

УДК 631.461

**БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ЗАПЕЧАТАННЫХ ПОЧВ РОСТОВА-НА-ДОНУ**

© 2016 С.Н. Горбов, А.В. Горовцов, О.С. Безуглова, Т.В. Вардуни, С.С. Тагивердиев

Южный Федеральный университет, г. Ростов-на-Дону

Статья поступила в редакцию 23.05.2016

В статье представлены данные по микробиологической активности запечатанных почвенных горизонтов: урбик, а также погребенных гумусово-аккумулятивных горизонтов А черноземов в городе Ростов-на-Дону. Количественные и качественные показатели микробных сообществ данных горизонтов рассматриваются в связи с содержанием в почве разнообразных форм органического углерода и азотистых соединений.

Ключевые слова: *экрanoзем (запечатанный урбостратозем), чернозем обыкновенный, микробное сообщество, горизонт урбик, органическое вещество, почва*

В настоящее время значительное внимание уделяется проблеме эколого-микробиологического мониторинга природной среды [5], в том числе изучению почв городских территорий. Особое место в ряду этих почв занимают запечатанные или экранированные разности, которые, ввиду низкой доступности для исследования, остаются малоизученными. Под запечатанными почвами понимаются более или менее нарушенные, нередко скальпированные погребенные почвенные профили, перекрытые водо- и воздухопроницаемыми слоями (асфальт, бетон). Окончательно сложившейся классификации для городских почв, равно как и для запечатанных, на настоящий момент нет, однако в отечественной литературе широко используется термин «экрanoзем», предложенный М.Н. Строгановой [24], при этом в подтиповом названии указывается исходный тип почв, подвергшийся запечатыванию. Условно непроницаемое асфальтобетонное покрытие защищает почву от привнесения загрязняющих веществ, в то же время лишая экосистему универсального природного фильтра – почвы. Экранирование (запечатывание) асфальтом изменяет характер теплообмена почвы с атмосферой, способствует изменению микроклимата и образованию «островов тепла» на территории города. При этом высокий процент запечатанных площадей приводит к нарушению баланса осадков и испарения в результате сокращения самой площади испарения и изменения рельефа местности. Т.В. Прокофьева [9] указывает, что почвы запечатанных территорий имеют как черты сходства, так и ряд отличий от почв открытых городских территорий. После запечатывания условно непроницаемыми покрытиями почвы существенно уплотняются; меняются их водный, тепловой и газовый режимы; микробиота функционирует в основном по анаэробному типу. В то время как городские почвы, не перекрытые твердым покрытием, «растут вверх» из-за подсыпки грунта и осаждения пыли из атмосферы, в почвы запечатанных

территорий не происходит поступление вещества извне. Кроме того, при укладке любого дорожного покрытия может быть разрушена (скальпирована) верхняя часть почвенного профиля.

Экрanoземы в современных городах могут занимать значительные площади, от 10-14% [4], до 52% [21], а в некоторых частях города – вплоть до 95% [11, 23]. Запечатывание почвы определено в числе 8 главных угроз для почвенного покрова урбанизированных территорий [26]. Несмотря на это, число работ в данной тематике как отечественных [9, 11], так и зарубежных авторов [20, 27] остается очень небольшим. Особенно мало информации о биологической активности экрanoземов, в значительной мере определяющей возможность почвы к самоочищению, хотя важность таких данных для проведения экологической оценки территорий не вызывает сомнений. Для условий Москвы было показано, что воздействие асфальта на температурный, водный и газовый режим почвы, усиление процессов, связанных с уменьшением доступности кислорода, сопровождается изменением характера микробных комплексов запечатанных почв [9]. В частности, наблюдается развитие микроорганизмов, жизнедеятельность которых осуществляется благодаря анаэробным процессам (брожение, нитрат- и сульфат-редукция). Содержание азотобактера уменьшается в 1,5–2,0 раза по сравнению с содержанием в незапечатанных почвах. Более низкая и стабильная температура под асфальтовым покрытием определяет наличие здесь психрофильных микроорганизмов. Еще менее изученным остается микробное сообщество городских почв степной зоны, в особенности запечатанных урбостратоземов и урбистратифицированных черноземов [3].

