

**ОЛИГОТРОФНОСТЬ МИКРОБНОГО СООБЩЕСТВА
И ДИНАМИКА ЭМИССИИ CO₂ ЖЕЛТОЗЁМОВ
В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕНЕЗА
(НА ПРИМЕРЕ Г. СОЧИ)**

Рогожина Е.В., Захарихина Л.В.

*Федеральный исследовательский центр
«Субтропический научный центр Российской академии наук»,
г. Сочи, Россия, e-mail: RogojinaEW@yandex.ru*

Проведена оценка биологических свойств (численность копиотрофных и олиготрофных бактерий, индекс олиготрофности, динамика эмиссии CO₂) верхнего органоминерального горизонта АУ желтозёмов (Acrisols) природоохранной зоны и залегающего с поверхности преобразованного горизонта ВМ почв (структурно-метаморфических абразёмов, агрозёмов) города Сочи. В почвах природоохранной зоны (фон) среднее число колониеобразующих единиц (КОЕ) копиотрофных бактерий ($2,1 \pm 0,4 \times 10^7$ КОЕ/г сухой почвы) в 3 раза превышало численность КОЕ олиготрофных бактерий ($0,7 \pm 0,2 \times 10^7$ КОЕ/г сухой почвы). В почвах активного городского техногенеза численность копиотрофов соразмерна с фоном (в среднем $1,7 \pm 0,3 \times 10^7$ КОЕ/г почвы); развитие олиготрофной части микробного сообщества более неоднородно, что отразилось на значениях индекса олиготрофности, которые на порядок были выше фоновых. Индекс олиготрофности микробного сообщества городской зоны варьировал от 23 до 152, а в почвах фона – от 13 до 66. Активная микробная биомасса почв (СИД_{нач}) также имела более контрастные значения в зоне городского техногенеза (от 8,7 до 18,4 мг CO₂/кг почвы в час) в сравнение с фоном (от 10,2 до 16,6 мг CO₂/кг почвы в час). Максимальный индекс олиготрофности был характерен для городской почвы с низким содержанием активной микробной биомассы и гумуса. Для почв селитебной зоны выявлены на порядок более высокие значения высоты графической волны (амплитуда пика), отражающей динамику эмиссии CO₂ после нарушающего воздействия (внесение глюкозы), в сравнение с фоном, что позволило диагностировать несбалансированность состава функционально-активных популяций микробного сообщества.

Ключевые слова: антропогенное воздействие, урболандшафты, диагностика «здоровья» почв, микробоценоз, индекс олиготрофности, динамика эмиссии CO₂.

Введение. Почва – один из важнейших компонентов любой экосистемы, уязвимой составляющей которой является биота и, в первую очередь, микробоценоз. Важным проявлением нарушений почвенной экосистемы является изменение биоразнообразия и, как следствие, активности биосообщества [17]. Диагностика «здоровья» почвы, т.е. степени изменений в сравнение с условным эталоном (ненарушенной

экосистемой), проводится с использованием методов, основанных на измерении её биоактивности [1, 5, 20, 21, 22]. Почвы агроландшафтов г. Сочи были исследованы по целому ряду биологических показателей: активности азотфиксации [13], интенсивности эмиссии CO₂ [8, 14, 26], ферментативной активности [25], скорости потребления субстратов микробным сообществом (мульти-субстратное тестирование) [24]. Дополнением к показателям, характеризующим функциональную активность микробиоценоза, являлся анализ численности различных морфофизиологических и функциональных групп микроорганизмов [6]. Исследования состояния биологической компоненты городских почв единичны и фрагментарны [2, 15, 23].

Городские почвы – важный объект экологических исследований, т. к. их формирование происходит в результате прямого антропогенного вмешательства в естественную среду. Причиной «нездоровья» городских почв является изменение структуры микробного сообщества, снижение биоразнообразия, развитие нетипичных для естественной почвы групп микроорганизмов, снижение супрессивности [21]. На сегодняшний день на территории города Сочи изучен геохимический состав и определена степень трансформации желтозёмов, одного из основных зональных типов почв [28]. Актуальным остается изучение пределов толерантности биосообщества данного типа почв, при различных видах антропогенного воздействия (агрогенного, урбаногенного), в пределах сочинских урболандшафтов.

