

УДК 551.578.4.:504.05/.06(571.62)

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МИКРООРГАНИЗМОВ В СНЕЖНОМ ПОКРОВЕ Г. ХАБАРОВСКА

О.А. Кириенко, Е.Л. Имранова
Институт водных и экологических проблем ДВО РАН,
ул. Дикопольцева 56, г. Хабаровск, 680000,
e-mail: kirienko53@mail.ru, micro@iver.as.khb.ru

Рассмотрены результаты изучения микробиологических особенностей снежного покрова Хабаровска. Выявлены три станции наиболее сильного биологического загрязнения воздушной среды. Это транспортная зона, среди парков – территория «Динамо», прилегающая к магистральной улице города с интенсивным движением автотранспорта, и промышленная зона – ТЭЦ–3. О биологическом загрязнении атмосферы свидетельствует накопление в снежном покрове пигментирующих и спорообразующих микроорганизмов, в том числе условно-патогенных микромицетов.

Ключевые слова: снежный покров, минерализация, взвешенные вещества, микроорганизмы-индикаторы, биозагрязнение, микромицеты.

Введение

Хабаровск – крупный промышленный центр и транспортный узел на Дальнем Востоке с населением более 600 тысяч человек, со сложными климатическими условиями и длительными снежными зимами (средний период залегания снега составляет 140 дней). Уровень загрязнения воздуха в городе повышенный за счет бенз(а)пирена и формальдегида, из основных примесей атмосфера больше всего загрязнена взвешенными веществами и диоксидом азота [6, 7].

Основными стационарными источниками загрязнения атмосферы в городе являются предприятия теплоэнергетики (ТЭЦ), нефтепереработки (Хабаровский НПЗ) и автотранспорта (45% от суммарного выброса загрязняющих веществ). В зимний период в городе преобладают ветра преимущественно юго-западного направления, приносящие и рассеивающие различные загрязняющие вещества.

Снежный покров (СП), являясь интегральным показателем степени загрязнения атмосферы, обладает не только сорбционной, но и миграционной способностью, внося свой вклад в загрязнение городской экосистемы [8, 11]. В литературе имеются сведения о геохимическом состоянии снежного покрова Хабаровска [5–7], но снежный покров является также промежуточной экологической нишей для микроорганизмов [4, 8]. Поэтому необходим контроль снежного покрова не только по химическим, но и по микробиологическим показателям. Ранее на территории города работы по

изучению микробеценозов снежного покрова не проводились.

Цель работы – изучение биологического загрязнения снежного покрова по микробиологическим показателям.

Объекты и методы

Отбор проб проводили в период максимального влагозапаса в середине марта 2018 г. Было отобрано 9 интегральных проб СП снегомерным цилиндром ВС–43 на всю глубину снежного покрова, за исключением припочвенного слоя 2–3 см, методом конверта (10x10 м). На микробиологические исследования пробы снега отбирали в стерильные пластиковые емкости [2] на следующих площадках (станциях) Хабаровска: правый берег р. Амур (ст. 1), центр города, зона воздействия автотранспорта (ст. 2), на льду р. Амур (ст. 3), санаторий «Детский» (ст. 4); районы парков: Хабаровский краевой парк им.Н.Н. Муравьева-Амурского (ст. 5), «Динамо» (ст. 6); район влияния ТЭЦ–1 (ст. 7), ТЭЦ–2 (ст. 8), ТЭЦ–3 (ст. 9).

Микробиологические посева осуществляли общепринятыми в микробиологии методами в день отбора образцов. Для выделения и количественного учета гетеротрофных микроорганизмов использовали среду РПА/10 с органическим азотом; для микроорганизмов, усваивающих минеральный азот, – среду КАА, для выделения микромицетов – среду Чапека [9]. Численность микроорганизмов выражали в колониеобразующих единицах (КОЕ) в 1 мл талой воды. Идентификацию выделенных штаммов микромицетов

проводили по определителю Л.Н. Егоровой [3]. Результаты подвергались статистической обработке по стандартным методикам с использованием программного пакета Microsoft Excel.

Результаты и обсуждения

Зима 2017–2018 гг. была преимущественно холодной с осадками чуть больше (112%) от многолетней нормы, наступила в обычные сроки, переход температуры воздуха через 0°C к низким значениям отмечен 30 октября 2017 г. Больше всего осадков выпало в январе (158% от нормы), меньше всего – в феврале (20% от нормы) 2018 г. СП установился 13 ноября в сроки близкие к норме. Метеорологическая зима закончилась 24 марта. Снеготаяние началось 19 марта, интенсивное таяние СП – 27 марта (данные ФГБУ «ДВ УГМС» для метеостанции Хабаровск).

