

УДК 631.46:574.4 (571.56)
ББК 40.334.4 (2Рос.Яку)
Е 38

Ерофеевская Л.А.

Научный сотрудник института проблем нефти и газа Сибирского отделения Российской академии наук, Якутск, e-mail: lora-07.65@mail.ru

Антропогенно измененная микрофлора почвенной экосистемы как возможное звено в цепочке оппортунистических инфекций (Рецензирована)

Аннотация. Представлен анализ статистической обработки результатов бактериологических исследований почв селитебных зон Якутии. Показано, что в результате увеличения антропогенной нагрузки на экосистему снижается биологическая активность грунтов, отмечается уменьшение истинных представителей почвенных микробиоценозов, что в свою очередь увеличивает негативное влияние почв на здоровье человека. На фоне снижения находок индикаторных бактерий (энтерококков и эшерихий) в якутских почвах все чаще встречаются токсичные виды грибов рода *Fusarium*, *Mucor* и *Aspergillus*, что нередко является причиной заболеваний, передающихся через объекты окружающей среды. Установлено, что антропогенно измененная микрофлора почвенной экосистемы формирует состояние здоровья населения, а микробная контаминация почвы и, в совокупности, других объектов окружающей среды является возможным звеном в цепочке оппортунистических заболеваний.

Ключевые слова: почва, микрофлора, бактерии, инфекции, нефтезагрязнение.

Erofeevskaya L.A.

Researcher, Institute of Oil and Gas Problems, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Yakutsk, e-mail: lora-07.65@mail.ru

Anthropogenically changed microflora of the soil ecosystem as possible link in the chain of opportunistic infections

Abstract. An analysis is made of statistical processing results of bacteriological researches of soils in residential zones of Yakutia. As a result of increasing anthropogenic load on the ecosystem, biological activity of the soil reduces and the true representatives of soil microbiocenoses decrease, which in turn, increases the negative impact of soils on human health. Against the background of reduced findings of indicator bacteria (enterococci and *Escherichia*), in Yakutia soils more common are toxic species of fungi of the genus *Fusarium*, *Mucor* and *Aspergillus*, which also can cause diseases transmitted through environmental objects. It is inferred that anthropogenically changed microflora of the soil ecosystem shapes the state of health of the population and the microbial contamination of the soil and other objects of a surrounding medium is a possible link in the chain of opportunistic diseases.

Keywords: soil, microflora, bacteria, infections, petropollution.

В результате хозяйственной деятельности человека в природу попадают тонны биологических и химических отходов. Вместе с ними в экосистему вносится множество нехарактерных видов микроорганизмов, ухудшающих условия существования биоценозов или негативно влияющих на здоровье людей и животных. К основным факторам, определяющим доминирующую роль микробов в окружающей среде, относятся широкое распространение микроорганизмов и их необычайная метаболическая гибкость при высокой скорости обмена.

Главными источниками биологического и химического загрязнения экосистем Якутии являются предприятия кожевенного производства, золотодобывающей, алмазоперерабатывающей, угледобывающей, нефтегазовой промышленности.

Немаловажным фактором, способствующим распространению инфекций бактериальной природы, могут служить различные земляные работы и строительство, объем которых за последние годы в Якутске и его пригородах стремительно растет. Во время подготовки строительных площадок, подвода коммуникаций и закладки фундаментов домов горизонты почвы, а вместе с ними и микроорганизмы, покоящиеся в них, оказываются вскрытыми, выброшенными на поверхность и рассеянными в окружающей среде. Известно большое количество бактерий, способных к существованию на больших глубинах, часть из которых, посредством споруляции, спокойно переживает экстремальные условия и при попадании в благоприятные условия может вызвать инфекционный процесс.

Так, например, при исследовании почвенных образцов, отобранных на месте снятия плодородного почвенного слоя при проведении технической рекультивации, нами выделены несколько видов спорулирующих культур, среди которых оказался возбудитель сибирской язвы.

На твердых питательных средах штамм формировал нетипичные для данного вида колонии. Однако при идентификации штамма с помощью анализа 16SPHK исследуемая культура была отнесена к виду *Bacillus anthracis*. Филогенетическое дерево полученного штамма представлено в табличном виде (табл. 1).