**Цель исследования:** получение информации о микробиологической активности запечатанных горизонтов, как синлитогенных, типичных только для урбанизированных горизонтов урбик (UR), так и малоизмененных предыдущей деятельностью человека погребенных гумусово-аккумулятивных горизонтов (А) черноземных почв. Проверить гипотезу о том, что несмотря на длительное запечатывание дневной поверхности, биологическая активность погребенных гумусово-аккумулятивных горизонтов сохраняется, хотя и находится на очень низком уровне, достаточным, тем не менее, для обеспечения процессов внутренней трансформации гумусовых комплексов.

**Объект и материалы исследования.** Основная цель исследования, проводимого с 1998 г. – определение специфики почвенного покрова Ростовской

Горбов Сергей Николаевич, кандидат биологических наук, заведующий лабораторией биогеохимии. E-mail: sngorbov@sfedu.ru

Горовцов Андрей Владимирович, кандидат биологических наук, ассистент кафедры биогеохимии и микробиологии. E-mail: avgorovcov@sfedu.ru

Безуглова Ольга Степановна, доктор биологических наук, профессор кафедры почвоведения и оценки земельных ресурсов. E-mail: osbesuglova@sfedu.ru

Вардуни Татьяна Викторовна, доктор педагогических наук, директор ботанического сада. E-mail: varduny@sfedu.ru

Тагивердиев Сулейман Самидинович, младший научный сотрудник лаборатории биогеохимии. E-mail: stagiverdiev@sfedu.ru

агломерации, особенностей его парково-рекреационной и селитебной зон; в последние три года особое внимание в работе сосредоточено на микробиологической активности почв и ее изменении под влиянием разнонаправленных факторов городской среды. Учитывая сложность объекта исследования [16], в различных частях города было заложено около 50 почвенных разрезов. На каждой точке наблюдения отбирали почвенные образцы из всех генетических горизонтов и антропогенных слоев и проводили обязательные морфологические описания. Полученный спектр данных позволил выбрать наиболее типичные участки городской территории, четко отражающие экологические условия почвообразования и/или антропогенной преобразованности почвенного профиля. Для выявления закономерностей в изменении степени микробиологической активности были исследованы гумусово-аккумулятивные естественные или погребенные горизонты и горизонты урбик, которые в зависимости от типа землепользования и, соответственно, уровня трансформации их морфологических признаков были объединены в следующие две группы:

1. Экраноземы (экранированные урбостратоземы). Характеризуют селитебную зону старой части города. В своем теле под слоем асфальта экраноземы на некоторой глубине сохранили полнопрофильные слабо скальпированные черноземы, перекрытые антропогенными горизонтами, гравием, тырсой или каменной кладкой. Исследовали синлитогенные антропогенные горизонты урбик и погребенные гумусово-аккумулятивные горизонты ( $A_{\text{погр.}}$ ). Представлены разрезами 1201, 1202, 1204.

2. Естественная почва. Характеризует черноземы обыкновенные карбонатные, сохранившиеся на плакорных пространствах в парково-рекреационной зоне города и на прилегающих к нему пахотных участках. Гумусово-аккумулятивные горизонты ( $A_{\text{пах}}$ ) чернозема приурочены к почвенному профилю естественного сложения, не затронутому процессами урбанизации. Представлен разрезом 1205, который использовали в качестве контроля.

**Характеристика образцов.** В работе рассматриваются три варианта почвенных горизонтов так или иначе имеющих или имевших связь с дневной поверхностью – гумусово-аккумулятивный горизонт А, погребенный горизонт  $A_{\text{погр.}}$  и горизонт урбик UR. Если характеристика горизонта А четко дана еще С.А. Захаровым, и под этим термином подразумевается перегнойно-аккумулятивный, наиболее гумусированный, с зернистой, мелко-комковатой или порошистой структурой, рыхлого, либо рыхловатого сложения поверхностный слой почвы [1], то понятие о горизонте «урбик», введено в почвоведение сравнительно недавно. Термин «урбик» (Urbic) как антропогенный субстрат, появился в Легенде к Почвенной карте мира ФАО [15]. С введением термина Техносоли и более строгим отношением к квалификаторам, «урбик» был определен как квалификатор только для данного типа почв [18]. На современном этапе развития урбопочвоведения под горизонтом «урбик» UR принято понимать синлитогенный диагностический горизонт, постепенно образующийся за счет привнесения различных субстратов на дневную поверхность в условиях городских и сельских поселений. Данный горизонт имеет чаще всего буровато-серые тона окраски, выражающиеся по шкале Манселла следующим образом: Value (Светлота) менее 6, Chroma (Цветность) 1-4. Содержит более 10% артефактов (преимущественно строительный и бытовой

мусор), часто опесчанен и/или каменист. Содержание гумуса сильно варьирует, а состав гумуса в автоморфных условиях отражает зональные условия. Минимальная диагностируемая мощность – 5 см [10].