В связи с вышесказанным, **целью работы** являлась оценка влияния антропогенеза на желтозёмы урболандшафтов г. Сочи, по ряду биологических показателей: численность копитрофных и олиготрофных бактерий, индекс олиготрофности и динамика эмиссии CO₂ в результате сукцессии микробного сообщества.

Объекты и методы исследования. Исследования были проведены в зимне-весенний период 2021–2022 гг., объектами являлись почвенные образцы, отобранные в Хостинском районе г. Сочи в междуречье нижнего течения рек Сочи и Бзугу, по берегам протекающего между ними ручья Гнилушка. Условно фоновой принята почва парка «Дендрарий» (43°57' N, 39°74' E), территория которого является частью «Сочинского национального парка». Антропогенно-изменённые почвы, формирующиеся под воздействием типичной городской нагрузки (строительство, транспорт, бытовые отходы и т. п.) были отобраны в городской зоне, примыкающей с юго-востока к парку (43°34' N, 39°45' E). Таким образом, исследованы почвы двух городских территорий: природоохранной и зоны активного городского техногенеза. Типичный рельеф территории города среднегорный. В этой связи отбор проб выполнен с верхних

точек рельефа (около 120 м над уровнем моря) до прибрежной морской зоны (10 м над уровнем моря). В соответствии с Классификацией почв России [4], почвы парка «Дендрарий» относятся к желтозёмам (Acrisols), городские почвы – к абразёмам структурно-метаморфическим (Technosols) и агрозёмам (Anthrosols), в скобках приведено название почв в соответствии с World Reference Base for Soil Resources WRB [27]. Для исследования из верхнего органоминерального горизонта АУ почв природоохранной зоны и поверхностного горизонта городских почв отбирали образцы в стерильные полиэтиленовые пакеты, в лаборатории удаляли корни, камни, растительные остатки и хранили в холодильнике при $t = +4\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение 2-х месяцев. Согласно данным метеостанции г. Сочи (<http://www.pogodaiklimat.ru/history/37099.htm>) среднемесячная температура воздуха в марте 2021 г. составляла $+6,8\text{ }^{\circ}\text{C}$, сумма осадков 176 мм; в феврале 2022 г. $+7,9\text{ }^{\circ}\text{C}$, сумма осадков 125 мм; в дни отбора проб максимальная дневная температура воздуха находилась в диапазоне $+10,5 - +14,9\text{ }^{\circ}\text{C}$, без осадков. Данные метеорологические условия являлись типичными для ранневесеннего периода влажно-субтропической зоны Черноморского побережья Краснодарского края.

Микробиологический анализ. В ходе исследований был проведён учёт численности двух трофических групп бактериального сообщества, проявляющих выраженную реакцию на поступление питательных веществ в почву [18]: копиотрофной – быстрорастущей на высокоуглеродной среде (концентрация углеродсодержащих соединений исчисляется граммами в литре); олиготрофной – медленно растущей на низкоуглеродной среде (доли мг/л). Количественный учёт копиотрофных и олиготрофных бактерий осуществляли методом поверхностного посева из 10-кратных разведений на плотные селективные питательные среды [7]. Для каждой группы бактерий подбирали оптимальное разведение почвенной суспензии, позволяющее получать 10-150 КОЕ (колониобразующих единиц) на чашке: для копиотрофных бактерий – 5×10^3 ; для олиготрофных – 5×10^2 . Для учёта копиотрофных бактерий использовали богатую органическую среду (БС) – модифицированную пептон-дрожжевую среду с глюкозой [9] следующего состава (на 1 л среды): 3 г сухого питательного агара (ГМФ-агара), 3 г пептона, 1 г дрожжевого экстракта, 1 г глюкозы, 20 г агар-агара. Подсчёт КОЕ был произведён через 3-е суток культивирования при $t = 28\text{ }^{\circ}\text{C}$. Олиготрофные бактерии, использующие элементы питания из рассеянного состояния, были учтены на бедной органической среде – почвенном агаре (ПА) [10]: 500 г плодородной почвы заливали 1,5 л водопроводной воды и автоклавировали 30 мин при 1 атм. Полученный экстракт фильтровали через бумажный фильтр, добавляя