Влияние антропогенной деятельности на СП отразилось в повышении содержания взвешенных веществ, возрастании величины минерализации до 4,9 условно-фоновых единиц и превышении ПДК по ионам аммония в 3 раза максимально в зимний период. На территорию г. Хабаровска за зимний сезон 2017–2018 гг. в среднем из атмосферы поступило 2,24 т/км² растворимых минеральных веществ, в % от общего количества солей в виде SO₄²⁻ (23,4%); NO₃⁻ (13,4%), NH₄⁺ (3,9%) [7].

Проведенные исследования выявили закономерности изменения качественного и количественного состава микроорганизмов в зависимости от места отбора проб СП различных функциональных зон города (промышленная, парковая, транспортная). На рис. 1 показана численность различных групп микроорганизмов, выделенных из снежного покрова, и содержание взвешенных веществ по станциям наблюдений. Самой многочисленной группой микроорганизмов СП были гетеротрофные бактерии. Особенно много представителей этой функциональной группы обнаружено в снежном покрове на двух участках центра города (ст. 2 и ст. 6). Общая численность гетеротрофных бактерий самой загрязненной точки отбора (ст. 2) достигала 5300 КОЕ/мл талой воды, а в парковой зоне (ст. 6), прилегающей к магистральной улице Хабаровска, – 2650 КОЕ/мл. Оба образца СП отличались большим разнообразием пигментных форм бактерий, относящихся к рр. *Sarcina*, *Micrococcus*, *Pseudomonas*, *Arthrobacter* с колониями желтого, оранжевого, красного, коричневого, черного цветов (до 11–12 видов), а также спорообразующих бактерий рода *Bacillus*. Эти широко распространенные представители психрофильных и психротолерантных бактерий,

а также родственные им организмы, способны сохранять жизнеспособность при низких температурах окружающей среды. Длительное выживание бактериальных клеток связано с успешным протеканием вторичного метаболизма, образованием различных морфологических структур, спорообразованием, синтезом защитных пигментов [1]. Минерализаторы, выделенные на среде КАА с минеральным азотом, представлены в основном бактериями. Коэффициент минерализации КАА/РПА в первом случае (центр города, обочина дороги с интенсивным движением транспорта) – 0,37. Во втором (парковая зона, прилегающая к главной магистрали города) – 0,64. Актиномицеты были обнаружены только в двух образцах: в СП, отобранном у автодороги в центре города (ст. 2), и в СП ст. 9 (район ТЭЦ-3). В самом загрязненном образце (ст. 2) актиномицетов было в 20 раз больше (700 КОЕ/мл), чем в снежном покрове станции 9 (33 КОЕ/мл).

Микробиологические данные согласуются с химическими показателями. Проведенный корреляционный анализ показал высокие коэффициенты корреляции гетеротрофов со взвешенными (r=0,833) и с минеральными (r=0,866) веществами, у бактерий-минерализаторов этот коэффициент равен (r=0,828) и (r=0,825) соответственно. Максимальные показатели взвешенных веществ в снежном покрове отмечены на ст. 2 (556 мг/дм³).

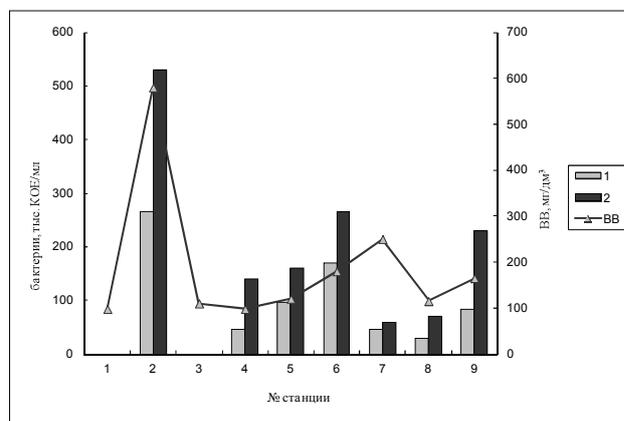


Рис. 1. Содержание в атмосфере взвешенных веществ (ВВ) и численность микроорганизмов в снежном покрове г. Хабаровска: 1) бактерии, использующие минеральные вещества; 2) гетеротрофные бактерии

Fig. 1. The suspended matter content and the number of microorganisms in the snow cover of Khabarovsk: 1) bacteria using mineral substances, 2) heterotrophic bacteria

Эти данные превышают показатели других станций в 3–4 раза. В СП ст. 2 наблюдались также наибольший уровень минерализации, удельной электропроводности, высокие концентрации Ca_2^+ , Mg_2^+ , NO_2^- , HCO_3^- , Cl^- , NO_3^- и SiO_2 . Среди парков следует отметить парк «Динамо» (ст. 6), находящийся в центре города, в зоне влияния выбросов автотранспорта, характеризующийся тоже высокими показателями минерализации ($25,7 \text{ мг/дм}^3$) и более значительным загрязнением СП ионами аммония (до 3 ПДК). В промышленной зоне повышенные значения минерализации отмечены для района ТЭЦ–3 (ст. 9) ($28,1 \text{ мг/дм}^3$) [6, 7, 10].