Таблица 1

Филогенетическое дерево

Name	Strain	Authors	Accession	Pairwise Similarity (%)	Diff/ Total nt
<i>Bacillus anthracis</i>	ATCC 14578(T)	Cohn 1872	AB190217	100,00	0/966
<i>Bacillus anthracis</i>	Ames	Cohn 1872	AE016879	99,90	1/990
<i>Bacillus cereus</i>	ATCC 14579(T)	Frankland and Frankland 1887	AE016877	99,90	1/990
<i>Bacillus pseudomycooides</i>	DSM 12442(T)	Nakamura 1998	ACMX01000133	99,60	4/990
<i>Bacillus mycooides</i>	ATCC 6462(T)	Flügge 1886	AF155956	99,60	4/990
<i>Bacillus thuringiensis</i>	ATCC 10792(T)	Berliner 1915	ACNF01000156	99,49	5/990
<i>Bacillus mycooides</i>	DSM 2048(T)	Flügge 1886	ACMU01000002	99,19	8/990
<i>Bacillus weihenstephanensis</i>	WSBC 10204(T)	Lechner et al. 1998	Z84578	99,09	9/989
<i>Bacillus weihenstephanensis</i>	KBAB4	Lechner et al. 1998	CP000903	98,99	10/990
<i>Bacillus gaemokensis</i>	BL3-6 KCTC 13318(T)	Jung et al. 2010	FJ416489	98,72	12/937
<i>Bacillus manliponensis</i>	BL4-6(T)	Jung et al. 2011	FJ416490	97,84	21/972

Нуклеотидная последовательность для исследуемого штамма:

CATGCAAGTCGAGCGAATGGATTAAGAGCTTGCTCTTATGAAGT-
TAGCGGGCGGACGGGTGAGTAACACGTGGGTAACCTGCCATAA-
GACTGGGATAACTCCGGGAAACCGGGGCTAATACCGGATAA-
CATTTTGAACCGCATGGTTCGAAATTGAAAGGCGGCTTCGGCTGTCACT-
TATGGATGGACCCGCGTCGCATTAGCTAGTTGGTGAGGTAACGGCTCAC-
CAAGGCAACGATGCGTAGCCGACCTGAGAGGGTGATCGGCCA-
CACTGGGACTGAGACACGGCCCAGACTCCTACGGGAGGCAGCAGTAGG-
GAATCTTCCGCAATGGACGAAAGTCTGACGGAGCAACGCCGCGTGAGT-
GATGAAGGCTTTCGGGTCGTAAACTCTGTTGTTAGGGAAGAA-
CAAGTGCTAGTTGAATAAGCTGGCACCTTGACGGTACCTAACCA-
GAAAGCCACGGCTAACTACGTGCCAGCAGCCGCGGTAATACG-
TAGGTGGCAAGCGTTATCCGGAAT-
TATTGGGCGTAAAGCGCGCGCAGGTGGTTTTCTTAAGTCTGATGTGAAAGCCCACGGCTCA
ACCGTGGAGGGTCATTGGAACTGGGAGACTTGAGTGCAGAAGAG-
GAAAGTGGAATCCATGTGTAGCGGTGAAATGCGTAGAGATATGGAG-
GAACACCAGTGGCGAAGGCGACTTTCTGGTCTGTAACCTGACACT-
GAGGCGCGAAAGCGTGGGGAGCAAACAGGATTAGA-
TACCCTGGTAGTCCACGCCGTAACGATGAGTGCTAAGTGTTA-
GAGGGTTTTCCGCCCTTATGTGCTGAAGTTAACGCATTAAG-
CACTCCGCCTGGGGAGTACGGCCGCAAGGCTGAAACTCAAAGGAATT-
GACGGGGGCCCCGCACAAGCGGTGGAGCATGTGGTTTAATTTCGAAG-
CAACGCGAAGAACCTTACCAGGTCTTGACATCCTCTGACAACCCTAGA-
GATAGGGCTTCTCCTTCGG

Обостряют эпидемиологическую ситуацию республике также и коммунальные службы, которые не на должном уровне следят за чистотой дворов. В Якутии все еще много неблагоустроенного ветхого жилья. Несвоевременно проводится очистка мусоросборников и уличных туалетов. Жидкие бытовые отходы из выгребных ям растекаются по дворам неблагоустроенных районов, загрязняя почву. Твердые отходы растаскиваются стаями бродячих собак. В зимний период часто перемерзают и текут канализационные трубы, сточные воды заливают дворы. Все это, в совокупности, способствует распространению возбудителей оппортунистических инфекций – заболеваний, вызванных условно-патогенными вирусами или клеточными организмами (бактериями, грибами, простейшими), которые обычно приводят к болезни у людей со сниженным иммунитетом.