к горячему фильтрату 0,5 г CaCO_3 , тщательно перемешивали и через 5–7 мин фильтровали вновь. К экстракту добавляли 0,2 г K_2HPO_4 и доводили объём до 1 л, добавляли 20 г агар-агара, $\text{pH} = 6,8\text{--}7,0$. Среды стерилизовали при 1,5 атм. 30 мин. Культивировали 14 суток при $t = 28\text{ }^\circ\text{C}$.

Индекс олиготрофности по Никитину (олиготрофы на ПА / копиотрофы на БС $\times 100$) характеризовал способность микробного сообщества ассимилировать из рассеянного состояния зольные элементы питания, то есть, чем больше его значение, тем к более бедным условиям питания приспособлены почвенные микроорганизмы и, наоборот, чем ниже, тем богаче условия, связанные с большим поступлением в почву растительных остатков [3].

Динамика эмиссии CO_2 . Динамика эмиссии CO_2 почв, согласно методическим рекомендациям [12], была изучена в условиях модельного лабораторного опыта в течение 5 суток. Данный промежуток времени даёт возможность наблюдать волнообразное изменение скорости выделения CO_2 микробным сообществом почв в результате сукцессии, вызванной внесением легкодоступного органического субстрата (глюкозы из расчёта 0,5 мг/г почвы). Этот показатель известен в экомониторинге как субстрат-индуцированное дыхание почв (СИД), его определение проводили методом абсорбции с титрометрическим окончанием [25]. Модификация метода подробно описана [14].

Параллельно в почвенных образцах определяли физико-химические показатели: $\text{pH}_{\text{КС1}}$ – потенциметрически (ГОСТ 26483-85); гумус – по Тюрину в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213-91); аммиачный азот – колориметрическим методом с реактивом Несслера; кальций и магний обменные – трилонометрически; влажность – весовым методом.

Статистический анализ данных. Учёт численности микроорганизмов проводили в 5-ти повторностях, измерение СИД почвы – в трёх, химический анализ – в двух, расчёт их величин выполнен на вес сухой почвы (105 $^\circ\text{C}$, 8 ч). Статистическую обработку экспериментальных данных и их визуализацию (диаграммы) выполняли с использованием программы Microsoft Excel (при $P = 0,95$).

Результаты и их обсуждение. Результаты химико-аналитических исследований почвенных проб показали, что желтозёмы парка «Дендрарий» (фон) характеризовались от кислой до слабокислой реакцией почвенного раствора, низким содержанием гумуса, низким содержанием аммиачного азота и суммы обменных оснований (табл. 1). Почвы зоны активного городского техногенеза имели нейтральную реакцию почвенного раствора, низкое содержание гумуса, низкое или среднее содержание аммиачного азота. Содержание суммы обменных оснований в

среднем на 40 % выше фона. Подщелачивание окультуренных желтозёмов санаторно-курортной зоны г. Сочи подтверждалось и ранее полученными данными [15, 28].

Таблица 1

**Химические показатели исследованных почв горизонта АУ
(2021–2022 гг., средние значения)**

Участок		Классификация	Глубина, см	pH _{KCl}	Гумус, %	NH ₄ , мг/кг	Сумма Ca ²⁺ + Mg ²⁺ мг-экв/100 г
Природоохранная территория (фон)							
Дендрарий	Верхняя зона	Желтозём	10–27	5,2	4,7	35,8	20,0
	Средняя зона		3–14	5,1	2,8	44,2	25,4
	Нижняя зона		3–7	5,9	4,1	47,8	23,9
Зоны активного городского техногенеза							
ФИЦ СНЦ РАН, селитебная зона		Абразём реградированный	10–20	7,2	3,4	33,4	29,1
Сквер «Фестивальный», рекреационная зона		Абразём реградированный	10–20	7,4	2,2	36,7	33,5
Парк сан. «Авангард», рекреационная зона		Агрозём	8м10	6,9	4,4	53,6	46,7

