

УДК 631.61:631.433.3:631.417.1(470.61)

## ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ МЕЛИОРАНТОВ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ДЫХАНИЯ И СОДЕРЖАНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА В ПОЧВАХ РОСТОВСКОГО ЗООПАРКА<sup>§</sup>

© 2023 г. А. Н. Федоренко<sup>1</sup>, А. А. Гобарова<sup>1</sup>, К.Ш. Казеев<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Южный федеральный университет  
просп. Стачки, 194/1, Ростов-на-Дону 344090, Россия

\*E-mail: kamil\_kazeev@mail.ru

Поступила в редакцию 31.05.2022 г.

После доработки 10.10.2022 г.

Принята к публикации 15.11.2022 г.

Для оптимизации экологического состояния почв вольеров Ростовского-на-Дону зоопарка в качестве мелиорирующих веществ использовали органические вещества (древесные опилки, солому, лиственной опад, хвою, торф, подсолнечную лузгу, древесный уголь), синтетический регулятор влажности (гидрогель “Акватерра”), минеральные адсорбенты и разбавители (глауконитовый песок, диатомит, вермикулит, агроперлит, цеолит), биопрепараты (“Тамир”, гумат калия, “Байкал ЭМ”), а также сочетание гумата калия и древесных опилок). Наилучшие результаты получены при внесении древесных опилок в дозах 5 и 10% от массы почвы. При этом интенсифицировались биологические процессы в почве, что повышало ее способность к самоочищению от продуктов метаболизма животных. Внесенные опилки минерализовались с сильным увеличением эмиссии углекислого газа. Содержание органического углерода в почве при этом к концу опыта (через 6 мес.) практически не изменялось.

*Ключевые слова:* дыхание почв, биологическая активность, мелиорация, экологическое состояние.

DOI: 10.31857/S0002188123020084, EDN: MSUGXU

### ВВЕДЕНИЕ

Местообитание играет важную роль в жизни животных. Наличие подходящих условий, способствующих поддержанию здоровья, является важной функцией среды, в которой обитает то или иное животное. Использование зоопарков в качестве места для сохранения и разведения животных позволяет собрать на одной территории различные виды. Однако в естественной среде обитания отходы жизнедеятельности животных быстро разлагаются, чего нельзя сказать о местах, созданных искусственно, в результате деятельности человека. Состояние зоопарка, в первую очередь, характеризует то, в каких условиях содержатся животные. Одно из отличий от естественной среды заключается в том, что территория разделена на участки, ограниченные вольерами. Таким образом, площадь в разы меньше, чем аре-

алы обитания животных в естественных условиях. Второе отличие возникает в связи с ограничением пространства и заключается в соблюдении санитарных норм, от которых зависит безопасность находящихся в замкнутом пространстве животных. Фактором благоприятного прибывания как животных в своих вольерах, так и посетителей на территории зоопарка является удовлетворение потребностей и тех и других. Кроме того, санитарно-эпидемиологическая обстановка играет ключевую роль в функционировании зоопарка, т.к. гарантирует безопасность от патогенных микроорганизмов и гельминтов для всех, кто находится в пределах данной территории [1].

В ходе длительного проживания на ограниченной территории животные, так или иначе, вносят свой вклад в формирование новой среды обитания. Их образ жизни, уровень физической активности, предпочтения в пище сказываются на состоянии почвы участков. Несмотря на то что отходы жизнедеятельности регулярно убирают сотрудники зоопарка, в почве все же происходит накопление биогенных веществ. Совокупность факторов приводит к нарушению равновесия и

<sup>§</sup>Исследование выполнено при поддержке ведущей научной школы РФ (НШ-449.2022.5), гранта Минобрнауки РФ на создание Лаборатории молодых ученых (№ ЛабНОЦ-21-01АБ) и Программы стратегического академического лидерства Южного федерального университета (“Приоритет 2030”, № СП-12-22-9).

развитию патогенной микрофлоры. Опасность данной ситуации заключается в том, что некоторые патогенные микроорганизмы могут сохранять свою вирулентность в течение длительного срока, а иногда десятилетиями [2].

Важным компонентом среды, нуждающимся в диагностике в данных условиях, является почва, выполняющая ряд экологических функций, обеспечивающих условия жизни животных, непосредственно контактирующих с ней. Актуальность исследований заключается в изучении влияния животных на почвенный компонент среды обитания и способности почв к разложению органических веществ животного происхождения [3, 4].

