы в огромных количествах (1018) ежегодно перемещаются с континента на континент [8].

Около 15% водяного пара, присутствующего в атмосфере, легко притягивается к частицам пыли, кристаллам сульфидов Cu, солям Ag, NaCl, а также спорам бактерий, грибов и пыльце растений [2, 6]. Сгущаясь,

он образует вокруг них водяную пленку и дает началу ледяным образованиям, которые выпадают в виде снега, снежных зерен, крупы и града. Снег возникает в холодных слоях тропосферы и представляет собою мономинеральную пористую горную породу из слабо связанных кристаллических зерен льда (снежинок), которые имеют гексагональную кристаллическую решетку и отличаются друг от друга формой и величиной. При температуре -50°C размер снежинок равен 0,1 мм, при $-40-30^{\circ}\text{C}$ – 0,15-0,25 мм, при -3°C – 1-2 мм. В условиях морского климата (Курильские острова, Сахалин и др.) размер свежее отложенных снежинок может превышать 5 см. Изучив образцы снега из Антарктиды (остров Расса), Франции (Альпы и Пиренеи), США (штат Монтана) и Канады (ледник Витон), В.С.Christner и соавт. [7] показали, что от 69 до 100% случаев центры градин (снежинок) имеют биологическое происхождение. Чаще всего это патогенные бактерии, в частности *Pseudomonas syringae*, способные служить центрами формирования в облаках не только кристалликов льда, но и дождевых капель. Снежный покров формируется в результате снегопадов и метелей, на протяжении зимы оседает и уплотняется, в нем переносятся масса и тепло. К концу зимы его разрезы уже отражают историю прошедших снегопадов, состояний погоды и запасы тепла в подстилающих грунтах. Кроме того, снег является удобным планшет-накопителем аэрозольных химических веществ и микроорганизмов, выпадающих из атмосферного воздуха. Все они могут поступать в снежный покров и из урбанизированных подстилающих почв, горных пород, древесного опада, несанкционированных свалок мусора, пищевых продуктов. Причем их содержание в нем может оказаться во много раз выше, чем в атмосферном воздухе. Например, зимою содержание ртути в приземной атмосфере города Благовещенска колеблется от 5,3 до 7,5 нг/м³, в снежном покрове на глубине 20 см – от 7,4 до 300 нг/кг, заодно выявляются (нг/кг) медь (1100-1300), цинк (3500-9300), свинец (300-980) и кадмий (31-32) [3]. При снеготаянии токсичные металлы вместе с микробами поступают в природные среды, главным образом в почву и воду.

Аэромикрофлора городской среды в зимнее время мало изучена, особенно, когда температура в верхних слоях атмосферы может колебаться от -50 до -5°C . Но биологические свойства микроорганизмов описаны преимущественно у видов, обитающих во льдах и водах Арктики, Антарктике, в вечномерзлых почвах. Например, бактерии рода *Carnobacterium*, вегетирующие и размножающиеся в вечной мерзлоте по берегам Колымы, способны расти в атмосфере со сверхнизким давлением (семь миллибар), богатой углекислым газом и почти лишённой кислорода, что приближает ее к марсианским условиям [10]. Поэтому решено исследовать морфологию бактерий и микроскопических грибов непосредственно в снежинках, выпадающих в безветренную погоду на территорию площади Победы города Благовещенска.

Материалы и методы исследования

Обычно количественно-качественный состав мик-

роорганизмов в снежном покрове определяют в кернях, взятых с помощью пробоотборных устройств. Для реализации поставленной цели применен другой способ: под оседающие снежинки выставляли открытые чашки Петри с плотной питательной средой – мясо-пептонным агаром, контролируя, чтобы в каждую чашку попало 5-7 снежинок (в зависимости от их величины). Чашки закрывали крышками и после таяния снежинок помещали в термостат при температуре $+37^{\circ}\text{C}$. Другие пустые стерильные чашки Петри заполняли падающим снегом и при комнатной температуре переводили его в талую воду. К ней прикладывали сеточки с формваровой подложкой, просушивали и просматривали в просвечивающем электронном микроскопе TESLA BS 500 (Чехия) с ускоряющим напряжением 60 кВ. Кроме того, одну каплю (0,1 мл) талой воды наносили на липкую поверхность ленты, закрепленной на торце дубликатов объектного столика электронного микроскопа. Можно удалить воду и из осадка готовить препараты-отпечатки. Все препараты подсушивали в стерильных чашках Петри при комнатной температуре, напыляли углеродом в вакуумной установке ВУП-4 и просматривали в сканирующем электронном микроскопе JEOL ISM-35C (Япония). Кстати, изготовленные препараты длительно сохраняются. Выросшие на чашках с мясо-пептонным агаром колонии верифицировали микробиологическими методами.

