

УДК 541.13.620.193.8

Д.Р. Абдулина, Л.М. Пуриш, Л.Г. Асауленко, Г.А. Иутинская

Институт микробиологии и вирусологии имени Д.К. Заболотного НАН Украины,
ул. Заболотного, 154, 03143, Киев, Украина,
тел.: +38(044) 526 34 79, e-mail: adara@ukr.net

СУЛЬФИДОГЕННЫЕ МИКРОБНЫЕ СООБЩЕСТВА ТЕХНОГЕННО ТРАНСФОРМИРОВАННЫХ ГРУНТОВ

Сульфидогенные микробные сообщества играют важную роль в биогеохимических процессах, а также являются одними из основных агентов биокоррозии в техногенных средах. Цель работы - исследование в грунтах при различных эколого-техногенных условиях сульфидогенных микробных сообществ и оценка связей в них. Методы. Микробиологические, физико-химические, статистические, в частности, факторный анализ с использованием метода главных компонент. Результаты. Показано, что экотопы техногенно трансформированных грунтов по сравнению с контрольными (залежными грунтами) характеризуются более широким диапазоном численности сульфатредуцирующих, железовосстанавливающих, и денитрифицирующих бактерий. Из изученных 12 переменных выделены 5 главных компонент, описывающих 76% вариаций в сульфидогенных сообществах, которые сгруппированы в 4 кластера. Выводы. Применение факторного анализа позволило выделить наиболее значимые переменные, влияющие на сульфидогенные микробные сообщества в грунтах: количество сульфатредуцирующих, железовосстанавливающих, аммонифицирующих, азотфиксирующих, денитрифицирующих бактерий, а также рН грунтов, температура отбора и содержание растворимых сульфатов.

Ключевые слова: метод главных компонент, сульфидогенное микробное сообщество, техногенно-трансформированные грунты.

В составе сульфидогенного сообщества развиваются и взаимодействуют бактерии различных физиологических групп: сульфатредуцирующие, тионовые, денитрифицирующие, аммонифицирующие, свободноживущие азот-фиксирующие, железобактерии и некоторые другие, но доминирующими являются сульфатредуцирующие бактерии [9, 12, 15].

Сульфидогенные микробные сообщества присутствуют во многих техногенных и природных экотопах, например, подземных пластовых водах [4], высокотемпературных нефтяных пластах [2] и прочее [9]. Выполняя важные биосферные функции трансформации соединений серы и железа, данные сообщества являются одним из агентов биокоррозионных процессов.

Микробиологические исследования техногенных регионов показали, что состав и соотношение отдельных компонентов сульфидогенного микробного



сообщества являются важными критериями оценки коррозионной активности среды [9, 12], в связи с чем актуальной задачей является микробиологический мониторинг сульфидогенных микробных сообществ различных экотопов, находящихся под воздействием техногенной нагрузки. На сегодня в литературе мало работ, посвященных изучению количественных критериев оценки функциональных связей в микробных сообществах. Такие возможности предоставляет используемый в биологии факторный анализ, применимый для характеристики функциональных систем сложной многокомпонентной организации.

Исходя из этого, целью работы было исследование распространения в грунтах бактерий сульфидогенных микробных сообществ, при различных эколого-техногенных условиях, а также анализ полученных переменных для оценки связей между ними в сообществах с использованием факторного анализа.

Материалы и методы

Объекты исследования. Отбор образцов почв проводили в техногенно трансформированных и природных контрольных экотопах. К техногенным экотопам были отнесены грунты вблизи газопроводов «Союз» (Карпаты, Ивано-Франковская область), «Ефремовка-Диканька» (Полтавская область), «Ананьев-Тирасполь-Измаил» (Одесская область), в зоне прокладки линий метрополитена (г. Киев), а также в промышленной зоне, на полигоне захоронения отходов химического предприятия «Ориана-Галев» (г. Калуш, Ивано-Франковская область). К природным, контрольным экотопам были отнесены залежные грунты, не находящиеся в сельскохозяйственном использовании и не подвергавшиеся техногенной нагрузке, в указанных выше регионах, в Ивано-Франковской, Полтавской, Одесской и Киевской областях.

Отбор образцов грунтов проводили в весенне-летний период, температура в период отбора образцов варьировала от 8–12 °С до 25–32 °С. Образцы в стерильных флаконах и пакетах до посева хранили при +4 °С.

Физико-химические исследования. Грунтовую вытяжку для проведения физико-химических анализов грунтовых образцов готовили по стандартной методике. Значения рН грунтовой вытяжки определяли с использованием иономера универсального ЕВ-74, содержание общих растворимых сульфатов по методике с осаждением раствора хлорида бария, на фотометре КФК-3. Влажность грунта определяли по потере веса при высушивании при 105 °С до постоянной массы образца [8].

Микробиологические исследования. Определение количества бактерий в образцах проводили методом предельных разведений. Наиболее вероятное число микроорганизмов в единице объема рассчитывали по таблице МакКреди [14]. Количество сульфатредуцирующих бактерий определяли в жидкой питательной среде Постгейта «В» [6], железовосстанавливающих – в среде Калиненко, денитрифицирующих – в среде Гильтая, тионовых – в среде Бейеринка, аммонифицирующих – в мясо-пептонном бульоне, свободноживущих азотфиксирующих бактерий – в среде Виноградского [14]. Посевы инкубировали стационарно в течение 5–15 суток при 28 °С.