Органический углерод занимает ведущую роль в глобальных изменениях природной среды, которые затрагивают процессы биогеохимического цикла углерода, основанного на постоянном взаимодействии противоположных процессов синтеза и биодеструкции [5, 6]. Кроме того, органический углерод является одним из важнейших показателей почвенного плодородия и устойчивости почв к деградации [7–9]. Участие органического вещества в транспорте гидрофобных органических соединений обеспечивает буферность почв и мобильность микроэлементов, поддерживая экосистемные функции и целостность. Поэтому оценка содержания органического вещества является первостепенным показателем качества почвы [10, 11].

Биологическая активность почв основана на осуществлении процессов разложения и синтеза веществ. В качестве одного из общих показателей биологической активности почв часто используют дыхание почв – выделение углекислого газа и поглощение кислорода почвой [12–16]. Интенсивность эмиссии углекислого газа из почвы характеризует активность происходящих в ней биологических процессов. При этом, чем интенсивнее эмиссия, тем активнее происходят в ней биологические процессы, а значит, лучше условия. Оценка активности почвенного дыхания является одним из первых показателей качества почвы [17, 18].

Территория зоопарка, расположенного в центре города Ростова-на-Дону, достаточно обширна (57 га), что позволяет расположить большое количество вольеров. Результаты ранее проведенных исследований экологического состояния этих почв с использованием методов биодиагностики и биоиндикации представлены в ряде научных работ. Ранее проведенные исследования подтвердили наличие биогенного загрязнения, кото-

рое затрагивает активность биологических циклов – азота, фосфора и углерода [19–23].

В ходе исследований 2019–2022 гг. была проведена серия модельных опытов по мелиорации почв вольеров Ростовского зоопарка. Цель работы – подбор оптимального по составу и действию мелиорирующего вещества, способствующего как улучшению водно-физических свойств почв, так и повышению их биологической активности, влияющей на способность почв к самоочищению.

Проведение модельных исследований было направлено на поддержание способности почв к самоочищению без вреда для животных. Подбор мелиорирующих веществ осуществляли с опорой на предыдущие исследования в данной области. Анализ литературы показал, что длительное применение органических и минеральных удобрений приводило к снижению содержания органического углерода в почвах. Чтобы уменьшить потери, использовали различные методы мелиорации, направленные на стабилизацию органического вещества почв [24, 25]. Применение мелиорантов и биопрепаратов для повышения плодородия и улучшения экологического состояния почв также актуально в условиях деградации почв [26–29]. Внесение в почву нетрадиционных удобрений (древесных отходов и опилок) является эффективным приемом улучшения почвообразовательных процессов, повышающим плодородие грунтов, а также обогащающим почву необходимыми для хорошего роста и развития растений микроэлементами [30, 31]. Использование древесных опилок считается рентабельным и экологичным способом. Деревообрабатывающие предприятия часто отдают опилки бесплатно (на условиях самовывоза с территории предприятия). При сравнительно простых манипуляциях можно за 3–4 мес. получить эффективное органическое удобрение. Внесение компостов на основе опилок в почву позволяет снизить ее плотность. При этом происходит разрыхление почвы, насыщение кислородом, повышается водопроницаемость [32].

Улучшение способности почв к биодеструкции отходов животного происхождения исключает возможность развития патогенной микрофлоры, а также способствует устранению неприятных запахов на территории, что повышает качество среды для животных и посетителей зоопарка.

Таблица 1. Схема модельного опыта 1

Вариант	Почва	Доза
Контроль	Парковая зона зоопарка	Без добавок
Фон	Вольер с благородными оленями	Без добавок
Глауконитовый песок		5% от массы почвы
Древесные опилки		
Биопрепарат “Тамир”		
Гидрогель “Акваттера”		
Древесные опилки + биопрепарат “Тамир”		

## МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследования были почвы территории Ростовского-на-Дону зоопарка, представленные черноземом обыкновенным карбонатным. Почва для модельных экспериментов взята из вольеров, в которых содержатся благородные олени (*Cervus canadensis sibiricus*) и буйволы Арни (*Bubalus bubalis arnee*). Площадь вольера с благородными оленями – 1190 м<sup>2</sup>, вольера с буйволами Арни – 280 м<sup>2</sup>. Продолжительное пребывание животных на участке, а также количество особей на 1 м<sup>2</sup> сильно сказывается на видоизменении территории. Исследованные вольеры отличались выраженной пастбищной дигрессией, а также были загрязнены отходами жизнедеятельности животных. В обоих вольерах полностью отсутствовали травянистые растения. По шкале пастбищной дигрессии (степень от 1 до 10) участок с оленями оценен как 9-балльный сбой (интенсивность сбоя травяного покрова травоядными животными). Доля территории, покрытая растительностью, составляла 5%. Участок с буйволами по шкале пастбищной дигрессии оценен как 10-балльный абсолютный сбой. Нагрузка в вольере с оленями составляла 0.36 кг/м<sup>2</sup>, в вольере с буйволами – 5.5 кг/м<sup>2</sup>. Значительное внесение органических веществ приходилось на вольер с буйволами ( $\approx 97.8$  кг/м<sup>2</sup>/год).

Исследование проходило в несколько этапов. Целью первого этапа была оценка экологического состояния почвы разных участков зоопарка и подбор оптимального по составу и действию мелиорирующего вещества. Для этого в контейнеры объемом 1 л помещали почвы из вольера с благородными оленями, а в качестве агентов, влияющих на разложение отходов животных и улучшающих эколого-биологическое состояние почвы, использовали гидрогель “Акваттера”, биопрепарат “Тамир”, древесные опилки и глауконитовый песок (табл. 1). Опыт проводили в трехкратной

повторности (21 контейнер). Сроки инкубации – 20 сут с момента закладки опыта.

Второй модельный опыт проводили с целью установки концентрации мелиорирующего вещества, необходимой для внесения в почву. В контейнеры объемом 1 л, помещали почву из вольера буйволов, а в качестве агентов, влияющих на разложение отходов животных и улучшение эколого-биологического состояния почвы, использовали древесные опилки (липа) и глауконитовый песок (табл. 2). Опыт проводили в девятикратной повторности (63 контейнера). Сроки инкубации – 6 мес. с момента закладки опыта.

Проведение модельного опыта 3 было необходимо для оценки и сравнения между собой действия органических, синтетических и минеральных добавок. В контейнеры объемом 1.5 л помещали почвы из вольера буйволов, а в качестве агентов, влияющих на разложение отходов животных и улучшающих эколого-биологического состояния почвы, использовали органические и минеральные вещества, биопрепараты, биоуголь и синтетический регулятор влажности (табл. 3). Опыт проводили в трехкратной повторности (21 контейнер). Сроки инкубации – 3 мес. с момента закладки опыта.

Различие сроков инкубации в модельных опытах было обусловлено в опыте 1 (20 сут) – выбором нескольких добавок и изучением их влияния; в опыте 2 (6 мес.) – изучением влияния древесных

Таблица 2. Схема модельного опыта 2

Вариант	Почва	Доза
Фон	Вольер с буйволами	Без добавок
Глауконитовый песок		10%
Древесные опилки		1%
Древесные опилки		2.5%
Древесные опилки		5%
Древесные опилки		10%

Таблица 3. Схема модельного опыта 3

Вариант	Почва	Доза
Фон	Вольер с буйволами	Без добавок
Органические вещества (древесные опилки, солома, лиственной опад, хвоя, торф, подсолнечная лузга)		10%
Неорганические вещества (глауконитовый песок, диатомит, вермикулит, агроперлит, цеолит)		
Биопрепараты (“Тамир”, “Байкал ЭМ”, гумат калия)		
Биоуголь		
Гидрогель “Акватерра”		5%

опилок в динамике, что позволило отметить время от внесения и начала действия добавки до полного разложения и снижения эффекта; в опыте 3 (3 мес.) – ранее полученной информацией о снижении действия добавок после 3-х мес. инкубации.

Одним из самых чувствительных показателей биологической активности почв является интенсивность выделения углекислого газа. Интенсивность эмиссии углекислого газа почвами ( $\text{мг}/\text{м}^2/\text{сут}$ ) измеряли при помощи газоанализатора ПГА-7 каждую неделю. Срок инкубации замкнутого контейнера с почвой перед анализом составлял 1–2 ч. Содержание органического углерода оценивали по окислению органического вещества почвы хромовой смесью при температуре  $150^\circ\text{C}$  по методу Тюрина в модификации Никитина с колориметрическим окончанием на спектрофотометре UNICO 1201 [33].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

По результатам первого модельного опыта было установлено, что оптимальным по составу и действию мелиорирующим веществом были древесные опилки в количестве 5% от массы почвы (рис. 1). Почвенная эмиссия углекислого газа при внесении древесных опилок достоверно отличалась от контроля. Внесение глауконитового песка и гидрогеля “Акватерра” сопровождалось снижением эмиссии углекислого газа. Совместное применение опилок и препарата “Тамир” оказало большее действие на эмиссию углекислого газа, чем влияние одного лишь биопрепарата. Это подтвердили достоверно различающиеся показатели.