В почвах и природоохранной (фон) и городской зоны бактерии-копиотрофы преобладали над олиготрофами, либо численность двух групп была соизмерима. Число колониеобразующих единиц (КОЕ) копиотрофов фона варьировало от 1,63 до $2,7 \times 10^7$ КОЕ/г почвы, а в городских почвах – от 1,59 до $1,81 \times 10^7$ КОЕ/г почвы. Число КОЕ олиготрофов варьировало от 0,35 до $1,07 \times 10^7$ КОЕ/г почвы и от 0,43 до $2,42 \times 10^7$ КОЕ/г почвы, соответственно.

Прослеживалась положительная связь между количеством олиготрофных бактерий и значениями индекса олиготрофности (рис. 1). Городские почвы, близкие по содержанию олиготрофов с фоном, имели соизмеримые с ним индексы олиготрофности. Повышенному содержанию в почвах олиготрофов (сквер «Фестивальный») соответствовало на порядок более высокое значение индекса олиготрофности в сравнение с фоном.

Значительно более высокая олиготрофность микробного сообщества в почвах разных городских зон в целом может быть обусловлена отсутствием мероприятий по окультуриванию газона после строительства и, как следствие, низким плодородием почв, а также незначительным поступлением растительного опада в условиях городской среды [16]. Городская почва Сочи с максимальным значением индекса олиготрофности (сквер «Фестивальный») содержала минимальное количество гумуса, что вполне может быть обусловлено вышеназванными причинами (рис. 1, табл. 1).

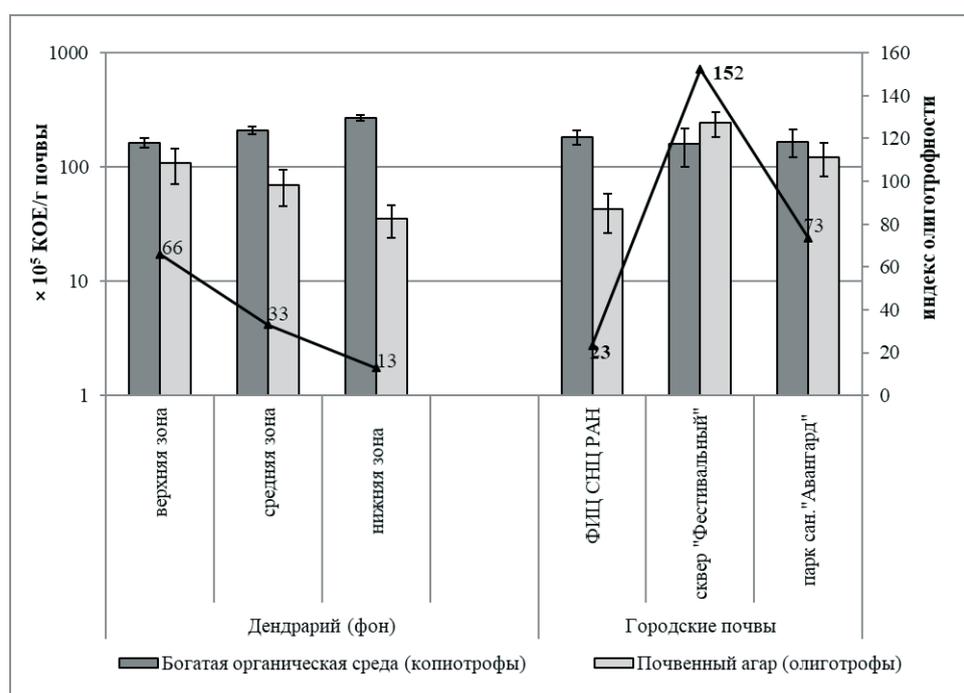
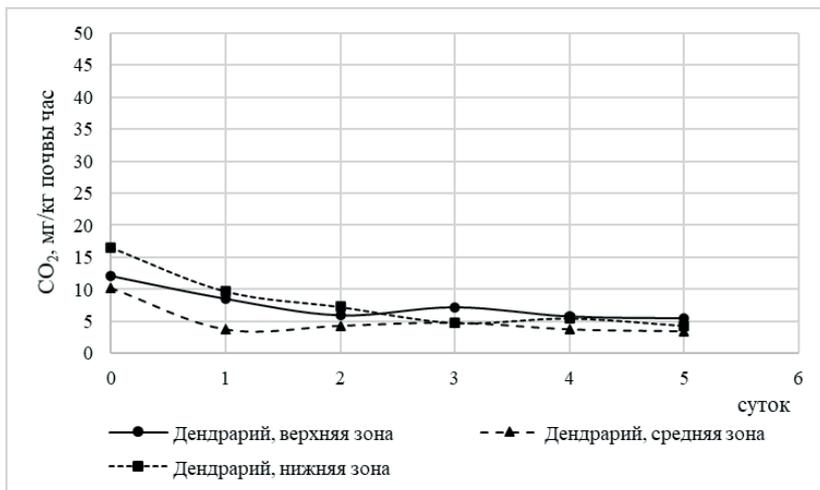
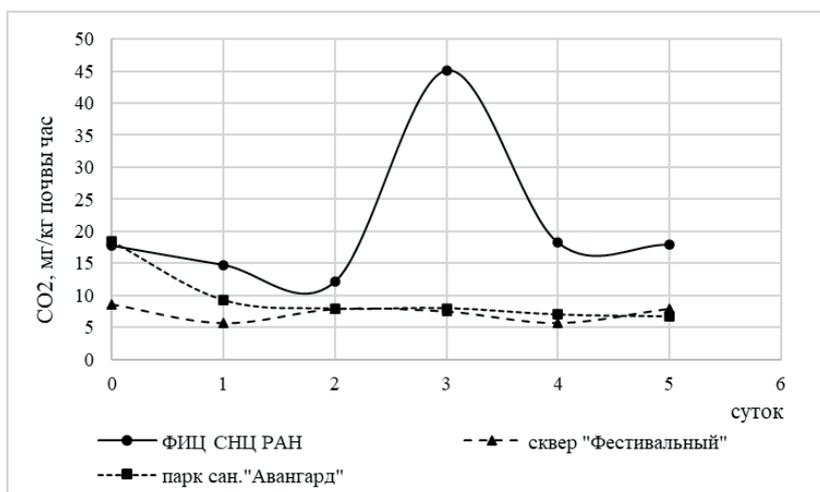