По сообщению Управления Роспотребнадзора по Республике Саха (Якутия), в летний период в регионе стабильно отмечается эпидемиологическая ситуация по кишечным инфекциям. Высокий уровень заболеваемости отмечается в Томпонском (77,7%), Вилюйском (62,7%), Алданском (37,4%), Усть-Алданском (27,1%), Нерюнгринском (23,5%), Мирнинском (24,8%) районах. В городе Якутске показатель равен 27,5%.

Антропогенное и техногенное воздействия на компоненты природной экосистемы приводят к ухудшению и видоизменению макро- и микромира объектов окружающей среды.

С целью изучения возможного влияния экологических факторов на состояние здоровья населения проведен анализ микробиологических исследований почв населенных пунктов Центральной Якутии.

Методы исследований

Оценку гигиенического состояния почв осуществляли согласно санитарным правилам СанПиН 2.1.7.1287-03 «Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы».

Анализ микробиологических исследований почв проводили с учетом комплекса показателей: определения общего микробного числа (ОМЧ) как показателя интенсивности загрязнения внешней среды органическими веществами и наличия санитарно-показательных микроорганизмов, а именно бактерий группы кишечной палочки (БГКП), свидетельствующих о наличии свежего фекального загрязнения; сульфатредуцирующих клостридий (*Clostridia perfringens*), указывающих на давнее фекальное загрязнение; энтерококков как показателя интенсивности самоочищения почвы; наличия патогенных энтеробактерий (ПЭБ) – возбудителей острых кишечных инфекций. Также почвы исследованы на гельминты, наличие которых является наиболее точным показателем санитарного неблагополучия объектов окружающей среды.

Результаты исследований

По санитарно-микробиологическим показателям исследованные почвы населенных пунктов левобережья трассы реки Лена между Табагинским и Кангаласским мысами оценены как слабо и умеренно загрязненные. По данным посева на плотные питательные среды, численность сапрофитных почвенных микроорганизмов варьирует в пределах 1–100 миллионов клеток на 1 грамм сухого веса почвы (табл. 2).

Среди выделенных культур энтеробактерии рода *Klebsiella* занимают лидирующее место.

Анализ циркуляции выделенных микроорганизмов указывает на тесную взаимосвязь макро- и микроорганизмов. Так, только на представителей рода *Klebsiella* при исследованиях пищевых продуктов пришлось 48,0%; воды – 35,1%, смывов с объектов окружающей среды – 48,2%. При расшифровке гастроэнтероколитов этот показатель составил 40%. На развитие дисбактериозов *Klebsiella* повлияла в 13% случаев. Клебсиеллез органов дыхания составил 5% от всей выделенной микрофлоры [1, с. 33].

В связи с тем, что под действием низкой температуры клебсиеллы могут терять способность к капсулообразованию, то специалисты лабораторий, не имеющие хорошей практики, при акценте на микроскопию могут ошибаться, идентифицируя этот род бактерий.

При замораживании вегетативные клетки микроорганизмов переходят в состояние низ-

кой метаболической активности, развивая антистрессовые механизмы, влияющие на их патогенность. В результате патогенез поражений человека клебсиеллами, выделенными из объектов внешней среды, в северных климатических условиях напрямую зависит от иммунитета.

Таблица 2

Микробиологическая характеристика почв

Показатели	Населенный пункт								
	Кангалассы	Тулагино	Сырдах	Кильдямыцы	Усть-Хатын	Большая Марха	Хатасы	Владимировка	Малая Табага
pH	7,2	6,4	6,0	7,4	6,0	7,5	6,9	6,5	7,0
t°C	17	16	15	16	17	16	14	15	16
Влажность, %	37	42	44	36	37	28	44	48	40
ОМЧ, млн КОЕ/г	0,45	5,2	6,3	2,3	4,0	2,4	5,6	7,5	6,2
Титр БГКП	0	0,01	0,001	0,1	0	0	0,001	0,1	0,1
Титр энтерококков	0	0,1	1,0	0	0	0	0,1	1,0	0
Титр <i>S.perfringens</i>	0	0	0,01	0	0	0	0,1	0,1	0
ПЭБ	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Санитарная оценка	слабо загрязненная	умеренно загрязненная	слабо загрязненная	слабо загрязненная	слабо загрязненная	умеренно загрязненная	умеренно загрязненная	слабо загрязненная	слабо загрязненная