Результаты исследования и их обсуждение

При инкубации в термостате чашек с мясо-пептонным агаром, на которые падали снежинки, лишь в отдельных из них вырастало 2-3 изолированных колонии бактерий или микромицетов. Чаще наблюдался сливающийся рост, поэтому приходилось производить рассевы по методу Дрыгальского. В итоге были идентифицированы бактерии *Serratia marcescens*, *Sarcina flava*, *Bacillus* spp., *Pseudomonas* spp., представители родов *Penicillium* и темно-окрашенных грибов. Но поскольку в опытах использована самая простая питательная среда, можно с уверенностью сказать, что такой биологический состав снежинок далеко не соответствует действительности. Тем не менее, при осмотре препаратов талой воды в просвечивающем электронном микроскопе обнаружены (рис. 1) классические палочковидные бактерии, цепочка дрожжевидных клеток и мицелий плесневых грибов (рис. 2).

Очевидно, часть бактериальных видов обладает системами, поддерживающими их жизнеспособность при циркуляции в зимнем атмосферном воздухе и обеспечивающими формирование колоний при температуре $+37^{\circ}\text{C}$. Другая, меньшая часть бактерий, вынуждена трансформироваться в трудно культивируемые, бесстеночные элементарные тельца, устойчивые к высыханию и действию ультрафиолетовых лучей (рис. 3). Что касается плесневых грибов, то рост их колоний обусловлен присутствием в воздухе зачатков – как конидий (спор), так и фрагментов живых гифов мицелиальных микромицетов. Использование сканирующего электронного микроскопа позволило определить также некоторые детали поверхности этих фрагментов и размеры циркулирующих в атмосфере свободных ча-

стиц. Видно (рис. 4, 5), что в составе снежинок отдельно удаляются полиморфные мелкие частицы неизвестного происхождения и гифы мицелия длиной до 120 мкм, поверхность которых покрыта электронно-плотными ультрадисперсными частицами – своеобразным адсорбатом. Обращает внимание, что частицы адсорбата располагаются на гифе на некотором расстоянии друг от друга. Поэтому складывается впечатление, будто они связаны с поверхностными структурно-функциональными центрами (рецепторами) клеточной стенки, способными распознавать, связывать, аккумулировать и трансформировать различные вещества, попадающие в атмосферу. Следующей важной особенностью является то, что с помощью адсорбата несколько грибных нитей объединяется в единый комплекс. Такой комплекс заметно отличался

от других подобных образований. Для сравнения показан адсорбат на гифах, отпечатанных с домашней пыли (рис. 6). Здесь частицы значительно крупнее, достигают 5 мкм в диаметре и больше, хотя также объединяют несколько гифов. Определить состав таких адсорбатов не удастся. Не исключено, что они являются комплексной смесью внеклеточных органических и природных неорганических веществ, включающих либо являющихся антигенами и гаптенами. В их числе могут находиться и металлы-сенсибилизаторы Au, Be, Hg, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pt, Sb, Ti, V, W и др. А это означает, что адсорбат способен усилить токсичный, сенсибилизирующий и аллергенный потенциал плесневых грибов, попадающих в организм аэрогенным или алиментарным путем.