Накопительные культуры сульфатредуцирующих бактерий получали путем посева образцов в среду Постгейта «В» с лактатом натрия.

Продуцирование сероводорода определяли в среде культивирования сульфатредуцирующих бактерий (7–10 суток) по общепринятому методу йодометрического титрования.

Факторный анализ полученных результатов проводили методом главных компонент (Principal Component Analysis - PCA) [3, 11, 13]. Факторный анализ полученного массива данных проводили с использованием пакета программ Statistika v.10.0 (<http://www.statsoft.com/>) и Matlab v. 6.0.

Результаты и обсуждение

Сульфатредуцирующие бактерии в процессе диссимиляционного восстановления используют сульфаты как акцептор электронов, при этом активность процесса может зависеть от грунтовых условий, в частности кислотности и наличия влаги. В связи с этим мы определяли такие параметры как значения рН, влажности и содержание растворимых сульфатов (табл. 1).

Значения рН вытяжки грунтовых образцов отобранных из техногенно-трансформированных участков колебались в пределах от нейтральных до слабощелочных (6,8–8,9). Содержание сульфатов, основного акцептора электронов для сульфатредуцирующих бактерий, в большинстве исследованных образцов, колебалось в пределах 0,55–1,95 мг/г грунта, однако в некоторых грунтах, например, в зоне газопровода в Полтавской области, содержание сульфатов было высоким – до 4,80 мг/г грунта, а в зоне строительства метрополитена, наоборот – низким (0,13–0,59 мг/г грунта). Самым низким содержанием сульфатов характеризовались контрольные грунты Киевской области (менее 0,001 мг/г).

Несколько отличались по характеристике грунты на полигоне захоронения гексахлорбензола – они были кислыми (рН 4,9–6,5), а содержание растворимых сульфатов достигало 4,4 мг/г грунта. Образцы грунтов, отобранные в контрольных зонах этой же области были слабо-кислыми (рН 6,25), количество сульфатов не превышало 0,24 мг/г грунта.

В результате микробиологического анализа отобранных образцов грунтов определено количество бактерий основных физиологических групп, входящих в состав сульфидогенных микробных сообществ: сульфатредуцирующих, тионовых, железовосстанавливающих, денитрифицирующих, аммонифицирующих и азотфиксирующих бактерий (рис. 1).

В условиях техногенной нагрузки по сравнению с контрольными экотопами диапазоны численности сульфатредуцирующих, железовосстанавливающих и денитрифицирующих бактерий значительно расширялись, а тионовых, азотфиксирующих и аммонифицирующих бактерий – изменялись незначительно.

Известно, что наиболее интенсивные процессы микробной коррозии наблюдаются в глинистых грунтах с нейтральным рН, низким окислительно-восстановительным потенциалом и высокой численностью сульфатредуцирующих бактерий [9]. Распространённые в грунтах такого типа сульфидогенные



Таблица 1

Характеристика образцов грунтов, отобранных в разных экотопах

Table 1

Characteristic of soil samples from different ecotopes

Место отбора	Образец	Глубина отбора, м	Влажность, %	pH	Содержание растворимых сульфатов, мг/г почвы	
Техногенные экотопы	Газопровод «Союз», Ивано-Франковская обл.	K1	0,8	20,0	6,8	1,42
		K2	1,0	23,0	7,2	0,80
	Газопровод «Ефремовка-Диканька», Полтавская обл.	П3	0,8	18,36	8,4	0,90
		П4	1,0	22,90	7,45	4,80
		П5	1,5	30,08	8,8	0,90
		П7	1,0	12,88	8,9	1,15
		ПТ1	1,0	5,24	8,0	0,55
	Магистральный газопровод «Ананьев-Тирасполь-Измаил», Одесская обл.	ТТ3	1,5	29,59	6,8	1,95
		ТТ4	0,8	25,72	7,5	0,82
		ТТ5	1,0	26,6	7,9	0,64
		ГМ1	0,3-0,4	9,57	7,65	0,13
		ГМ2	1,5	9,87	7,6	0,23
	Зона прокладки линии метрополитена, г. Киев	ВМ1	0,3-0,4	9,56	7,8	0,48
		ВМ2	1,5	11,24	7,5	0,59
		ИФ2	0,05-0,10	9,19	4,9	0,55
Полигон захоронения химических отходов Ивано-Франковская обл.	ИФ3	0,05-0,1	15,27	6,5	4,40	
	П9	0,5	17,09	8,45	1,24	
	П10	0,5	22,68	8,7	0,93	
с. Диканька, Полтавская обл.	ТТ6	1,5	30,38	7,4	1,30	
	ТТ7	1,0	22,78	7,6	0,80	
	НП	1,5	20,5	7,2	0,001	
с. Новые Петровцы, Киевская обл.	БУГ1	1,5	20,88	7,25	0,001	
	БУГ2	0,3-0,5	26,67	7,35	0,001	
	ИФ1	0,05-0,1	13,3	6,25	0,24	
Природные экотопы						



сообщества могут изменять свои свойства от потенциально опасных до коррозионно агрессивных. Характерной чертой этих изменений является возрастание метаболической активности сульфидогенных микробных сообществ, в частности, увеличение продуцирования сероводорода, одного из факторов, ускоряющих процессы коррозии. Учитывая это, целесообразно было определить выделение сероводорода накопительными культурами сульфатредуцирующих бактерий, выделенными из изучаемых грунтов.

