

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
( Н И У « Б е л Г У » )

ФАКУЛЬТЕТ ГОРНОГО ДЕЛА И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ  
КАФЕДРА ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ И ЗЕМЕЛЬНОГО КАДАСТРА

**ОЦЕНКА ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ  
БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ РАЗНОГО ВОЗРАСТА ОСВОЕНИЯ**

Выпускная квалификационная работа  
обучающегося по направлению подготовки  
05.04.06 Экология и природопользование  
очной формы обучения, группы 81001513  
Дудиной Елены Владимировны

Научный руководитель  
д.г.н., профессор  
Чендев Ю.Г.

Рецензент  
заместитель начальника -  
начальник отдела учета и  
контроля РВ и РАО и  
государственной экспертизы  
управления ВОС департамента  
АПК и воспроизводства  
окружающей среды  
Белгородской области Дегтярь  
А.В.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
ВВЕДЕНИЕ.....	3
ГЛАВА 1. ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ.....	6
1.1. Биологические свойства почв.....	7
1.2. Биологическая активность почвы как часть экологического мониторинга.....	14
1.3 Компоненты и процессы почвенного «дыхания».....	17
ГЛАВА 2. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ И ПОЧВЕННЫХ РЕСУРСОВ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ. ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ ОБЪЕКТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ	22
2.1 Агроклиматические и почвенные ресурсы Белгородской области.....	22
2.2 Подробное описание объектов исследования.....	25
2.2.1 Ключевой участок «Батрацкая дача».....	26
2.2.2 Ключевой участок «Курасовка».....	31
ГЛАВА 3. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	34
ГЛАВА 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА ПО ОЦЕНКЕ ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ РАЗНОГО ВОЗРАСТА ОСВОЕНИЯ.....	42
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	55
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	57

## ВВЕДЕНИЕ

Уже в начале XX века была известна огромная роль живого вещества почв. С. А. Захаров (1931) цитирует выражение Бергло, что почва представляет собой «нечто живое» («quelquechose devivant»).

Ведущая роль живого вещества в почвообразовании наиболее ярко развита в блестящей, но, к сожалению, малоизвестной работе ученика В.В. Докучаева, основателя биогеохимии В.И. Вернадского «Об участии живого вещества в создании почв». Работа написана в 1919 г., а впервые опубликована только в 1984 г. «... малы и случайны наши знания организмов для образования почв». Эти слова, высказанные В.И. Вернадским в начале прошлого века, актуальны и в настоящее время. Значительному влиянию биоты на почву и педосферу и оценке ее роли в почвообразовании посвящены и современные работы: Аристовской, 1980; Таргульян и др., 1989, 1992; Добровольского, 1996; Соколова, 1996; Алябина и др., 2001; Шоба и др., 1999; С.Н. Виноградского (1952), Е.Н. Мишустина (1954, 1956, 1966, 1975, 1976, 1984), Н.А. Красильникова (1958), Д.Г. Звягинцева (1976, 1978, 1987) и др.

В начале XX в., в период, когда началось освоение окраин нашей страны, биологические методы исследования стали развиваться особенно интенсивно. В настоящее время биологические методы исследования окружающей среды претерпели огромный скачок в развитии. Появилось много различных методик по изучению экологического состояния окружающей среды.

Согласно аксиологической концепции «качества почвы» (Soilquality) (Karlen и др., 1997), помимо широко используемых физических и химических характеристик почв (в сумме порядка 36) не менее большое значение имеют биологические параметры – их около 20, включая скорость трансформации органического вещества (ОВ). Задачи по воспроизводству почвенного плодородия, улучшению баланса питательных веществ в почвах должны решаться с учетом биоклиматического потенциала ландшафтов

(Цыгуткин, Смирнова, 2004). В системе почва–микроорганизмы происходят закономерные и планомерные изменения количества и качества микроорганизмов, направленности и напряженности микробиологических процессов, которые интегративно определяются (Звягинцев, 1987) как микробиологическая сукцессия, в которой, в свою очередь, немалую роль играет растительность.

Долгое время почвы испытывали колоссальную нагрузку экстенсивного земледелия. Только в XXI веке человек понял, что дальнейшее расточительное использование ресурсов почв приведет, и, в значительной степени, уже привело к их деградации. Для того, чтобы оценить степень деградации, нужны исследования не только традиционных физико-химических показателей, но и эколого-биологических, т. к. они являются наиболее чувствительными к изменениям среды и информативными.

В зарубежной литературе последнее время очень часто применяется термин «soilhealth» (FriedmanD., 2001), который дословно переводится как «Здоровье почвы». Почва - это живой организм, который, как и все живые организмы, способен «болеть», и нуждается в «лечении».

Согласно исследованиям Казеева К.Ш и Колесникова С.И., 2013 г., при длительном использовании почвы под пашню очень сильно меняется показатель биологической активности почвы. И даже при последующем оставлении почвы под залежь показатели биологической активности восстанавливаются не полностью. Следовательно, нужно искать методы восстановления «здоровья почвы», в этом нам поможет оценка эколого-биологического состояния почвы.