Анализ фоновых величин эмиссии углекислого газа парковой зоны зоопарка и вольерного участка показал достоверные различия, которые были связаны с накоплением биогенных веществ в почвах вольерного участка. Было отмечено, что интенсивность эмиссии углекислого газа зависела

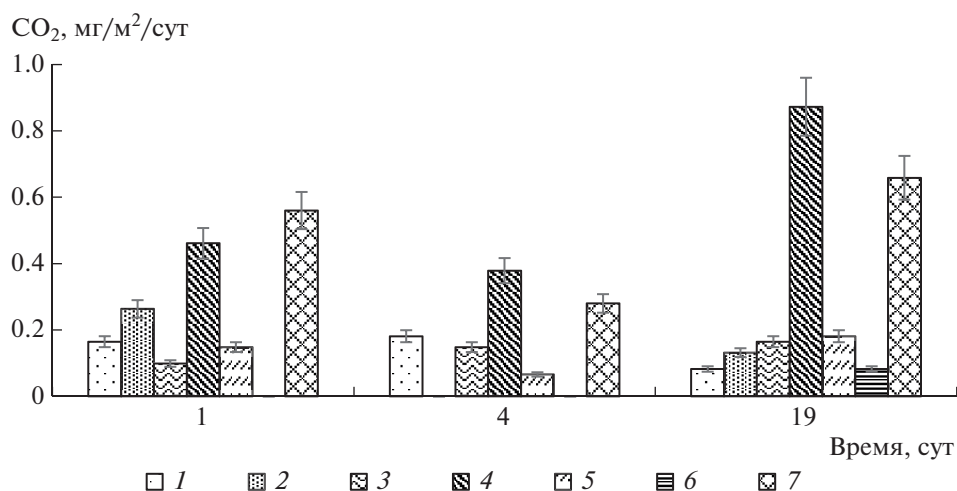
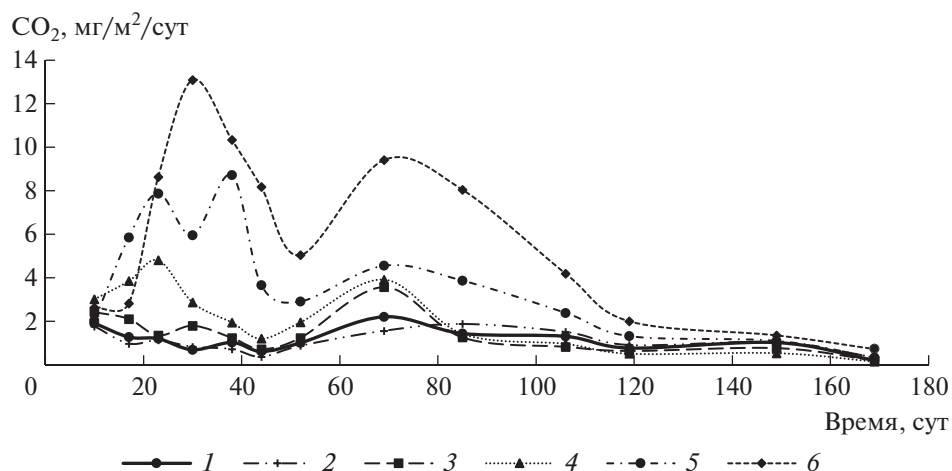


Рис. 1. Эмиссия  $\text{CO}_2$ ,  $\text{мг}/\text{м}^2$ : 1 – парковая зона зоопарка, 2 – контроль, вольер с благородными оленями (*Cervus canadensis sibiricus*), 3 – глауконитовый песок, 4 – древесные опилки, 5 – биопрепарат “Тамир”, 6 – гидрогель “Акватерра”, 7 – древесные опилки + биопрепарат “Тамир”.



**Рис. 2.** Эмиссия  $\text{CO}_2$ ,  $\text{мг/м}^2$ : 1 – контроль, вольер с буйволами Арни (*Bubalus bubalis arnee*), 2 – песок 10%, 3 – опилки 1%, 4 – опилки 2.5%, 5 – опилки 5%, 6 – опилки 10%.