Следует отметить увеличение удельного веса мультирезистентных штаммов клебсиелл, устойчивых к нескольким антибактериальным препаратам. При анализе структуры лекарственной чувствительности микроорганизма, выделенного у 49 больных, отмечена 100% устойчивость бактерий рода *Klebsiella* к тетрациклину, фуразолидону, ампициллину, клиндамицину, полимиксину, фурадонину, амикацину, карбециллину. Это указывает на то, что в экосистеме циркулируют одни и те же штаммы обозначенных бактерий.

В результате увеличения антропогенной нагрузки на экосистему снижается биологическая активность грунтов, отмечается уменьшение истинных представителей почвенных микробиоценозов, что в свою очередь увеличивает негативное влияние почв на здоровье человека.

На фоне снижения находок индикаторных бактерий (энтерококков и эшерихий) в якутских почвах все чаще встречаются токсичные виды грибов рода *Fusarium*, *Mucor* и *Aspergillus*, что также может послужить причиной заболеваний, передающихся через объекты окружающей среды. Проведенные исследования в разных районах Якутии показали, что патогенные микромицеты постоянно присутствуют в окружающей среде и также могут послужить источниками заболеваний (пищевых отравлений, дисбактериозов, заболеваний органов дыхания, длительно незаживающих ран и т.д.).

Сама же возможность использования почвенных грибов в качестве санитарно-показательных микроорганизмов практически не рассматривается. Поступающий в бактериологические лаборатории материал на анализ не несет за собой специальной нагрузки в виде исследований на наличие патогенных грибов, в то время как из-за высокой чувствительности к антропогенному воздействию почвенные грибы можно использовать в качестве индикаторов загрязненности окружающей среды.

Таким образом, длительный низкотемпературный стресс не только не оказывает фатального воздействия на микробиоценозы северных почв, но также способствует их адаптации и выживанию. А антропогенно измененная микрофлора экосистемы активно участвует в эпидемиологических процессах и формирует состояние здоровья населения.

Высокая заболеваемость среди взрослого населения территории Центральной Якутии регистрируется в Намском и Амгинском улусах [2, с. 61–65] (табл. 3).

Однако изученность данной проблемы в Республике Саха (Якутия) остается такой, что большей частью не дает оснований указывать на наличие прямой причинной связи состояния здоровья населения с антропогенным загрязнением почвенного покрова и нарушением экологического равновесия.

Таблица 3

Показатель заболеваемости взрослого населения

Категория заболеваемости	Количество обращений на 1000 населения	Район
Общая заболеваемость	2320,4	Намский
	2089,1	Амгинский
Первичная заболеваемость	1047,2	Намский
	965,0	Амгинский

С научно-практических подходов необходимо дальнейшее изучение и оценка фактологического потенциала санитарно-гигиенической значимости и эпидемиологической опасности почв в антропогенных северных широтах с разнообразным микробиологическим пейзажем.

Примечания:

1. Ерофеевская Л.А., Чернявский В.Ф. Циркуляция микроорганизмов в городской экосистеме // Якутский медицинский журнал. ЯНЦ СО РАМН, 2007. Вып. 2(18). С. 33.
2. Государственный доклад о состоянии и охране окружающей среды Республики Саха (Якутия) в 2007 году // Влияние экологических факторов среды обитания на здоровье населения. Якутск, 2008. Ч. II. С. 61–65.

References:

1. Erofeevskaya L.A., Chernyavsky V.F. Circulation of microorganisms in the urban ecosystem // Yakut Medical Journal. YaNTs SO RAMN, 2007. Vol. 2(18). P. 33.
2. State report on the state and environmental protection of the Republic of Sakha (Yakutiya) in 2007 // Influence of the Ecological Factors of the Environment on Human Health. Yakutsk, 2008. Pt. II. P. 61–65