**Методы исследования.** В исследуемых почвенных образцах определяли общую численность культивируемых микроорганизмов методом посева на питательные среды с последующим учетом колоний. Учитывали численность копитрофных бактерий, использующих органические формы азота (на среде МПА – НПО «Биоконт», г. Махачкала), минеральные формы азота (на крахмало-аммиачном агаре – КАА), а также актиномицетов (на крахмало-аммиачном агаре) и почвенных грибов (на среде Чапека). Оценивали обилие бактерий рода *Azotobacter* (обрастание комочков почвы на безазотистой среде Эшби) [8]. Наиболее часто встречавшиеся виды микроорганизмов затем были подвергнуты идентификации с использованием комплексного подхода, включавшего изучение культурально-морфологических свойств, а также белковых спектров клеток с помощью масс-спектрометра MALDI-TOF Biotyper Bruker Daltonics [6].

Определение азота и углерода легкогидролизуемых соединений гумусовых веществ (амиды и аминокислоты, входящие в состав гумуса, а также минеральные соединения азота) проводили по методу Тюрина и Кононовой, предполагающему извлечение этих форм азота в ходе взаимодействия почвы с 0,5 н. раствором серной кислоты в соотношении почвы к раствору 1:5. Окончание метода выполняли методом высокотемпературного каталитического сжигания на анализаторе общего органического углерода TOC-L CPN Shimadzu.

Определение водорастворимых форм углерода и азота проводили после их экстрагирования из почвы бидистиллированной водой в соотношении 1:10. Финальное определение С и N также выполняли методом высокотемпературного каталитического сжигания на анализаторе общего органического углерода TOC-L CPN Shimadzu [17]. Все виды исследований для каждого образца проводились в трех повторностях. Результаты обработаны методами вариационной статистики и корреляционного анализа [7].

**Результаты и их обсуждение.** В качестве контроля был выбран гумусово-аккумулятивный горизонт ( $A_{\text{пах}}$ ) пахотной почвы, находившейся на момент закладки разреза более 10 лет в залежи. В результате проведенных исследований были получены данные по численности культивируемых форм микроорганизмов четырех различных групп в девяти почвенных образцах (табл. 1). Несмотря на достаточно широкий размах варьирования, все образцы из запечатанных почвенных горизонтов продемонстрировали по приведенным показателям достоверные отличия от контроля.

Численность микроорганизмов всех исследуемых групп существенно варьировала в почвенных горизонтах. При этом для бактерий, использующих органические формы азота, во всех случаях наблюдалось снижение численности с глубиной, тогда как бактерии, использующие минеральный азот демонстрировали иное распределение – в разрезах 1201 и 1204 их численность была более высокой в погребенных горизонтах А по сравнению с горизонтами UR «урбик», такое же распределение в данных почвенных разностях демонстрировали и актиномицеты. По-видимому, это сопряжено с более высоким содержанием специфических органических соединений, свойственных даже погребенным горизонтам экранозем, и

представленных, как правило, гуминовыми кислотами и фульвокислотами, связанными с кальцием (ГК-2 и ФК-2) и нерастворимым остатком – гумином [2]. Разрез 1202 оказался существенно отличающимся от всех остальных по микробиологическим показателям – здесь численность бактерий, использующих минеральный азот, не различалась достоверно между

горизонтами UR и A<sub>погр.</sub>. Среди всех исследуемых запечатанных почв самая высокая численность актиномицетов обнаружена в горизонте урбик данного разреза, также отмечена крайне низкая численность почвенных грибов, как в горизонте урбик, так и в погребенном горизонте А.