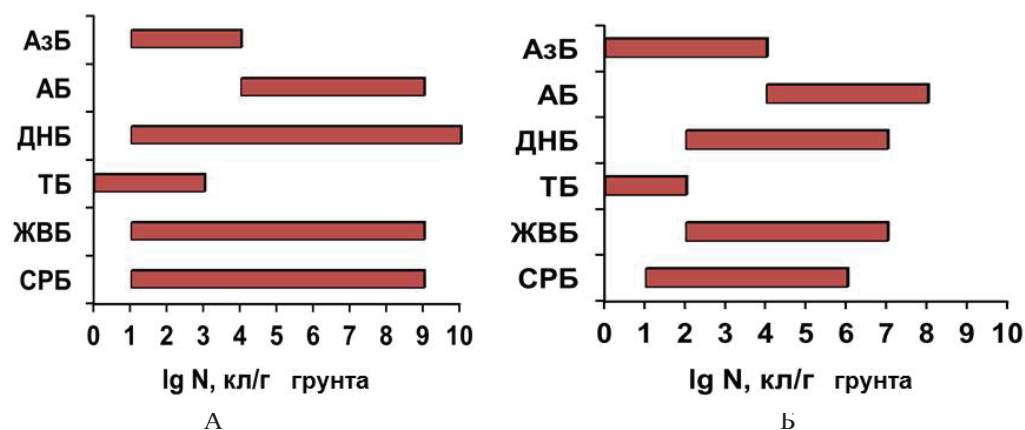


Рис. 1. Численность эколого-трофических групп бактерий сульфидогенного микробного сообщества в грунтах техногенных (А) и природных (Б) экотопов

Примечания: СРБ - сульфатредуцирующие, ЖВБ - железовосстанавливающие, ТБ - тионовые, ДНБ – денитрифицирующие, АБ – аммонифицирующие, АзБ – азотфиксирующие бактерии.

Fig. 1. Amount of the bacterial ecological trophic groups of sulfidogenic microbial community from soils in technogenically transformed (A) and natural control (B) ecotopes

Notes: SRB – sulfate-reducing, IRB – iron-reducing, TB – thionic, DNB denitrifying, AB – ammonifying, NFB – nitrogen-fixing bacteria.

В культуральной жидкости сульфатредуцирующих бактерий, выделенных из грунтов, прилегающих к газопроводам в Карпатах, Полтавской и Одесской областях обнаружено 300–360 мг/л сероводорода, что существенно не отличалось от показателей накопительных культур из контрольных грунтов (300–340 мг/л) тех же областей (рис. 2).

Активность накопительных культур, выделенных из полигона захоронения химических отходов, была невысокой – 270 мг/л сероводорода, тогда как в продуцирование сероводорода культурами из контрольных грунтов того же региона было больше на 37–40%. По-видимому, в данном случае наблюдалось ингибирование микробной активности токсическими отходами химического производства.

Наибольшее количество сероводорода (до 410 мг/л) продуцировали накопительные культуры, выделенные из грунтов зоны прокладки туннеля



метрополитена, что может косвенно свидетельствовать о потенциальной коррозионной активности этого микробного сообщества. Накопительные культуры бактерий из контрольных грунтов Киевской области продуцировали сероводород в 2 раза меньше.

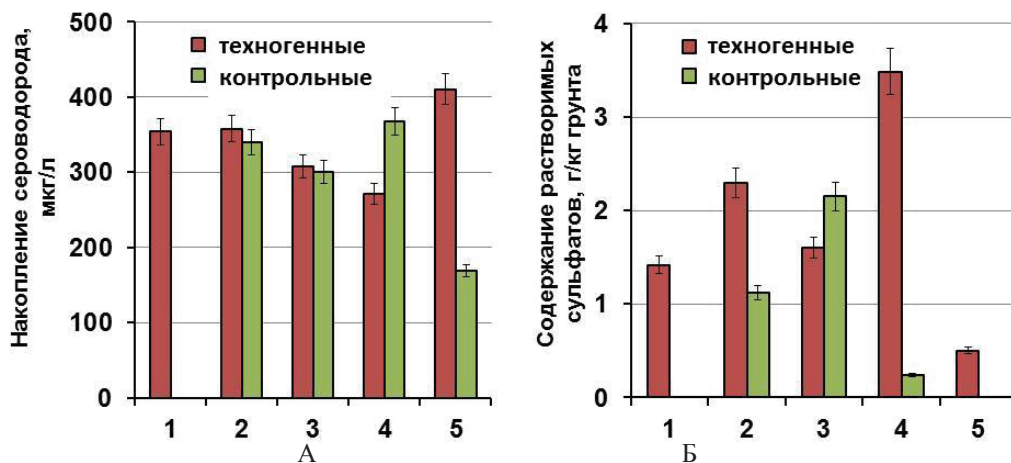


Рис. 2. Продуцирование сероводорода накопительными культурами сульфатредуцирующих бактерий (А) и содержание растворимых сульфатов (Б) в грунтах