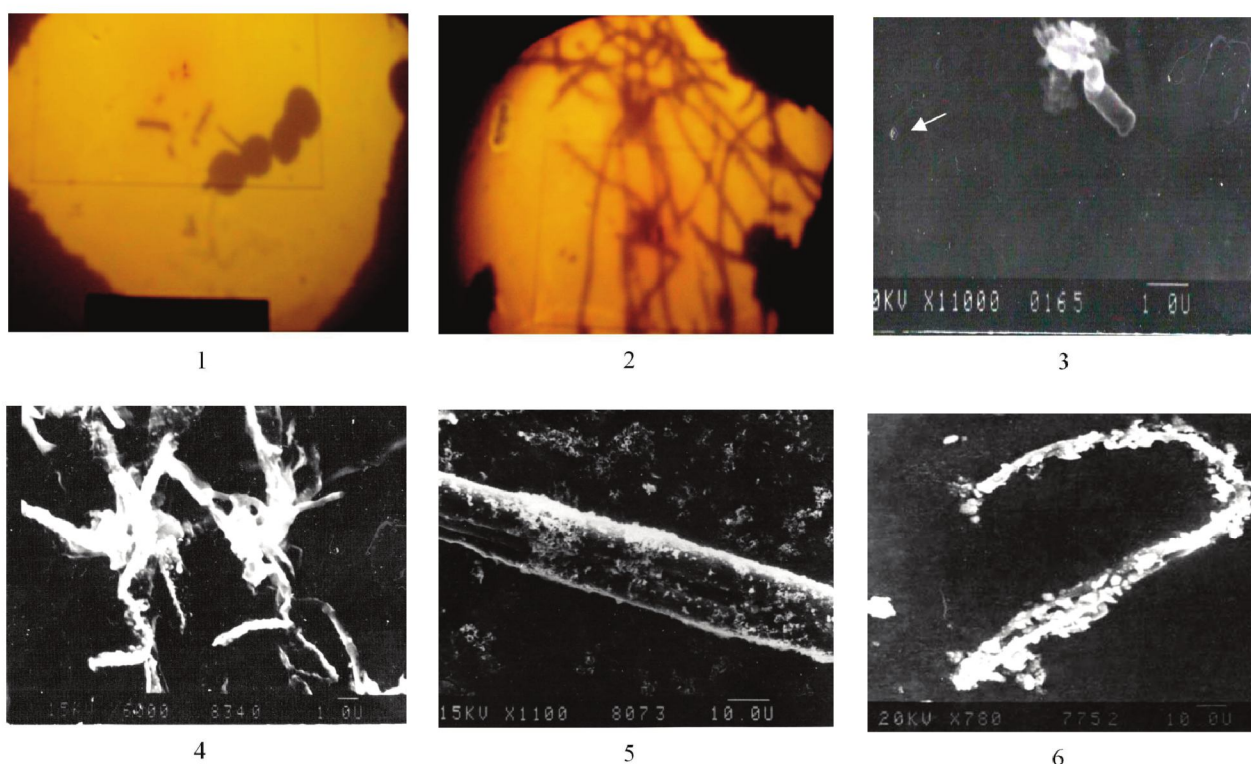


Рис. 1-6. Электронная микроскопия талой воды из падающих снежинок: 1 – палочковидные бактерии и клетки дрожжевидных грибов (просвечивающая электронная микроскопия $\times 3000$); 2 – фрагменты мицелия плесневых грибов (просвечивающая электронная микроскопия $\times 3000$); 3 – отмеченные стрелкой элементарные тельца L-форм бактерий (сканирующая электронная микроскопия $\times 11000$); 4-5 – мицелий плесневых грибов с адсорбатом на поверхности (сканирующая электронная микроскопия $\times 6000$ и 1100 , соответственно); 6 – нагруженные адсорбатом гифы плесневых грибов в домашней пыли (сканирующая электронная микроскопия $\times 700$).

Выводы

1. Установлено, что во время снегопада в снежинках находятся типичные палочковидные бактерии, одноклеточные дрожжеподобные грибы, фрагменты мицелия плесневых грибов, трудно культивируемые элементарные тельца L-форм бактерий и посторонние электронноплотные мелкодисперсные частицы.

2. Поверхность фрагментов мицелия плесеней покрыта мелкодисперсными частицами, отстоящими друг от друга на некотором расстоянии, что позволяет предполагать их связь с рецепторами клеточной

стенки.

3. Все обнаруженные в снежинках микроскопические и субмикроскопические формы могут быть центрами формирования снежинок.

4. Фрагменты мицелия могут быть ядрами более крупных снежинок.