**Таблица 1.** Численность некоторых групп микроорганизмов в запечатанных почвах и контрольной почве

Разрез	Горизонт	Глубина	Численность групп микроорганизмов (среднее±стандартное отклонение), тыс. КОЕ/г абс. сухой почвы			
			бактерии МПА	бактерии КАА	актиномицеты ( <i>Streptomyces</i> )	грибы
1201	UR2	35–58	5382,3±841,4*	193,0±11,4*	0,15±0,10*	0,67±0,15*
	A <sub>погр.</sub>	58–87	2385,8±159,1*	470,4±23,2*	0,27±0,09*	0,27±0,09*
1202	UR	30–46	652,01±59,16*	348,8±63,79*	66,36±2,57*	0,08±0,10*
	A <sub>погр.</sub>	46–80	609,3±23,9*	266,7±30,1*	0,36±0,24*	0,07±0,10*
1204	UR3	46–64	2502,9±151,3*	698,5±108,7*	0,78±1,03*	2,41±0,26*
	A1'	64–76	1558,0±26,8*	1457,3±268,4*	7,25±3,22*	0,24±0,16*
	A1''	76–86	404,5±24,8*	543,4±7,4*	5,79±3,86*	0,00*
	B1	86–125	273,2±14,6*	410,6±36,9*	0,00*	0,00*
1205	A <sub>пак. контроль</sub>	0–25	22480,0±3584	31280,0±1150	6400,00±880	72,95±4,82

Примечание: \* – достоверность различий с контролем при  $p < 0,01$

На наш взгляд, причина кроется не столько в характере перекрывающего эти горизонты непроницаемого слоя (асфальт), сколько в длительности и интенсивности антропогенного воздействия, т.к. разрез 1202 располагался непосредственно под дорогой и процессу запечатывания предшествовал период использования данной территории в качестве дороги с грунтовым покрытием. В целом, запечатывание дневной поверхности почвы повлекло резкое снижение численности всех исследуемых групп микроорганизмов по сравнению с контролем, причем масштабы этого уменьшения сильно варьировали. Численность бактерий, использующих органические формы азота, снижалась в 6–53 раза, бактерий, использующих минеральные формы азота, – в 21–162 раза. Наиболее резко в запечатанных почвах снижалась численность

актиномицетов (в 28–12828 раз) и плесневых грибов (в 30–1021 раз). Обе эти группы полностью исчезали в горизонте В, а плесневые грибы – также и в нижней части погребенного горизонта А (табл. 2). Такие масштабы снижения численности культивируемых микроорганизмов хорошо согласуются с данными литературы [13], и, по-видимому, связаны с резким снижением доступности свежего органического вещества и нарушением водно-воздушного режима почвы. Проведенные ранее исследования [16, 19] показывают, что в результате погребения и запечатывания затухают современные процессы гумификации и, как следствие, отсутствует обновление гумусовых веществ на фоне существенного изменения динамики циклов углерода и азота в погребенной почвенной толще.

**Таблица 2.** Снижение численности микроорганизмов в различных горизонтах запечатанных почв (разы по сравнению с контролем)

Разрез	Горизонт	Глубина	МПА	КАА	Актиномицеты	Плесневые грибы
1201	UR2	35–58	2,7	162,1	12828,6	109,6
	A <sub>погр.</sub>	58–87	6,2	66,5	6985,7	268,7
1202	UR	30–46	22,6	89,7	28,7	949,5
	A <sub>погр.</sub>	46–80	24,2	117,3	5314,3	1022,0
1204	UR3	46–64	5,9	44,8	2454,3	30,5
	A1'	64–76	9,5	21,5	262,9	303,3
	A1''	76–86	36,4	57,6	329,0	нет
	B1	86–125	53,9	76,2	нет	нет

Уменьшение гумусированности экраноземов вполне понятно: нарушена связь почва-растение, в результате присущий степной зоне круговорот веществ прекращается или резко меняется. Последнее подтверждается данными о содержании азота в исследуемых почвах и соотношении в них С:N. Количество азота в погребенных и запечатанных гумусовых горизонтах антропогенно-преобразованных почв небольшое и составляет 0,11–0,18%, но обогащенность гумуса азотом здесь достаточно высокая – соотношение С : N порядка 7–8. Очевидно, что это происходит за счет высокого содержания в этих горизонтах истинного гумина, где и сосредоточена основная масса органического

азота. Этот факт подтверждают микроморфологические исследования шлифов гор. А<sub>погр.</sub> экранированных урбостратоземов, которые показали отсутствие свежих и полуразложившихся растительных остатков. Органическое вещество в этих горизонтах представлено, как правило, остатками углистого типа, характеризующимися большей устойчивостью к трансформации почвенными микроорганизмами [2].

Как свидетельствуют данные, представленные в табл. 2, наибольшие изменения претерпела численность актиномицетов и плесневых грибов, а наименьшие – численность бактерий, использующих органический азот. Такая картина объясняется тем, что данная

группа микроорганизмов в исследуемых почвах представлена исключительно р. *Bacillus*. Наиболее часто встречались виды, определенные с помощью метода масс-спектрометрии как *Bac. licheniformis*, *Bac. subtilis*, *Bac. mycooides*, реже *Bac. cereus* и *Bac. pumilus*.