Снежный покров в прибрежной зоне р. Амур и на льду (ст. 1 и ст. 3) не содержал бактерий и актиномицетов, встречались только единичные споры микромицетов. На этих же станциях зафиксировано минимальное содержание взвешенных веществ и низкие значения минерализации в образцах СП, что может быть связано с преобладающим направлением атмосферных потоков по долине реки Амур в зимний период.

Важной составляющей микробного сообщества являются микроскопические грибы. Микромицеты отражают специфические климатические, физико-химические и биологические свойства среды. Изменение структуры комплекса микромицетов может служить информативным параметром биоиндикации почв. Загрязнение атмосферы города промышленными и транспортными выбросами способствует увеличению численности потенциально патогенных видов в снежном покрове и в почве. Происходит смена видового состава, доминирующие грибы аборигенной микобиоты замещаются темноокрашенными (меланинсодержащими) формами [11–13].

Исследование микологического состава СП Хабаровска показало, что в центральной части города с высокой техногенной нагрузкой доминировали темноокрашенные микромицеты, так как эти виды грибов обладают большой резистентностью к химическим загрязнителям и ультрафиолетовому излучению за счет присутствия у них меланиновых пигментов. С наибольшей частотой встречались виды рода *Cladosporium* (*C. cladosporioides*, *C. herbarum*, *C. oxysporum*) как в парковой (ст. 4, 5, 6), так и промышленной (ст. 7, 8) зонах, а также грибы родов *Aspergillus* (*A. niger*) и *Alternaria* (*A. alternata*). Из девяти станций отбора СП в семи были обнаружены темноокрашенные виды (на ст. 1 грибы не выявлены, на ст. 3 – единичные колонии). Численность микромицетов в СП парковой зоны (ст. 4) и промышленной зоны ТЭЦ-3

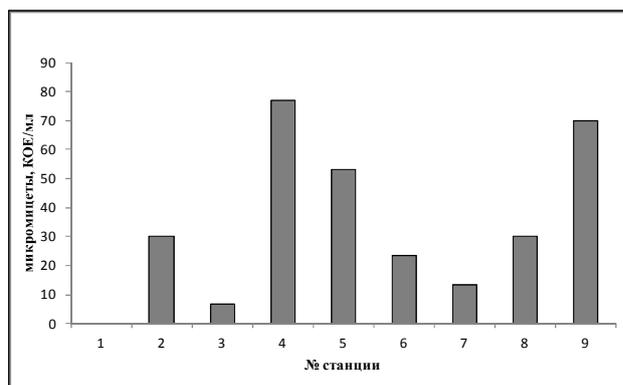


Рис. 2. Микромицеты снежного покрова г. Хабаровска

Fig. 2. Micromycetes in the snow cover of Khabarovsk

(ст. 9) почти одинаковая, но видовой состав совершенно различен (рис. 2).

В снежном покрове парковой зоны преобладали виды, относящиеся к родам *Cladosporium*, *Mucor*, а из СП с территории ТЭЦ–3 выделены такие грибы, как *Alternaria alternata*, *Aspergillus niger*, *Humicola nigrescens*. То же можно сказать и об образцах со станций 2 и 8. При одинаковой численности микромицетов в транспортной зоне (ст. 2) преобладали виды родов *Cephalosporium*, *Mucor*, *Aspergillus*; в районе ТЭЦ–2 (ст. 8) промышленной зоны в СП обнаружены виды грибов, относящиеся к роду *Cladosporium* (*C. herbarum*, *C. oxysporum*) и *Alternaria alternata*. Эти микроскопические грибы являются особо устойчивыми к неблагоприятным условиям окружающей среды, относятся к условно-патогенным или оппортунистическим видам, свидетельствуют о высокой антропогенной нагрузке и могут представлять потенциальную угрозу для здоровья городского населения, вызывая микозы и аллергию [11]. Представители этих родов сохраняют способность к росту на питательных средах даже после длительного промораживания.