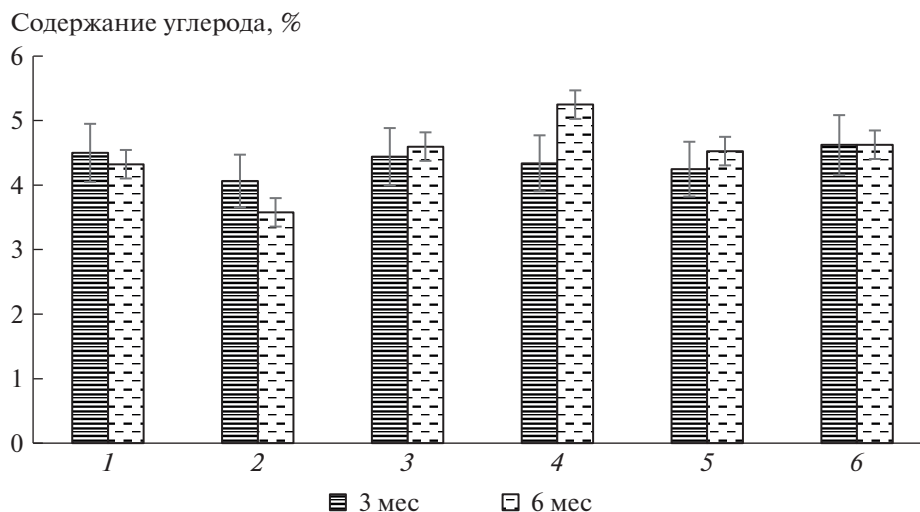
ла от природы внесенного вещества. Глауконитовый песок оказал разбавляющий эффект, который положительно влиял на физические свойства почвы, однако снижал ее биологическую активность. Поглощение воды гидрогелем негативно повлияло на влажность почвы, что неминуемо сказалось и на эмиссии углекислого газа, которая тесно коррелировала с данным показателем.

Во втором модельном опыте было выявлено, что древесные опилки в количестве 5 и 10% от массы почв были эффективными (рис. 2). В варианте с 5%-ным внесением опилок максимальная эмиссия углекислого газа отмечена на 30-е сут, а с 10%-ным – на 38-е сут. Внесение песка в количестве 10% отрицательно сказалось на эмиссии углекислого газа. Внесение опилок в дозах 1.0 и 2.5% не существенно повысило эмиссию углекислого газа. Выделение углекислого газа зависело от количества органического углерода почвы и древесных опилок. Об этом свидетельствовала динамика интенсивности эмиссии углекислого газа, которую фиксировали в течение полугодия. По завершении модельного опыта почвенное дыхание вернулось к начальному уровню во всех экспериментальных вариантах, что показало прекращение стимулирования биологической активности почвы внесенными опилками, которые к этому времени полностью минерализовались.

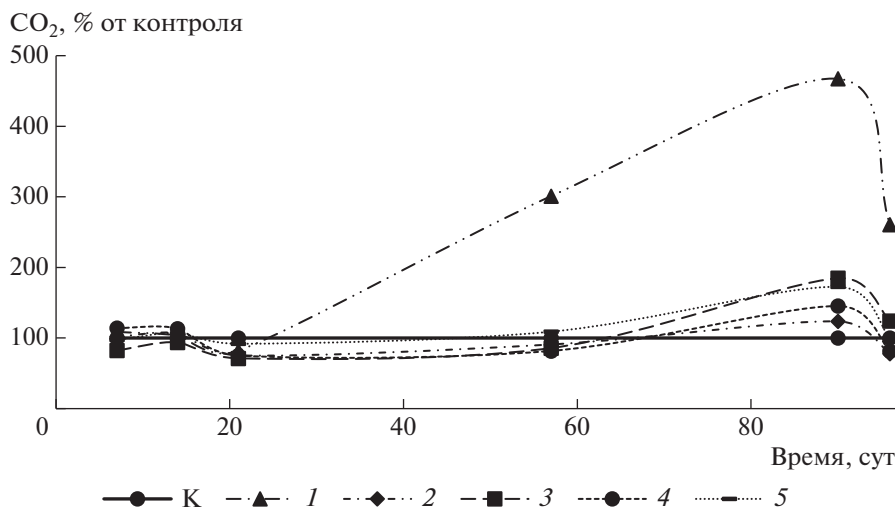
Через 3 мес. после начала второго модельного опыта содержание органического углерода в варианте с внесением песка уменьшилось на 10% относительно контроля, что было связано с разбавляющим фактором внесения балластного мелиоранта без органического углерода (рис. 3). Среди исследованных вариантов древесные