Известно, что для каждого биогеоценоза характерна специфичная структура почвенных микроорганизмов при наличии доминирующих видов [12]. Названные виды бацилл широко представлены в почвах степной зоны, и, по-видимому, доминировали в поверхностных горизонтах почв до их запечатывания. Хотя многие виды бацилл более требовательны к факторам роста, чем остальные исследуемые группы, их высокая выживаемость связана с переходом в анабиотическое состояние путем споруляции. Резкое снижение численности актиномицетов и плесневых грибов связано, по-видимому, с недостатком кислорода, необходимого для реализации данными микроорганизмами аэробного метаболизма. В условиях дефицита легкогидролизуемой органики, сопряженного с недостатком необходимого для минерализации гумуса кислорода, данные группы микроорганизмов постепенно исчезают. Все выделенные из погребенных горизонтов культуры актиномицетов принадлежали к роду *Streptomyces*. Данные штаммы характеризовались замедленным, по сравнению с актиномицетами из поверхностных горизонтов, ростом, и с трудом формировали спороносящий воздушный мицелий. Выделенные плесневые грибы не образовывали конидиеносцев, оставаясь стерильными, в связи с чем, их идентификация не проводилась. Все это также указывает на то, что мицелиальные микроорганизмы в погребенных почвах находятся в подавленном физиологическом состоянии. Что касается бактерий, использующих минеральные формы азота, их численность снижалась на 1–2 порядка по сравнению с незапечатанной почвой в естественном сложении.

Бактерии рода *Azotobacter* часто встречаются в почвах городов, в ряде случаев даже в большем количестве, чем на прилегающих к городу территориях [22]. Данные микроорганизмы вносят значительный вклад в поддержание азотного баланса почвы, кроме того, бактерии данного рода являются одним из ведущих объектов почвенно-экологических исследований. Обилие бактерий р. *Azotobacter* в исследуемых образцах почв было в значительной мере снижено, отмечено варьирование в пределах 7,2–17,4% обросших комочков почвы, отобранной в экраноземах, против 100% – в контроле. *Azotobacter* является микроаэрофилом, поэтому выживание данного микроорганизма с аэробным типом метаболизма в почве, длительное время находящейся в запечатанном состоянии, можно объяснить формированием микроист, и сравнительно низкими потребностями в кислороде. Имеются литературные данные о выживании данных микроорганизмов в сухой почве на протяжении периода свыше 12 лет [25].

Был также проведен корреляционный анализ данных, полученных в ходе экспериментальной работы. Для выборки, включавшей только образцы из погребенных почв, наблюдалась сильная достоверная корреляция ( $r=0,77$ ) численности бактерий, растущих на крахмало-аммиачном агаре, с содержанием органического углерода в кислотных вытяжках, и очень сильная ( $r=0,93$ ) – с содержанием азота в кислотных вытяжках. Все остальные исследуемые группы бактерий не демонстрировали связи с содержанием азота и углерода, и это позволяет предполагать, что, по крайней

мере, часть бактерий, растущих на крахмало-аммиачном агаре, являются метаболически активными в условиях запечатывания почв, тогда как остальные микроорганизмы находятся в состоянии покоя. Интересно отметить, что содержание форм органического углерода и азота, экстрагируемых водными вытяжками, не давало достоверных корреляций с численностью данной группы микроорганизмов (соответственно  $r=0,58$  и  $r=0,51$ , ниже уровня достоверности). Хорошо известно, что почвенные микроорганизмы могут генерировать органические кислоты для вымывания элементов питания из минералов [14]. Можно предположить, что в условиях постоянного недостатка питания, численность бактерий определяется концентрацией доступных для такой экстракции веществ.

Статистический анализ данных, включающих результаты по всем образцам почвы, с использованием метода главных компонент выявил достаточно ясное разделение используемых в работе показателей. В данном методе на основании математического анализа формируется ряд ортогональных функций (главных компонент), вносящих наибольший вклад в дисперсию имеющегося массива данных. Затем в пространстве этих функций могут быть представлены отдельные образцы (рис. 1) или используемые для анализа этих образцов показатели (рис. 2). Это позволяет графически представить сходство и различия исследуемых образцов, а также взаимосвязь анализируемых переменных. При анализе возможной природы факторов, выявляемых с помощью метода главных компонент, достаточно очевидно, что наибольший вклад в распределение образцов в плоскости главных компонент вносит запечатывание почв (соответствует главной компоненте 1), что отражено на рис. 1.