Примечания: 1 - газопровод «Союз», Карпаты, 2 - газопровод «Ефремовка-Диканька», Полтавская обл.; 3 – газопровод «Ананьев-Тирасполь-Измаил», Одесская обл.; 4 - полигон захоронения отходов химического предприятия, Ивано-Франковская обл.; 5 - зона прокладки линии метрополитена, г. Киев.

Fig. 2. Hydrogen sulfide production by enrichment cultures of the sulfate-reducing bacteria(A) and contain of soluble sulfates (B) in soils

Notes: 1 – gas main “Soyuz”, the Carpathians mountains, gas main “Efremovka-Dykan’ka”, Poltavsky region, 3 – gas main “Ananyev-Tiraspol’-Izmail”, Odessky region, 4 – landfill dumping waste of chemical company, Ivano-Frankovsky region, 5 – underground line tunnels laying area, Kiev.

Как указывали выше, сульфаты являются акцептором электронов для сульфатредуцирующих бактерий, поэтому важно было определить их содержание и сравнить с продуцированием сероводорода, как конечного продукта метаболизма исследуемых бактерий. Усредненные значения содержания сульфатов для исследованных техногенных и контрольных экотопов были различными. В техногенно трансформированных экотопах (зоны газопровода в Полтавской области, прокладки линии метрополитена и полигон захоронения отходов химического предприятия) количество растворимых сульфатов превышало таковое в соответствующих образцах контрольных грунтов.

Полученные результаты свидетельствуют, что исследованные нами экотопы значительно отличались как по условиям существования, так и по количественным характеристикам микробных сообществ.

Для анализа связей между численностью микроорганизмов различных эколого-трофических групп сульфидогенного сообщества и некоторыми экологическими параметрами среды их существования нами был проведен факторный анализ методом главных компонент (Principal Component Analysis – PCA).

В исходную матрицу полученных нами переменных были включены такие параметры грунтов как глубина отбора, влажность, рН и содержание растворимых сульфатов в почве, температура в период отбора, а также микробиологические показатели, характеризующие численность бактерий эколого-трофических групп и продуцирование сероводорода накопительными культурами. Главные компоненты, характеризующие влияние переменных на микробные сообщества грунтов, приведены в таблице 2. Наиболее значимыми выделены главные компоненты с собственными значениями (eigenvalue) превышающими 1.

Таблица 2

Характеристика главных компонент и их объяснённая вариация

Table 2

Characteristic of the principal components and their explained variation

Факторы среды	Главные компоненты				
	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
Глубина отбора	–*	–	–	–	–
Температура отбора	–	–	-0,60	–	–
Влажность	–	–	–	–	0,41
рН	–	-0,42	–	–	-0,40
Содержание растворимых сульфатов	–	–	-0,54	–	–
Продуцирование сероводорода	–	–	–	–	-0,63
Сульфатредуцирующие бактерии	–	–	–	0,72	–
Железосостанавливающие бактерии	0,58	–	–	–	–
Тионовые бактерии	–	–	–	–	–
Денитрифицирующие бактерии	–	-0,43**	–	–	–
Аммонифицирующие бактерии	0,59	–	–	–	–
Азотфиксирующие бактерии	–	-0,51	–	–	–
Объясненная вариация, %	21,5	18,5	14,1	11,4	10,5
Собственные значения	2,58	2,21	1,68	1,36	1,24

Примечание: * «–» означает, что нагрузка данного фактора незначительна и составляет менее 0,4; ** - отрицательные значения компонент указывают на положение точки в системе координат главных компонент (PC).

Notes: * «–» means that load of certain factor is insignificant and less than 0.4; ** - negative values of the components indicate the dots position in principal components coordinate system.



Для проанализированной системы с 12 переменными, по значениям объяснённой дисперсии выявлено 5 главных компонент, объясняющих до 76% вариаций. Первая главная компонента (PC1), куда вошли такие переменные как количество железовосстанавливающих и аммонифицирующих бактерий объясняет до 21,5% вариации. Вторая главная компонента (PC2) объясняет 18,5% вариаций и содержит такие переменные как рН, количество азотфиксирующих и денитрифицирующих бактерий. Третья компонента (PC3) объясняет до 14,1% вариаций, нагрузку на неё осуществляют температурный фактор и содержание растворимых сульфатов. Численность сульфатредуцирующих бактерий объясняет до 11,4% вариаций (компонента PC4). Исключение составляет переменная «количество сульфатовосстанавливающих бактерий», для которой величина нагрузки на PC4 составила 0,72, а потому с высокой степенью вероятности можно говорить о важной роли этих бактерий в сульфидогенном сообществе.