опилки, внесенные в дозе 10% от массы почвы, имели наибольшую эффективность. Полугодовой срок их действия подтвердил, что внесение в почву песка снижало содержание органического углерода. Внесение песка производили в вольерах с крупными животными. Данную процедуру проводили с целью улучшения водно-физических свойств почв. С точки зрения биологической активности внесение песка приводило к отрицательному влиянию – снижению эмиссии углекислого газа и биохимических показателей, что свидетельствовало об ухудшении способности почвы к самоочищению. Использование песка также не рекомендовали по причине высокой теплопроводности. В летнее время под открытым небом это может доставлять дискомфорт животным из-за высокой температуры так же, как и в холодное время года из-за низкой. В качестве альтернативы рекомендовали древесные опилки. Их способность медленнее проводить тепло позволило поддерживать комфортную для животных температуру почвенного покрова в любое время года.

В третьем модельном опыте органические вещества (древесные опилки, солома, листвова опад, хвоя, торф, лузга, уголь) больше стимулировали эмиссию углекислого газа по сравнению с минеральными адсорбентами (глауконитовым песком, диатомитом, вермикулитом, агроперлитом, цеолитом), которые способствовали снижению содержания органического углерода в почве (рис. 4). По завершении эксперимента органические мелиоранты не были обнаружены в почве. Причиной была их полная трансформация: часть углерода минерализовалась до углекислого газа.



**Рис. 3.** Содержание органического углерода в почве, %: 1 – контроль, вольтер с буйволами Арни (*Bubalus bubalis arnee*), 2 – песок 10%, 3 – опилки 1%, 4 – опилки 2.5%, 5 – опилки 5%, 6 – опилки 10%.



**Рис. 4.** Динамика эмиссии углекислого газа почвой при внесении различных групп веществ, %: 1 – органические вещества, 2 – неорганические вещества, 3 – биопрепараты, 4 – биоуголь, 5 – гидрогель.

Оценка действия различных групп веществ на способность почвы к биодеструкции и, в дальнейшем, как следствие, регуляции самоочищения позволяет из множества вариантов выбрать тот, который будет удовлетворять критериям доступности и качества. Применение веществ органической природы целесообразно в условиях зоопарка, т.к. в первую очередь является безопасным и для животных, и для посетителей. Кроме того, внесение углеродсодержащих веществ повышает микробиологическую активность, которая отвечает за биохимические процессы, связанные с дыханием почвы и балансом органического углерода.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведение серии модельных экспериментов позволило подобрать оптимальное по составу и действию мелиорирующее вещество, которое способствовало повышению биологической активности почв. В 2-х модельных экспериментах внесение древесных опилок в количестве 5 и 10% от массы почвы достоверно повлияло как на почвенное дыхание, так и на способность почв к самоочищению. В ходе 3-го модельного эксперимента было обнаружено, что органические вещества оказывали положительное влияние на эмиссию углекислого газа. Микробиологические препараты не повлияли на содержание общего уг-