ЛИТЕРАТУРА

- Воробьев А.А., Кривошеин Ю.С., Ширококов В.П. Медицинская и санитарная микробиология. М.: Академия, 2003. 464 с.
- Дюнин А.К. В царстве снега. Новосибирск:

Наука, 1983. 160 с.

3. Катола В.М. Токсичные металлы в окружающей среде Благовещенска // Экология и промышленность России. 2010. №3. С.27–29.

4. Коротяев А.И., Бабичев С.А. Медицинская микробиология, иммунология и вирусология. СПб.: СпецЛит, 2008. 767 с.

5. Нетрусов А.И., Котова И.Б. Микробиология: учебник для высших заведений. М.: Академия, 2006. 352 с.

6. Хименков А.Н., Брушков А.В. Введение в структурную криологию. М.: Наука, 2006. 279 с.

7. Ubiquity of Biological Ice Nucleators in Snowfall / B.C.Christner [et al.] // Science. 2008. Vol.319, №5867. P.1214.

8. Frenchel T. Biogeography for bacteria // Science. 2003. Vol.301, №5635. P.925–926.

9. Microbiology and atmospheric processes: an upcoming era of research on bio-meteorology / C.E.Morris [et al.] // Biogeosciences Discuss. 2008. Vol.5. P.191–212.

10. Growth of Carnobacterium spp. from permafrost under low pressure, temperature, and anoxic atmosphere has implications for Earth microbes on Mars / W.L.Nicholson [et al.] // Proc. Nat. Acad. Sci. 2013. Vol.110, №2. P.666–671.

11. Ruprecht J. Abundance of cellular material and proteins in the atmosphere // Science. 2005. Vol.308, №5718. P.73.

REFERENCES

1. Vorob'ev A.A., Krivoshein Yu.S., Shirobokov V.P. *Meditinskaya i sanitarnaya mikrobiologiya* [Medical and

sanitary microbiology]. Moscow: Akademiya; 2003.

2. Dyunin A.K. *V tsarstve snega* [In the realm of snow]. Novosibirsk: Nauka; 1983.

3. Katola V.M. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii* 2010; 3:27–29.

4. Korotyaev A.I., Babichev S.A. *Meditinskaya mikrobiologiya, immunologiya i virusologiya* [Medical microbiology, immunology and virology]. St. Petersburg: SpetsLit; 2008.

5. Netrusov A.I., Kotova I.B. *Mikrobiologiya* [Microbiology]. Moscow: Akademiya; 2006.

6. Himenkov A.N., Brushkov A.V. *Vvedenie v strukturnuyu kriologiyu* [Introduction to the structural cryology]. Moscow: Nauka; 2006.

7. Christner B.C., Morris C.E., Foreman C.M., Cai R., Sands D.C. Ubiquity of Biological Ice Nucleators in Snowfall. *Science* 2008; 319(5867):1214.

8. Frenchel T. Biogeography for bacteria. *Science* 2003; 301(5635):925–926.

9. Morris C.E., Sands D.C., Bardin M., Jaenicke R., Vogel B., Leyronas C., Ariya P.A., Psenner R. Microbiology and atmospheric processes: an upcoming era of research on bio-meteorology. *Biogeosciences Discuss.* 2008; 5:191–212.

10. Nicholson W.L., Krivushin K., Gilichinsky D., Schuerger A.C. Growth of Carnobacterium spp. from permafrost under low pressure, temperature, and anoxic atmosphere has implications for Earth microbes on Mars. *Proc. Nat. Acad. Sci.* 2013; 110(2):666–671.

11. Ruprecht J. Abundance of cellular material and proteins in the atmosphere. *Science* 2005; 308(5718):73.

Поступила 20.03.2013

Контактная информация

Виктор Моисеевич Катола,

кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник,

Институт геологии и природопользования Дальневосточного отделения РАН,

675000, г. Благовещенск, пер. Релочный, 1.

E-mail: katola-amur@list.ru

Correspondence should be addressed to

Viktor M. Katola,

MD, PhD, Leading staff scientist,

Institute of Geology and Nature Management of Far Eastern Branch RAS,

1 Relochny Lane, Blagoveshchensk, 675000, Russian Federation.

E-mail: katola-amur@list.ru