Следовательно, переменными, объясняющими вариации в исследуемых сообществах, являются: количество сульфатредуцирующих, железовосстанавливающих, аммонифицирующих, азотфиксирующих, денитрифицирующих бактерий, а также рН грунтов, температура отбора и содержание растворимых сульфатов.

График распределения нагрузок визуализирует роль исследуемых переменных сульфидогенных сообществ и степень их зависимости друг от друга, отражает выявленные связи между переменными в сообществе (рис. 3).

На графике исследованные переменные сформировали четыре группы (кластеры). В кластер I вошли такие параметры грунтов как влажность и глубина отбора. Отдельным кластером II выделяется группа, в которую входят численность азотфиксирующих, денитрифицирующих бактерий и рН. Кластер III объединяет такие показатели как содержание сульфатов, температура, количество сульфатредуцирующих бактерий и продуцирование сероводорода. Это подтверждает основные физиологические и экологические функции сульфидогенного микробного сообщества, развитие которого в значительной степени зависит от наличия сульфатов, а результатом его жизнедеятельности является продуцирование сероводорода. Также наблюдается взаимосвязь между количеством аммонифицирующих и железовосстанавливающих бактерий (кластер IV).

По данным проведённого анализа тионовые бактерии не были включены в кластер с сульфатредуцирующими бактериями и содержанием сульфатов. Мы предполагаем, что относительно слабые связи между тионовыми и сульфатредуцирующими бактериями в гетерогенной грунтовой среде обусловлены тем, что эти бактерии локализованы соответственно в аэробных и анаэробных зонах, которые функционально и пространственно разделены между собой. В водных средах данная взаимосвязь может проявляться сильнее [5, 7].

Значения объяснённой дисперсии были невысокими и колебались в пределах 10,4–21,5%. Следует, однако учитывать, что микробное сообщество грунта – это многокомпонентная система, на которую оказывает влияние комплекс



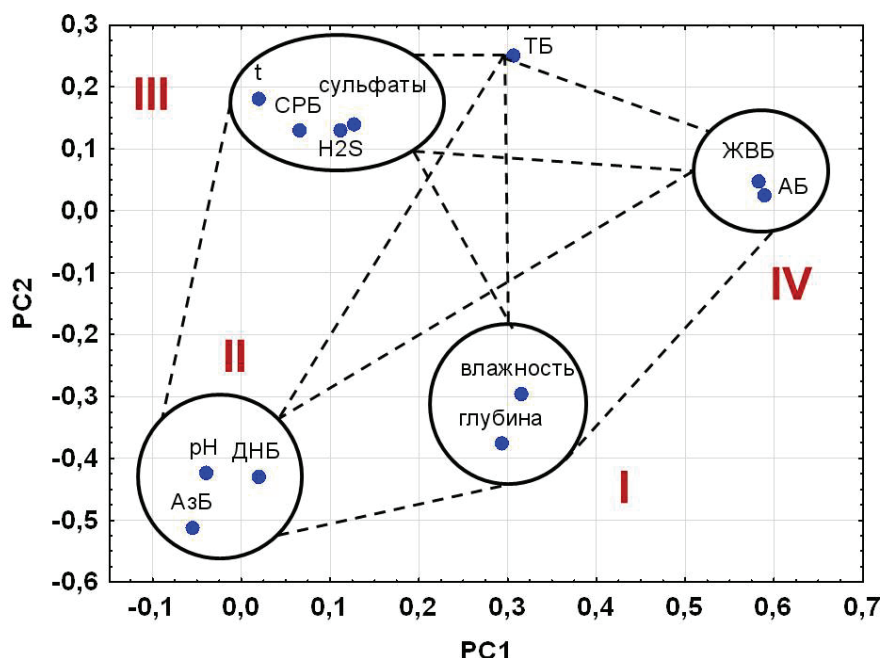


Рис. 3. Распределение исследуемых физико-химических и микробиологических параметров по величине их нагрузки для главных компонент PC1 и PC2

Примечания: СРБ – сульфатредуцирующие, ЖВБ – железовосстанавливающие, ТБ – тионовые, ДНБ – денитрифицирующие, АзБ – азотфиксирующие, АБ – аммонифицирующие бактерии, Н₂S – продуцирование сероводорода.

Fig. 3. Loadings plot of the physicochemical and microbiological parameters in the two dimensional PC1-PC2 subspace

Notes: SRB – sulfate-reducing, IRB – iron-reducing, TB – thionic, DNB denitrifying, AB – ammonifying, NFB – nitrogen-fixing bacteria, H₂S – hydrogen sulfide production.

факторов, среди которых были не учтенные в наших исследованиях: тип почвы, её механический состав, содержание гумуса, наличие питательных веществ и прочее. В данной работе мы ограничились только изучением микроорганизмов сульфидогенных сообществ, и не учитывали их взаимодействие с микроорганизмами других эколого-физиологических групп. Кроме того, были отобраны образцы различных типов грунтов. Указанные причины могут объяснить невысокие значения дисперсии, хотя применение данного анализа для нашего массива данных позволило выявить главные компоненты, объясняющие 76% вариаций.