лерода. Исключением было совместное действие биопрепаратов и органических веществ (опилок, соломы). Установлено, что внесение песка снижало содержание органического углерода. Результаты эмиссии углекислого газа показали, что мелиоранты органического происхождения обеспечивали почву дополнительным источником углерода, который повышал микробиологическую активность, улучшая тем самым самоочищение почв вольеров от загрязняющих их продуктов метаболизма животных.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Скуратова Л.С. Принципы архитектурно-пространственной организации зоологических парков в условиях Сибири // Архитектура и совр. информ. технол. 2011. № 3 (16). С. 14.
2. Кузнецов А.Ф., Демчук М.В., Карелин А.И. Гигиена сельскохозяйственных животных. М.: Агропромиздат, 1991. Кн. 1. Общая зоогигиена. 399 с.
3. Юркова Н.Е., Юрков А.М., Смагин А.В. Оценка функционального состояния почв Московского зоопарка по микробиологическим показателям // Вестн. МГУ. Сер. 17: Почвоведение. 2008. № 3. С. 39–44.
4. Юркова Н.Е., Юрков А.М., Смагин А.В. Экологическое состояние почвенных объектов Московского зоопарка // Почвоведение. 2009. № 3. С. 373–380.
5. Курьянова Ю.В., Любимов И.С., Копчик Г.Н. Биодеструкция органического вещества почв как важнейшее звено биогеохимического цикла углерода в лесных экосистемах Кольской Субарктики // Тр. Ферсмановской научн. сессии ГИ КНЦ РАН. 2017. № 14. С. 429–432.
6. Кудяров В.Н. Дыхание почв и биогенный сток углекислого газа на территории России (аналитический обзор) // Почвоведение. 2018. № 6. С. 643–658.
7. Орлов Д.С., Садовникова Л.К., Суханова Н.И. Химия почв. М.: Высш. шк., 2005. 558 с.
8. Вальков В.Ф., Денисова Т.В., Казеев К.Ш., Колесников С.И., Кузнецов Р.В. Плодородие почв и сельскохозяйственные растения: экологические аспекты. Ростов н/Д.: Изд-во ЮФУ, 2008. 416 с.
9. Макаров О.А., Красильникова В.С., Кубарев Е.Н., Строков А.С., Абдулханова Д.Р. Опыт оценки деградации дерново-подзолистых почв при помощи микробиологических показателей (на примере агрохозяйства Калининградской области) // Агротех. вестн. 2021. № 1. С. 13–18.
10. Наумова Н.Б. К вопросу об определении содержания органического углерода в почве // Почвы и окружающая среда. 2018. Т. 1. № 2. С. 98–103.
11. Белоусова Е.Н., Белоусов А.А. Влияние почвозащитных технологий на содержание подвижного органического вещества и ферментативную активность почвы // Агротех. 2022. № 5. С. 30–37.
12. Звягинцев Д.Г. Биологическая активность почв и шкалы для оценки некоторых ее показателей // Почвоведение. 1978. № 6. С. 48–54.
13. Мокриков Г.В., Казеев К.Ш., Акименко Ю.В., Мясникова М.А., Колесников С.И. Влияние технологии No-Till на эколого-биологическое состояние почв. Ростов н/Д.: Изд-во ЮФУ, 2017. 174 с.
14. Иванов А.В., Браун М., Замолодчиков Д.Г., Лошаков С.Ю., Потоцкий О.В. Эмиссия углерода с поверхности валежа в кедровых лесах южного Приморья // Экология. 2018. № 4. С. 275–281.
15. Казеев К.Ш., Жадобин А.В., Колесников С.И. Экологическое состояние почв Ростовского зоопарка. Ростов н/Д.: Изд-во ЮФУ, 2021. 148 с.
16. Bukombe B., Fiene P., Hoyt A.M., Kidinda L.K., Doetterl S. Heterotrophic soil respiration and carbon cycling in geochemically distinct African tropical forest soils // Soil. 2021. V. 7. P. 639–659.
17. Bünemann E.K., Bongiorno G., Bai Z., Creamer R.E., De Deyn G., Goede R., Fleskens L., Geissen V., Kuypers T.W., Mäder P., Pulleman M., Sukke W.L., Groenigen J.W., Brussaard L. Soil quality – A critical review // Soil Biol. Biochem. 2018. V. 120. P. 105–125.
18. Raiesi F., Pejman M. Assessment of post-wildfire soil quality and its recovery in semi-arid upland rangelands in Central Iran through selecting the minimum data set and quantitative soil quality index // Catena. 2021. V. 201. 105202.
19. Казеев К.Ш., Жадобин А.В., Лесина А.Л., Александров А.А., Бакаева Ю.С., Кравцова Н.Е., Колесников С.И. Экологическое состояние почв вольеров с животными и птицами Ростовского зоопарка // АгроЭкоИнфо. 2018. № 3 (33). С. 32.
20. Федоренко А.Н., Жадобин А.В., Казеев К.Ш., Гобарова А.А., Колесников С.И. Оценка содержания биогенных элементов в почвах зоопарка (Ростов-на-Дону) // Агротех. вестн. 2020. № 5. С. 80–84.
21. Zhadobin A.V., Kazeev K.Sh., Kolesnikov S.I. Influence of ameliorants on soil respiration of volleys of the Rostov Zoo // Ind. J. Ecol. 2020. V. 47 (4). P. 979–983.
22. Kazeev K., Zhadobin A., Gobarova A., Fedorenko A., Kolesnikov S. Assessment of ecological state of Rostov zoo soil // Euras. J. Soil Sci. 2021. V. 10 (2). P. 87–95.
23. Казеев К.Ш., Жадобин А.В., Колесников С.И. Экологическое состояние почв Ростовского зоопарка. Ростов н/Д.: Изд-во ЮФУ, 2021. 150 с.
24. Васбиева М.Т. Влияние длительного применения органических и минеральных удобрений на динамику содержания органического углерода и азотный режим дерново-подзолистой почвы // Почвоведение. 2019. № 11. С. 1365–1372.
25. Бабенко М.В., Васильев А.С., Дроздов И.А. Влияние различных фракций и доз свиного навоза на изменение содержания гумуса и его фракционно-групповой состав в дерново-подзолистой почве // Агротех. вестн. 2020. № 1. С. 25–31.
26. Bezuglova O.S., Gorovitsov A.V., Demidov A., Polienko E.A., Zinchenko V.E., Grinko A.V., Lykhman V.A., Dubinina M.N. Effect of humic preparation on winter wheat productivity and rhizosphere microbial community under herbicide-induced stress // J. Soils Sediment. 2019. T. 19. № 6. С. 2665–2675.