Рис. 1. Индекс олиготрофности и численность почвенных бактерий в желтозёмах г. Сочи (шкала КОЕ/г почвы логарифмическая)

Согласно А.М. Семёнова (2013) сукцессионная динамика эмиссии CO_2 почв после нарушающего воздействия (внесение глюкозы) коррелирует с динамикой численности бактерий копиотрофного и олиготрофного блока и определяется сбалансированностью состава функционально-активных популяций микроорганизмов, видовым разнообразием микробного сообщества [18, 19]. Наши исследования демонстрируют слабо выраженную волнообразную динамику эмиссии CO_2 большинства изученных городских почв, характерную и для почв фона (рис. 2), что являлось показателем стабилизированного состояния микробного сообщества, обусловленного сбалансированностью видового состава [14].



А



Б

Рис. 2. Сукцессионная динамика эмиссии CO_2 исследуемых почв:

А – фон; Б – городские почвы

Явно выраженный пик (значения амплитуды графической волны на порядок выше фона) был определён для почв селитебной зоны (ФИЦ СНЦ РАН), что позволяет предположить наличие органических загрязнений, вызывающих развитие специфических групп микроорганизмов, и как следствие, снижение видового разнообразия и нарушение устойчивости микробного сообщества (табл. 2). Преобразование микробного комплекса

почв газона ФИЦ СНЦ РАН подтверждалось ранее полученными данными об изменениях родового состава санитарно-показательных микроорганизмов (бактерий группы кишечной палочки и энтерококков), что приводило к превышению нормативного показателя для чистых почв [2].