Вторая главная компонента, по-видимому, отражает разделение почвенных образцов по локальным условиям: разрезы 1201 и 1202 расположены близко друг к другу, на противоположных стенках одного и того же котлована в Западном жилом массиве, тогда как разрез 1204 расположен в старой части города, в нескольких километрах от первых двух, в силу чего материнские породы, на которых сформировались эти почвы, различаются по одному из важнейших показателей – гранулометрическому составу: в первом случае порода легкая глина, во втором – тяжелый суглинок. Вероятно, поэтому образцы из этих разрезов формируют на факториальной плоскости две обособленные группы, разделенные по главной компоненте 2.

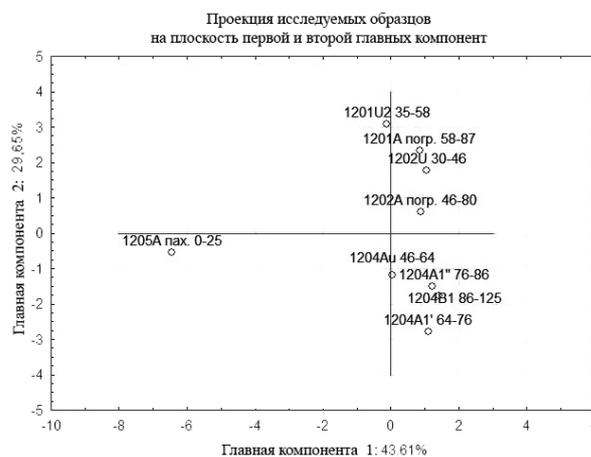
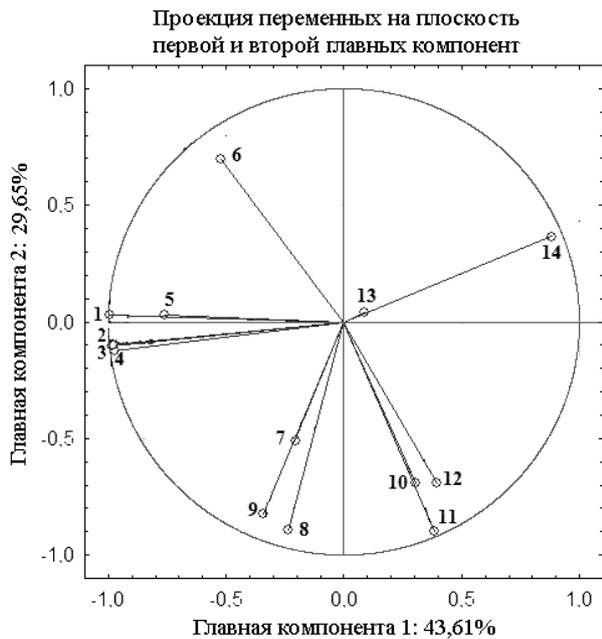


Рис. 1. Положение исследуемых образцов почвы в плоскости 1 и 2 главных компонент



**Рис. 2.** Положение исследуемых показателей в плоскости 1 и 2 главных компонент:

1 – численность бактерий, использующих органический азот, 2 – численность почвенных микромикетов, 3 – численность актиномицетов, 4 – число бактерий, использующих минеральный азот, 5 – отношение C:N в кислотных вытяжках, 6 – отношение C:N в водных вытяжках, 7 – органический углерод в кислотных вытяжках, 8 – органический углерод в водных вытяжках, 9 – содержание гумуса, 10 – легкогидролизуемый азот в кислотных вытяжках, 11 – легкогидролизуемый азот в водных вытяжках, 12 – нитратный азот, 13 – содержание нефтепродуктов, 14 – значение pH почвенной вытяжки

На рис. 2 видно, что среди всех исследуемых показателей наибольшую связь с микробиологическими параметрами (1–4) показало отношение C:N в кислотных вытяжках (5) с положительной корреляцией и значения pH водных вытяжек (14) с отрицательной корреляцией. Оба этих показателя, так же, как и численность микроорганизмов, находились в зависимости, в первую очередь, от первой главной компоненты, то есть, связаны с запечатыванием. Содержание в почвах нефтепродуктов (рис. 2, точка 13) практически не оказывало влияния на остальные показатели и мало зависело от двух ведущих главных компонент. Переменные, связанные с содержанием в почве органического углерода (рис. 2, точки 7–9) и различных форм азота (рис. 2, точки 10–12), формировали на плоскости главных компонент две обособленные группы, что хорошо отражает их тесную связь, объясняемую взаимопревращением данных соединений в ходе реализации биогеохимических циклов углерода и азота.