Заключение

Изучение микробиологического сообщества снежного покрова как элемента городских экосистем позволяет оценить уровень загрязнения атмосферы за зимний период. Снег обладает уникальной аккумулирующей способностью и несет информацию не только о химических веществах, но и биотических компонентах. С увеличением техногенной нагрузки возрастает количество микроорганизмов в снежном покрове. Они поступают со снежными осадками из более высоких слоев атмосферы, а также со взвешенными веществами

от выбросов промышленных предприятий и из пригородных территорий, переносятся железнодорожным и автотранспортом.

Наличие в снежном покрове пигментных форм бактерий и спорообразующих видов, в том числе темноокрашенных и условно-патогенных микромицетов, свидетельствует о высокой устойчивости микробных ассоциаций к химическому загрязнению, инсоляции, низким температурам. В период весеннего снеготаяния сапрофитные микроорганизмы, в том числе фитопатогенные и условно-патогенные виды, вместе с макро- и микроэлементами поступают в почвенный покров и малые реки Хабаровска, а затем в их водоприемник – р. Амур, способствуя биологическому загрязнению городской среды.

Авторы выражают благодарность кандидату географических наук Новороцкой А.Г. за предоставление данных по химическому составу снежного покрова, за помощь и консультации.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Андреева И.С., Соловьянова Н.А., Вечканов В.А., Терновой В.А. Разнообразие психротолерантных микроорганизмов в атмосферных аэрозолях Западной Сибири // Биологические науки. 2015. Вып. 1. С. 52–56.
2. Василенко В.Н., Назаров И.М., Фридман Ш.Д. Мониторинг загрязнения снежного покрова. Л.: Гидрометеиздат, 1985. 182 с.
3. Егорова Л.Н. Почвенные грибы Дальнего Востока: гифомицеты. Л.: Наука, 1980. 192 с.
4. Напрасникова Е.В. Особенности геохимического и микробиологического состояния снежного покрова Иркутска // Сибирский медицинский журнал. 2007. № 3. С. 74–76.
5. Новороцкая А.Г. Роль снежного покрова в загрязнении р. Амур (на примере г. Хабаровска) // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова: сборник научных трудов. Владивосток, 2011. Вып. 5. С. 412–418.
6. Новороцкая А.Г. Эколого-гляциохимические критерии оценки состояния атмосферы г. Хабаровск // Современные научные исследования и инновации. 2016. № 12. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2016/12/75274> / (дата обращения: 22.01.2018).
7. Новороцкая А.Г. О результатах химического мониторинга снежного покрова Хабаровска // Успехи современного естествознания. 2018. № 12–2. С. 374–379.
8. Овчинникова Т.А. Микробиота снегового покрова территории города Самары. // Вестник Самарского университета. Естественнонаучная серия. 2015. № 3. С. 189–197.
9. Практикум по микробиологии : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / А.И. Нетрусов, М.А. Егорова, Л.М. Захарчук и др.; под общ. ред. А.И. Нетрусова. М.: Издател. центр «Академия», 2005. 608 с.
10. Приказ Минсельхоза России от 13.12.2016 № 552 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения» (зарегистрирован в Минюсте России 13.01.2017 № 45203). URL: <http://docs.cntd.ru/document/420389120> (дата обращения: 22.01.2018).
11. Свистова И.Д., Корецкая И.И. Накопление опасных для человека почвенных микромицетов в зоне влияния автомагистрали «Дон» // Проблемы медицинской микологии. 2014. Т. 16, № 4. С. 38–40.
12. Шумилова Л.П. Оценка экологического состояния почв и воздушной среды г. Благовещенск: автореф. дис... канд. биол. наук. Владивосток, 2012. 24 с.
13. Фишер Н.К., Гаретова Л.А., Имранова Е.Л., Кириенко О.А., Афанасьева М.И. Оценка экологического состояния малых рек центральной части Хабаровска в период снеготаяния // Региональные проблемы. 2018. Т. 21, № 3. С. 35–44.

DISTRIBUTION OF MICROORGANISMS IN SNOW COVER OF KHABAROVSK

O.A. Kirienko, E.L. Imranova

In the paper, the authors considered the results of microbiological features study of the snow cover in Khabarovsk. They revealed three stations of strongest biological air pollution. They are: the transport zone; among the parks – the territory of "Dynamo" adjacent to the main heavy traffic street of the town, and the thermal power plant in the industrial zone. The biological pollution in the atmosphere is evidenced by accumulation of pigmentation and spore-forming microorganisms, including conditionally pathogenic micromycetes, in the snow cover.

Keywords: snow cover, mineralization, suspended solids, indicator microorganisms, bio-pollution, micromycetes.