Также можем отметить, что для экологических систем выявляемые главные компоненты зачастую могут содержать много переменных, что было показано, в частности, для щелочных озерных экотопов [1, 11].

Результаты анализа исследованных нами грунтовых экосистем показали, что естественные связи в микробных сообществах грунтов вполне подтверждают теоретическую трофическую схему сульфидогенного сообщества с

так называемым бактериальным окислительным фильтром, предложенную Г.А. Заварзиным [10]. Структура выявленных нами связей напоминает пятичленную плеяду типа «сетка-звезда», хотя и несколько несимметричную, что возможно объясняется или нарушением связей в сообществе, или недостаточным массивом собранных данных [1, 11–13].

Построенные графики (рис. 4) в двухмерной системе координат дали возможность провести анализ исследуемых экотопов исходя из их физико-химических характеристик. В кластере I объединены грунтовые образцы, отобранные вблизи газопроводов «Союз», Ивано-Франковская обл. (точки К1, К2), «Ефремовка-Диканька», Полтавская обл. (точки П3, П7, П9, П10) и «Ананьев-Тирасполь-Измаил», Одесская обл. (точки ТТ3, ТТ4, ТТ5). В кластер II, в основном, вошли почвенные образцы из недавно техногенно трансформированных экотопов зоны строительства линий метрополитена (точки ГМ1, ГМ2, ВМ1, ВМ2). Образцы из контрольных грунтов природных экотопов объединились в кластер III (точки НП, Буг1, Буг2). Отдельно на графике выделяется кластер IV, куда вошли образцы грунтов экстремального экотопа захоронения отходов химического предприятия (точки ИФ1, ИФ2 и ИФ3). Такое разделение образцов грунтов также может быть связано с тем, что грунты, отобранные из различных географических областей, имеют свои характеристики, влияющие на сообщества.

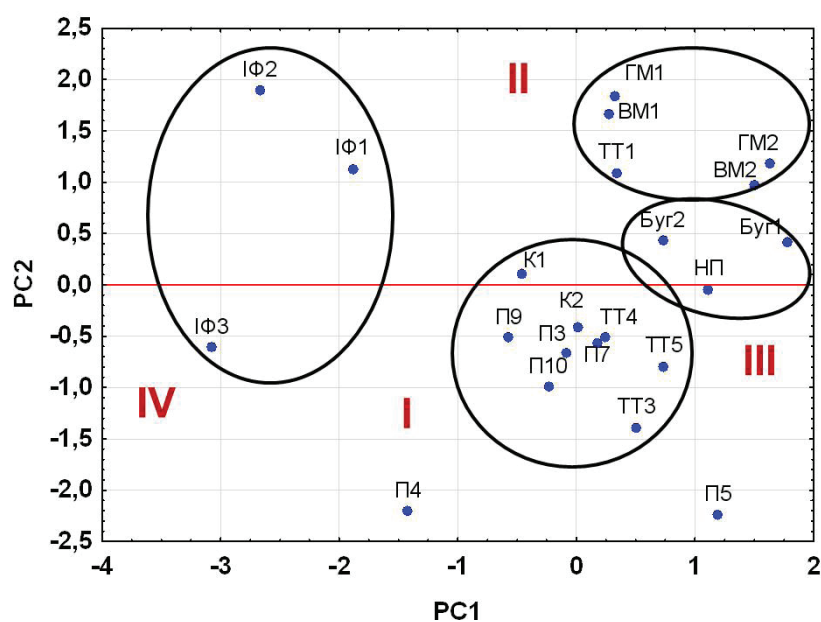


Рис. 4. Распределение образцов грунтов по величинам математических счетов, полученных для главных компонент PC1 и PC2

Примечание: обозначения точек соответствует образцам грунтов в табл. 1.

Fig. 4. Score plot of the soil samples in the two dimensional PC1-PC2 subspace

Notes: dots designations are correspond to soil samples pointed in Table 1.



Таким образом, проведенные исследования, выявили, что техногенно трансформированные экотопы по сравнению с природными, характеризуются более широким диапазоном численности сульфатредуцирующих, железовосстанавливающих, и денитрифицирующих бактерий. В результате использования факторного анализа методом главных компонент были выделены переменные, объясняющие 76% вариаций в сульфидогенных микробных сообществах. Применение факторного анализа в почвенной экологии позволяет определить наиболее значимые переменные, влияющие на функционирование и структуру связей между отдельными компонентами микробных сообществ различных экотопов.

Автори виражають благодарність к.т.н. Кирпатенко І.Н. (Інститут возобновляемой енергетики НАН України) за допомогу в статистическій оброботке даних.