27. *Нестерова О.В., Семаль В.А., Бовсун М.А., Васнев И.И., Брикманс А.В., Карпенко Т.Ю., Сакара Н.А.* Изменение свойств агропочв юга Дальнего Востока России при внесении биоугля // *Агрехим. вестн.* 2021. № 5. С. 18–23.
28. *Нижельский М.Н., Казеев К.Ш., Колесников С.И.* Влияние биологических препаратов на ферментативную активность чернозема обыкновенного после фумигации дымом от опилок // *Агрехим. вестн.* 2021. № 5. С. 28–33.
29. *Jatav H.S., Rajput V.D., Minkina T., Gorovtsov A., Barakhov A., Sushkova S., Mandzieva S., Burachevskaya M., Singh S.K., Chejara S., Bauer T., Kalinitchenko V.P.* Sustainable approach and safe use of biochar and its possible consequences // *Sustainability.* 2021. Т. 13. № 18. 10362.
30. *Корсунова Ц.Д.-Ц., Чимитдоржиева Г.Д.* Биологическая активность дефлированных каштановых почв байкальского региона при внесении компостов на основе древесной коры, опилок, соломы // *Агрехимия.* 2008. № 4. С. 15–19.
31. *Галдина Т.Е., Самошин С.Е.* Влияние нетрадиционных удобрений на выращивание посадочного материала в лесных питомниках // *Усп. совр. естествозн.* 2018. № 11. С. 24–29.
32. *Долматов С.Н.* Перспективы применения компоста из древесных опилок // *Аграрн. научн. журнал* 2016. № 3. С. 49–51.
33. *Казеев К.Ш., Колесников С.И., Акименко Ю.В., Даденко Е.В.* Методы биодиагностики наземных экосистем. Ростов н/Д.: Изд-во ЮФУ, 2016. 356 с.

## Effect of Various Meliorants on Respiration Intensity and Organic Carbon Content in the Soils of the Rostov Zoo

A. N. Fedorenko<sup>a</sup>, A. A. Gobarova<sup>a</sup>, and K.Sh. Kazeev<sup>a,#</sup>

<sup>a</sup>*South Federal University  
prosp. Stachek 194/1, Rostov-on-Don 344090, Russia*

<sup>#</sup>*E-mail: kamil\_kazeev@mail.ru*

Organic substances (sawdust, straw, leaf litter, needles, peat, sunflower husk, charcoal), synthetic moisture regulator (Aquaterra hydrogel), mineral adsorbents and diluents (glauconite sand, diatomite, vermiculite) were used as reclamation agents to optimize the ecological state of the soils of the enclosures of the Rostov-on-Don Zoo, agropelrite, zeolite), biological products (Tamir, potassium humate, Baikal EM), as well as a combination of potassium humate and sawdust). The best results were obtained when applying sawdust in doses of 5 and 10% of the soil weight. At the same time, biological processes in the soil intensified, which increased its ability to self-purify from animal metabolic products. The introduced sawdust mineralized with a strong increase in carbon dioxide emissions. The content of organic carbon in the soil at the same time by the end of the experiment (after 6 months) practically did not change.

*Key words:* soil respiration, biological activity, land reclamation, ecological condition.