Таблица 2

**Высота пиков и ширина волны
ежедневной динамики CO₂ после нарушающего воздействия
(высушивание + 0,3% раствор глюкозы)**

Участок		Активность СИД, мг CO ₂ /кг почвы в час		Ширина волны, сутки
		СИД _{нач}	Амплитуда пика	
Природоохранная территория (фон)				
Дендра- рий	Верхняя зона	12,1	1,3	2,2
	Средняя зона	10,2	1,1	3,0
	Нижняя зона	16,6	0,7	2,1
Зоны активного городского техногенеза				
ФИЦ СНЦ РАН, селитебная зона		17,8	33,0	2,0
Сквер «Фестивальный», рекреационная зона		8,7	2,3	3,0
Парк санатория «Авангард», рекреационная зона		18,4	0,1	1,8

Активная микробная биомасса почв (СИД_{нач}) связана в основном с деятельностью быстрорастущей на свежем органическом субстрате копиотрофной части микробного сообщества [18]. Более высокие значения СИД_{нач} в разных зонах города Сочи могут быть связаны с окультуриванием газонных почв путём нанесения гумусового горизонта чернозёмов для насаждений экзотических растений [28]. Увеличение биологической активности окультуренных городских почв является типичным [15, 16]. Самое низкое содержание активной микробной биомассы (сквер «Фестивальный») было определено в почвах, олиготрофность микробного сообщества которых была наибольшей (табл. 2; рис. 1). Можно проследить тенденцию положительной корреляции СИД_{нач} с содержанием гумуса (табл. 1).

Ширина графической волны при сравнении с фоном позволяет диагностировать «перевозбуждённое» (значения меньше фона) или «ингибированное» (значения больше фона) состояние микробного сообщества в результате ответной реакции на стресс [19]. В городских почвах явных отклонений от фона по данному показателю не наблюдалось.

Выводы. В результате исследований установлено, что желтозёмы урболандшафтов г. Сочи, расположенные на природоохранной территории (фон) и в зоне активного городского техногенеза имели ряд различий по химическим и биологическим свойствам. Под влиянием антропогенной деятельности (окультуривание, химическое загрязнение) происходило подщелачивания желтозёмов, повышение пространственной неоднородности биологических свойств почв по таким показателям, как численность бактерий – олиготрофов, содержание активной микробной биомассы и динамика эмиссии CO_2 , после нарушающего воздействия (высушивание, внесение глюкозы).

*Публикация подготовлена в рамках реализации
ГЗ ФИЦ СХЦ РАН № FGRW-2021-0015*

Список литературы

1. Гиль Т.А., Стом Д.И., Балаян А.Э., Саксонов М.Н., Дмитриев Н.Н. Микробиологические методы в биодиагностике почв: монография. – 2012. – 115 с. – ISBN 978-5-9624-0729-6.
2. Глушакова А.М., Лысак Л.В., Умарова А.Б., Прокофьева Т.В., Подушин Ю.В., Быкова Г.С., Малюкова Л.С. Бактериальные комплексы урбаноземов некоторых южных городов России // Почвоведение. – 2021. – № 2. – С. 224-231. – <https://doi.org/10.31857/S0032180X21020052>.
3. Демкина Т.С., Хомутова Т.Э., Каширская Н.Н. [и др.] Микробиологические исследования палеопочв археологических памятников степной зоны // Почвоведение. – 2010. – № 2. – С. 213-220. – ISSN 0032-180X.
4. Классификация и диагностика почв России / Авторы и составители: Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова. – Смоленск: Ойкумена, 2004. – 341 с. – ISBN 5-93520-044-9.
5. Круглов Ю.В. Микробное сообщество почвы: физиологическое разнообразие и методы исследования (обзор) // Сельскохозяйственная биология. – 2016. – № 1. – С. 46-59. – <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2016.1.46rus>.
6. Малюкова Л.С., Рогожина Е.В., Струкова Д.В. Влияние длительного применения минеральных удобрений на биологическую активность почв чайных плантаций // Агрохимический вестник. – 2012. – № 2. – С. 15-17. – ISSN 1029-2551.
7. Методы почвенной микробиологии и биохимии / под ред. Д.Г. Звягинцева. – М.: Изд-во МГУ, 1991. – 303 с.
8. Подгорная М.Е., Янушевская Э.Б., Рындин А.В. Дыхательная активность почвы как показатель её устойчивости к негативному действию пестицидов в системе экологизированной защиты персика // Агрохимия. – 2011. – № 10. – С. 39-42. – ISSN 0002-1881.
9. Практикум по агрохимии / под ред. В.Г. Минеева. – М.: Изд-во МГУ, 2001. – 687 с.
10. Практикум по микробиологии: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / под ред. А.И. Нетрусова. – М.: Академия, 2005. – 608 с. – ISBN 5-7695-1809-X.
11. Практикум по микробиологии: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / под ред. В.К. Шильниковой. – М.: Дрофа, 2004. – 256 с.
12. Практическое определение функциональной активности почвенной экосистемы / А.М. Семенов, Е.В. Семенова. – М.: МГУ, 2018. – 32 с.