**Выводы:** несмотря на длительное запечатывание и полное изменение водно-воздушного баланса, биологическая активность погребенных горизонтов не исчезает, а скорее приостанавливается. Активные гидрولитики, принадлежащие к р. *Bacillus*, переживают неблагоприятные условия в форме спор, при этом их видовой состав и разнообразие не претерпевает существенных изменений по сравнению с поверхностными почвами. В значительной мере сохраняются и бактерии, использующие минеральные формы азота. Несмотря на общее и очень значительное снижение видового разнообразия (полное исчезновение неспорообразующих видов, растущих на МПА), можно предполагать возможность его восстановления при изменении

условий на более благоприятные за счет соседних открытых участков почвы и ризосферной микрофлоры заселяющих участок растений. Важно также отметить выживание свободноживущих азотфиксаторов р. *Azotobacter*, призванных обеспечить в долгосрочной перспективе азотное питание живых организмов.

Исследование выполнено в рамках проекта № 213.01-2015/002ВГ базовой части внутреннего гранта ЮФУ с использованием оборудования ЦКП «Биотехнология, биомедицина и экологический мониторинг» и ЦКП «Высокие технологии» Южного федерального университета.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Безуглова, О.С. Почвы Ростовской области: учебное пособие / О.С. Безуглова, М.М. Хырхырова. – Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ, 2008. 352 с.
2. Горбов, С.Н. Специфика органического вещества почв Ростова-на-Дону / С.Н. Горбов, О.С. Безуглова // Почвоведение. 2014. № 8. С. 1-11.
3. Горовцов, А.В. Характеристика ряда экологотрофических групп в составе микробоценозов урбопочв г. Ростова-на-Дону и их чувствительность к антропогенной нагрузке // Известия вузов. Сев-Кавк. регион. Естественн. науки. 2013. № 3. С. 53-57.
4. Еремченко, Е.З. Строение, свойства и распространение урбоагропочв в районах одноэтажной застройки г. Перми / Е.З. Еремченко, И.Е. Шестаков // Вестник Пермского университета. Серия: Биология. 2009. № 10. С. 159-162.
5. Ившина, И.Б. Почвенный микробиоценоз как показатель стабильности луговых сообществ при химическом загрязнении среды тяжелыми металлами / И.Б. Ившина, Л.В. Костина, Т.Н. Каменских и др. // Экология. 2014. №2. С. 83-90.
6. Коришонов, С.О. Сравнение биохимического и молекулярно-генетического подходов в идентификации ряда штаммов, изолированных из окружающей среды / С.О. Коришонов, А.В. Горовцов, Т.Г. Фалеева и др. // Микробиология. 2014. №4. С. 451-455.
7. Мешалкина, Ю.Л. Математическая статистика в почвоведении / Ю.Л. Мешалкина, В.П. Самсонова. – М.: Макс Пресс, 2008. ? с.
8. Пименова, М.Н. Руководство к практическим занятиям по микробиологии: Малый практикум: Учебное пособие / М.Н. Пименова, Н.Н. Гречушкина, Л.Г. Азова. – М.: МГУ, 1971. 221 с.
9. Прокофьева, Т.В. Запечатанные почвы их роль в урбоэкосистеме и возможности рекультивации / Почва, город, экология. – М.: Фонд «За экономическую грамотность», 1997. С. 88-111.
10. Прокофьева, Т.В. Введение почв и почвоподобных образований городских территорий в классификацию почв России / Т.В. Прокофьева, М.И. Герасимова, О.С. Безуглова и др. // Почвоведение. 2014. № 10. С.1-11.
11. Строганова, М.Н. Влияние дорожного покрытия на городские почвы / М.Н. Строганова, Т.В. Прокофьева // Вестник Московского университета. Серия 17. Почвоведение. 1995. №9. С. 3-11.
12. Хазиев, Ф.Х. Почва и биоразнообразие // Экология. 2011. № 3. С. 184-190.
13. Charzyński, P. Ekranosols of Torun Airfield / P. Charzyński, R. Bednarek, L. Mendyk et al. (In:) P. Charzyński, P. Hulisz, R. Bednarek (Eds.) Technogenic soils of Poland. Polish Society of Soil Science. Toruń. 2013. P. 173-190.
14. Duff, R.B. 2-Ketogluconic acid as a natural chelator produced by soil bacteria / R. Duff, D.M. Webley // Chemistry and industry. 1959. С. 1376-1377.
15. FAO/UNESCO Soil Map of the World 1: 5000,000. Revised Legend. Rep. no 60, 1990. Rome. 119 pp.
16. Gorbov, S.N. Ecology-genetic soil characteristics in Rostov-on-Don city / S.N. Gorbov, O.S. Bezuglova // Soils in Space and Time, Lisa Zwanzig (Eds), Proceedings of the International soil science conference of IUSS Division 1, September 29 to October 4, 2013, University of Ulm, Germany, Ulm, 2013. P. 52-53.