УДК 541.13.620.193.8

Д.Р. Абдуліна, Л.М. Пуриш, Л.Г. Асауленко, Г.О. Іутинська

Інститут мікробіології і вірусології імені Д.К. Заболотного НАН України,
вул. Заболотного, 154, 03143, Київ, Україна,
тел.: +38(044) 526 34 79, e-mail: adara@ukr.net

СУЛЬФІДОГЕННІ МІКРОБНІ УГРУПОВАННЯ ТЕХНОГЕННО-ТРАНСФОРМОВАНИХ ҐРУНТІВ

Реферат

Сульфідогенні мікробні угруповання відіграють важливу роль у біогеохімічних процесах, також є одним із основних агентів біокорозії у техногенних середовищах. **Мета роботи** – дослідження у ґрунтах за різних еколого-техногенних умов сульфідогенних мікробних угруповань та оцінка зв'язків у них. **Методи.** Мікробіологічні, фізико-хімічні, статистичні, зокрема факторний аналіз з використанням методу головних компонент. **Результати.** Показано, що екотопи техногенно трансформованих ґрунтів порівняно з контрольними характеризуються більшим діапазоном чисельності сульфатвідновлювальних, залізовідновлювальних та денітрифікувальних бактерій. Із 12-ти вивчених змінних, які згруповано у 4 кластери, виділено 5 головних компонент, що описують до 76% варіацій у сульфідогенних мікробних угрупованнях. **Висновки.** Використання факторного аналізу дозволило виділити найбільш значущі змінні, які впливають на сульфідогенні мікробні угруповання у ґрунтах: кількість сульфатвідновлювальних, залізовідновлювальних, амоніфікувальних, азотфіксувальних, денітрифікувальних бактерій, а також рН ґрунтів, температура відбору та вміст розчинних сульфатів.

Ключові слова: метод головних компонент, сульфідогенне мікробне угруповання, техногенно-трансформовані ґрунти.



UDC 541.13.620.193.8

D.R. Abdulina, L.M. Purish, L.G. Asaulenko, G.A. Iutynska

D.K. Zabolotny Institute of microbiology and virology of NAS of Ukraine,
154, Zabolotny str., 03143, Kyiv, Ukraine,
tel.: +38(044) 526 34 79, e-mail: adara@ukr.net

SULFIDOGENIC MICROBIAL COMMUNITIES FROM TECHNOGENICALLY TRANSFORMED SOILS

Summary

*Sulfidogenic microbial communities play a significant role in biogeochemical processes, as well they are one of the biocorrosive relevant agents in man-caused ecotopes. **Aim of the study** – to investigate the sulfidogenic microbial communities in the soils under different ecological technogenic conditions. **Methods.** Microbiological, physical chemical and statistical in particular principal component analysis. **Results.** It is shown that soil from technogenically transformed ecotopes had increasing amount range of sulfate-reducing, iron-reducing and denitrifying bacteria then ones from natural control ecotopes. From 12 studied factors, which were clustered to 4 groups it was identified 5 principal components, described up to 76% of the variations in sulfidogenic microbial communities. **Conclusions.** The usage of principal components analysis allowed describing the most significant factors which has an influence on the sulfidogenic microbial communities, i.e. quantities of the sulfate-reducing iron-reducing, ammonifying, nitrogen-fixing and denitrifying bacteria, as well as pH, temperature and contain of soluble sulfates.*

Key words: principal component analysis, sulfidogenic microbial community, technogenically transformed soils.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Eiler A., Farnleitner A.H., Zechmeister T.C., Herzig A., Hurban C., Wesner W., Krachler R., Velimirov B., Kirschner A.K.T. Factors controlling extremely productive heterotrophic bacterial communities in shallow soda pools // *Microbiol. Ecol.* - 2003. - 46. - P. 43–54.
2. Guan J., Zang B.-L., Mbadanga S. M., Liu J.-F., Gu J.-D., Mu B.-Z. Functional genes (*dsr*) approach reveals similar sulphidogenesis prokaryotes diversity but different structure in saline waters from corroding high temperature petroleum reservoirs // *Appl. Microbiol. Biotechnol.* – 2014. - 98. – P. 1871-1882.
3. Hubert M., Engelen S. Robust PCA and classification in biosciences. // *Bioinformatics.* – 2004. – 20, № 11. - P. 1728-1736.
4. Nazina T.N., Shestakova N.N., Grigor'yan A.A., Mikhailova E.M., Tourova T.P., Poltarau A.B., Feng C., Ni F., Belyaev S.S. Phylogenetic diversity and activity of anaerobic microorganisms of high-temperature horizons of the Dagang Oil Field (P.R. China) // *Mikrobiologiya.* – 2006. – 75, № 1. – P. 55-66.
5. Pimenov N.V., Zakharova E.E., Bryukhanov A.L., Koreeva V.A., Kuznetsov B.B., Tourova T.P., Pogodaeva T.V., Kalmychkov G.V., Zemskaya T.I. Ac-



tivity and structure of the sulfate-reducing bacterial community in the sediments of the Southern part of Lake Baikal // *Mikrobiologiya*. – 2014. – 83, № 2. – P. 180-190.

6. *Postgate J. R.* The sulphate-reducing bacteria. Cambridge: University Press. - 1984. - 208 p.

7. *Tonola M., Peduzzi S., Demarta A. et al.* Phototropic sulfur and sulfate-reducing bacteria in the chemocline of meromictic Lake Cadagno, Switzerland // *J. Limnol.* – 2004. – 63, № 2. – P. 161-170.

8. *Александрова Л.Н., Найденова О.А.* Лабораторно-практические занятия по почвоведению. Ленинград: Колос. - 1976. – 280 с.