13. Рогожина Е.В., Костина Н.В., Малюкова Л.С. Оценка потенциальной азотфиксирующей активности почв агрофитоценозов субтропической зоны России // Вестник Московского университета. Серия 17: Почвоведение. – 2011. – № 1. – С. 35-38. – ISSN 0137-0944.
14. Рогожина Е.В. Экомониторинг бурых лесных кислых агрогенно-изменённых почв по динамике субстрат-индуцированного дыхания // Экологический вестник Северного Кавказа. – Краснодар: КубГАУ, 2019. – Т. 15. – № 4. – С. 11-15. – ISSN 2308-38752017.
15. Рогожина Е.В., Василейко М.В. Опыт изучения физико-химических свойств и биологической активности почв рекреационных зон учащимися гимназии г. Сочи // Субтропическое и декоративное садоводство. – 2020. – Т. 74. – С. 179-186. – <https://doi.org/10.31360/2225-3068-2020-74-179-186>.
16. Саржанов Д.А., Васенев В.И., Согникова Ю.Л., Тембо А., Васенев И.И., Валентини Р. Краткосрочная динамика и пространственная неоднородность эмиссии CO₂ почвами естественных и городских экосистем Центрально-Чернозёмного региона // Почвоведение. – 2015. – № 4. – С. 469-478. – <https://doi.org/10.7868/S0032180X15040097>.
17. Семенов А.М. Диагностика здоровья почвенных экосистем и анализ рисков в экологической безопасности // Сборник статей по материалам международной научно-практической конференции «Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность 2018». (24–27 сентября 2018 г.). – Севастополь: СевГУ. – С. 1063-1067.
18. Семенов А.М., Бубнов И.А., Семенов В.М., Семенова Е.В., Зеленев В.В., Семенова Н.А. Ежедневная динамика численности бактерий и эмиссии CO₂ почвы и связь их волнообразных колебаний с сукцессией микробного сообщества // Почвоведение. – 2013. – № 8. – С. 963-979. – <https://doi.org/10.7868/S0032180X13080078>.
19. Система для количественного определения эмиссии газов из образцов почвы, компостов и других твёрдых субстратов. Патент RU 90212 U1 / Семенов А.М., Ван Бругген А.Х.К., Бубнов И.А., Семенова Е.В.; патентообладатель Семенов А.М. – № 2009130743/22; заявл. 12.08.2009; опубл. 27.12.2009. – 44 с.
20. Семенов А.М., Семенов В.М., Ван Бругген А.Х.К. Диагностика здоровья и качества почвы // Агрохимия. – 2011. – № 12. – С. 4-20. – ISSN 0002-1881.
21. Семенов А.М., Семенова Е.В. Почва, как биологическая система и её новая категория – здоровье // Успехи современной биологии. – 2018. – № 2. – С. 115-125. – <https://doi.org/10.7868/S0042132418020011>.
22. Семенов А.М., Соколов М.С. Концепция здоровья почвы: фундаментально-прикладные аспекты обоснования критериев оценки // Агрохимия. – 2016. – № 1. – С. 3-16. – ISSN 0002-1881.
23. Стома Г.В., Манучарова Н.А., Белокопытова Н.А. Биологическая активность микробных сообществ в почвах некоторых городов России // Почвоведение. – 2020. – № 6. – С. 703-715. – <https://doi.org/10.1134/S1064229320060125>.
24. Струкова Д.В. Биологическая активность бурых лесных почв агроценозов чая, персика, фундука при длительном применении минеральных удобрений в условиях Черноморского побережья России: дис. ... канд. биол. наук. – Сочи, 2015. – 140 с. – <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2016.1.46rus>.
25. Струкова Д.В. Ферментативная активность желтозёмов при ведении культуры чая (*Camellia sinensis*) в условиях субтропиков России // Почвы в биосфере: мат-лы Всерос. конф. с междунар. уч-ем, посвящ. 50-летию Института почвоведения и агрохимии СО РАН (Новосибирск, 10-14 сентября 2018 г.). – Томск: ТГУ, 2018. – С. 116-119.
26. Rogozhina E.V. The potential activity of nitrogen fixation and carbon dioxide emission of soil under peach orchard in humid subtropics of Russia // Проблемы научной мысли. – Днепропетровск: Издательство: Товариство з обмеженою