17. *Haney, R.L.* Soil organic C: N vs. water-extractable organic C: N. / *R.L. Haney, A.J. Franzluebbers, V.L. Jin et al.* // *Open Journal of Soil Science*. 2012. N2. P. 269.
18. Мировая коррелятивная база почвенных ресурсов: основа для международной классификации и корреляции почв, 2007. – М.: КМК. 278 с.
19. *Lorenz, K.* Biochemical characterization of urban soil profiles from Stuttgart, Germany / *K. Lorenz, E. Kandeler* // *Soil Biol. Biochem.* 2005. V. 37. P. 1373-1385.
20. *Rodríguez, P.G.* Changes in soil sealing in Guadalajara (Spain): cartography with Landsat images / *P.G. Rodríguez, M.E.P. González* // *Science of the total environment*. 2007. V. 378. №. 1. P. 209-213.
21. *Scalenghe, R.* The anthropogenic sealing of soils in urban areas / *R. Scalenghe, F.A. Marsan* // *Landscape and Urban Planning*. 2009. V. 90. №. 1. P. 1-10.
22. *Skvortsova, I.N.* Azotobacter in the soils of Moscow / *I.N. Skvortsova, M.N. Stroganova, D.A. Nikolaeva* // *Eurasian Soil Science*. 1997. V. 30 (3). P. 332-338.
23. *Stroganova, M.N.* Soils of Moscow and urban environment / *M.N. Stroganova, A.D. Miāgkova, T.V. Prokofeva et al.* – Moscow: RFFI, 1998. 164 p.
24. *Stroganova, M.N.* Ecological status of urban soils and economic evaluation of lands / *M.N. Stroganova, T.V. Prokofeva, L.V. Lysak et al.* // *Eurasian Soil Science*. 2003. V. 36. N 7. P. 780-787.
25. *Vela, G.R.* Survival of Azotobacter in dry soil // *Applied microbiology*. 1974. V. 28. N 1. P. 77-79.
26. *Wei, Z.* Installation of impervious surface in urban areas affects microbial biomass, activity (potential C mineralisation), and functional diversity of the fine earth / *Z. Wei, S. Wu, S. Zhou, C. Lin* // *Soil Research*. 2013. V. 51. N 1. P. 59-67.
27. *Wessolek, G.* Sealing of soils // *Urban Ecology*. Springer US, 2008. P. 161-179.

### THE BIOLOGICAL ACTIVITY OF SEALED SOILS IN ROSTOV-ON-DON CITY

© 2016 S.N. Gorbov, A.V. Gorovtsov, O.S. Bezuglova, T.V. Varduni, S.S. Tagiverdiev

Southern Federal University, Rostov-on-Don

The article presents data on the microbiological activity of sealed soil horizons: urbic and buried humus-accumulative A horizons of the chernozems in Rostov-on-Don city. Quantitative and qualitative indicators of microbial communities are considered in connection with the content of various forms of organic carbon and nitrogen compounds in the soil.

Key words: *ekranic technosol (sealed urbostratozem), ordinary chernozem, microbial community, urbic horizon, organic matter, soil*

---

*Sergey Gorbov, Candidate of Biology, Chief of the Biogeochemistry Laboratory. E-mail: sngorbov@sfedu.ru*

*Andey Gorovtsov, Candidate of Biology, Assistant at the Biochemistry and Microbiology Department. E-mail: avgorovcov@sfedu.ru*

*Olga Bezuglova, Doctor of Biology, Professor at the Department of Soil Science and Land resources Assessment. E-mail: osbesuglova@sfedu.ru*

*Tatiana Varduny, Doctor of Pedagogy, Director of Botanical Garden. E-mail: varduny@sfedu.ru*

*Suleiman Tagiverdiev, Minor Research Fellow at the Biogeochemistry Department. E-mail: stagiverdiev@sfedu.ru*