9. *Андреюк К.И., Козлова И.П., Коптсева Ж.П., Піляшенко-Новохатній А.І., Заніна В.В., Пуриш Л.М.* Мікробна корозія підземних споруд. Київ: Наукова Думка. - 2005. – 258 с.

10. *Заварзин Г.А.* Лекции по природоведческой микробиологии. Москва: Наука. – 2003. – 348 с.

11. *Зайцева С.В., Абидуева Е.Ю., Бурюхаев С.П., Намсараев Б.Б.* Факторы, контролирующие активность микробного сообщества в щелочном озере Белое (Забайкалье) // *Микробиология*. – 2012. – 81, № 4. – С. 508-516.

12. *Иутинская Г.А., Пуриш Л.М., Абдулина Д.Р.* Коррозионно активные микробные сообщества техногенных экотопов. Изд-во «Ламберт». –2014.-173 с.

13. *Кожевникова М.Ф., Левенец В.В., Диордица В.А., Ролик И.Л., Щур А.А.* Хемометрический подход к обработке данных, полученных в результате использования ядерно-физических методов анализа вещества // *Складні системи і процеси*. – 2008. – № 1. – С. 48-54.

14. *Практикум по микробиологии.* / под ред. А.И. Нетрусова. Москва: Издательский центр «Академия». – 2005. – 608 с.

15. *Пуриш Л.М., Асауленко Л.Г.* Динаміка сукцесійних змін у сульфідогенній мікробній асоціації за умов формування біоплівки на поверхні сталі // *Мікробіологічний журнал*. – 2007. – Т. 69, № 6. – С. 19-25.

References

1. Eiler A, Farnleitner A, Zechmeister T, Herzig A, Hurban C, Wesner W, Krachler R., Velimirov B, Kirschner A. Factors controlling extremely productive heterotrophic bacterial communities in shallow soda pools. *Microbiol. Ecol.* 2003; 46:43–54.

2. Guan J, Zang BL, Mbadinga SM, Liu JF, Gu JD, Mu BZ. Functional genes (*dsr*) approach reveals similar sulphidogenesis prokaryotes diversity but different structure in saline waters from corroding high temperature petroleum reservoirs. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 2014; 98:1871-1882.

3. Hubert M, Engelen S. Robust PCA and classification in biosciences. *Bioinformatics.* 2004; 20(11):1728-1736.

4. Nazina TN, Shestakova NN, Grigor'yan AA, Mikhailova EM, Tourova TP, Poltarau AB, Feng C, Ni F, Belyaev SS. Phylogenetic diversity and activity of an-



aerobic microorganisms of high-temperature horizons of the Dagang Oil Field (P.R. China). *Microbiology (Mikrobiologiya)*. 2006; 75(1):55-66.

5. Pimenov NV, Zakharova EE, Bryukhanov AL, Koreeva VA, Kuznetsov BB, Tourova TP, Pogodaeva TV, Kalmychkov GV, Zemskaia TI. Activity and structure of the sulfate-reducing bacterial community in the sediments of the Southern part of Lake Baikal. *Microbiology (Mikrobiologiya)*. 2014; 83(2):180-190.

6. Postgate JR *The sulphate-reducing bacteria*. Cambridge: 1984; 208p.

7. Tonola M, Peduzzi S, Demarta A. Phototropic sulfur and sulfate-reducing bacteria in the chemocline of meromictic Lake Cadagno, Switzerland. *Journal Limnol.* 2004; 63(2):161-170.

8. Alexandrova LN, Naydenova OA. *Pedology laboratory practical classes*. Leningrad: 1976. 280p.

9. Andreyuk EI, Kozlova IA, Kopteva ZhP, Pilyashenko-Novokhatny AI, Zanina VV, Purish LM. *Microbial corrosion of underground structures*. Kyiv: Naukova Dumka; 2005. 260p.

10. Zavarzin GA. *Environmental microbiology lectures*. Moscow: Nauka; 2004. 348p.

11. Zaitseva SV, Abidueva EYu, Buryukhaev SP, Namsaraev BB. Factors controlling the activity of the microbial community of the alkaline lake Beloe (Transbaikal region). *Microbiology (Mikrobiologiya)*. 2012; 81(4):468-476.

12. Iutynska GA, Purish LM, Abdulina DR. *Corrosive-relevant sulfidogenic microbial communities of man-caused ecotopes*. Lambert Academic Publishing; 2014. 173p.

13. Kozhevnikova MF, Levenets' VV, Diorditsa VA, Rolyk IL, Schur AA. Chemometric approach to processing data obtained from using of nuclear-physical methods of substances analysis. *Skladni systemy i protsesy*. 2008; 1:48-54.

14. Netrusov AI, Egorova MA, Zakharchuk LM. *Practice in microbiology*. Moscow: Academia Publishing; 2005. 608p.

15. Purish LM, Asaulenko LG. Dynamics of successive changes in sulphidogenic microbial association under the conditions of formation of the biofilm on steel surface. *Mikrobiol. Zhurn.* 2007; 69(6):19-25.

Стаття надійшла до редакції 25.03.2016 р.