- відповідальністю Каллістон = Общество с ограниченной ответственностью Каллистон, 2016. – Т. 12. – № 9. – С. 037-042. – eISSN 1561-6916.
27. Working Group WRB. World Reference Base for Soil Resources 2014. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports № 106. FAO. – Rome, 2015. – 181 p. – <http://www.fao.org/3/i3794en/I3794en.pdf>
28. Zakharikhina L.V., Burtovoy A.V. Anthropogenic Evolution of Zheltozems in the Sochi Sanatorium Area // Eurasian Soil Science. – 2020. – Vol. 53. – P. 820-828. – <https://doi.org/10.1134/S1064229320060149>.

**OLIGOTROPHY OF MICROBIAL COMMUNITY
AND CO₂ EMISSION DYNAMIC IN YELLOW SOILS
UNDER CONDITIONS OF ANTHROPOGENESIS
(ON THE EXAMPLE OF SOCHI)**

Rogozhina Ye.V., Zakharikhina L.V.

*Federal Research Centre
the Subtropical Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences,
Sochi, Russia, e-mail: RogojinaEW@yandex.ru*

The paper assessed biological properties (number of copiotrophic and oligotrophic bacteria, oligotrophy index, CO₂ emissions dynamics) of the upper organomineral horizon AY in yellow soils (Acrisols) in the nature protection zone and of the transformed horizon BM (structurally metamorphic reservoirs, agrozems) in Sochi. In the soils of the nature protection zone (background), the average number of colony-forming units (CFU) of copiotrophic bacteria ($2.1 \pm 0.4 \times 10^7$ CFU/g of dry soil) was 3 times higher than the number of CFU of oligotrophic bacteria ($0.7 \pm 0.2 \times 10^7$ CFU/g of dry soil). In soils of active urban technogenesis, the number of copiotrophs is commensurate with the background (on average, $1.7 \pm 0.3 \times 10^7$ CFU/g of soil); the development of the oligotrophic part of the microbial community is more heterogeneous, which affected the values of the oligotrophy index that were substantially higher than the background. The oligotrophy index of the microbial community in the urban zone varied from 23 to 152, while in the background soils – from 13 to 66. The active microbial biomass of soils (SIR_{initial}) also had more contrasting values in the zone of urban technogenesis (from 8.7 to 18.4 mg CO₂/kg of soil per hour) compared with the background (from 10.2 to 16.6 mg CO₂/kg of soil per hour). The maximum oligotrophy index was characteristic of urban soil with a low content of active microbial biomass and humus. For the soils in the residential zone, substantially higher values of the graphic wave height (peak amplitude) reflecting the dynamics of CO₂ emission after a disturbing effect (glucose injection) were revealed in comparison with the background, which made it possible to diagnose an imbalance in the composition of functionally active populations of the microbial community.

Key words: anthropogenic impact, urban landscapes, diagnostics of soil health, microbiocenosis, oligotrophy index, CO₂ dynamics emissions.