В настоящее время вопрос о восстановлении почвенного плодородия встает достаточно остро, и в связи с этим, становится **актуальной** задача оценки эколого-биологического состояния антропогенно-нарушенных

почв для дальнейшего прогнозирования мероприятий по восстановлению почвенного плодородия (что отражено в данной работе).

**Цель работы** – используя эколого-биологические почвенные характеристики и интегральный показатель ИПБЭСП оценить эколого-биологическое состояние почв разного времени освоения, распространенных на территории Белгородской области.

**Задачи:**

- изучить эколого-биологические свойства почвы и методики их определения,
- спланировать полевую часть эксперимента,
- провести экспериментальные исследования по оценке эколого-биологических показателей состояния почв,
- обработать результаты эксперимента по определению интегрального показателя эколого-биологического состояния почв и сделать выводы.

**Предмет** – тенденции изменения биологических и биохимических показателей активности почвы в условиях длительного сельскохозяйственного освоения.

**Объект** – почва и почвенная микрофлора участков на территории Шебекинского и Ивнянского районов Белгородской области.

**Методы исследования:** биологический эксперимент, биохимические и полевые методы, метод определения интегрального показателя эколого-биологического состояния почв; сравнение и анализ результатов; статистическая обработка данных.

## ГЛАВА 1. ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ.

Почва является незаменимым природным ресурсом. Это ее значение неоднократно подчеркивал В.В. Докучаев: «Чернозем для России дороже всякой нефти, каменного угля, дороже золотых и железных руд; в нем — вековечное, неистощимое русское богатство».

Оценка экологического состояния почвы возможна лишь тогда, когда правильно поняты механизм, сущность и история взаимоотношений почвы, организмов и условий их обитания. Это особенно актуально для рационального использования, охраны и воспроизводства почвенных ресурсов. Человек получает максимально устойчивую биологическую продукцию от агроэкосистем только тогда, когда он правильно воздействует на звенья этой сложной системы. Отчуждая продукцию для себя, человек должен восполнять или возвращать в почву взятые компоненты, сохранять и улучшать почвы, ее режимы — водный, воздушный, тепловой, пищевой; обновлять и чередовать виды и сорта растений, активизировать микробиологическое население почвы и т.д.

Однако ценность почвы определяется не только ее хозяйственной значимостью для сельского, лесного и других отраслей хозяйства. Она определяется также незаменимой экологической ролью почвы как важнейшего компонента всех наземных биоценозов и биосферы Земли в целом. Через почвенный покров Земли идут многочисленные экологические связи всех живущих на земле и в земле организмов (в том числе и человека) с литосферой, гидросферой и атмосферой. В следующей главе мы попытаемся рассмотреть почву с различных естественно-научных позиций и понять, какие ее свойства и взаимоотношения с окружающей средой должны лежать в основе именно экологической оценки ее состояния. (Муравьев, 2008)

## 2.1. Биологические свойства почвы.

Без огромного и сложного мира живущих в почве существ нет и не может быть самой почвы, а без почвенного покрова не могла бы развиваться биосфера Земли как единая целостная планетарная оболочка.

Почвенный покров нашей планеты обеспечивает жизнь растений и служит огромной фабрикой по переработке их мертвых остатков. С другой стороны, «живое вещество», по образному выражению В. И. Вернадского само создает почву. Состав этого «живого вещества» почв, его «неделимых частей» - организмов, их популяций и сообществ, работу и результаты их деятельности изучает наука биология почв.

Уже в начале XX века была известна огромная роль живого вещества почв. С. А. Захаров (1931) цитирует выражение Бергло, что почва представляет из себя «нечто живое» («quelque chose de vivant»).

Ведущая роль живого вещества в почвообразовании наиболее ярко развита в блестящей, но, к сожалению, малоизвестной работе ученика В.В. Докучаева, основателя биогеохимии В.И. Вернадского «Об участии живого вещества в создании почв». Работа написана в 1919 г., а впервые опубликована только в 1984 г. «... малы и случайны наши знания организмов для образования почв». Эти слова, высказанные В.И. Вернадским в начале прошлого века, актуальны и в настоящее время, как и следующее его изречение в этой же работе: «Странным образом вопрос о значении живого вещества в создании почв остается сейчас в пренебрежении. Внимание исследователей не направлено в эту сторону, здесь даже не произведена работа охвата собранного научного материала, выделения из него научных задач для изучения. Достаточно обратиться к любому из больших, лучших курсов почвоведения, например, к последнему изданию одного из полнейших, использовавших мировую почвенную литературу, курсу проф. К.Д. Глинки для того, чтобы в этом убедиться. В

небольшой главе, посвященной, например, влиянию на почву животных организмов и небольшой литературе, в ней приведенной, ясно сказывается такое, не отвечающее сущности дела, состояние наших знаний, наших исканий в этой области. Между тем значение живого вещества для создания почв всеми высказывается, является общим местом, лежащим в основе всех наших представлений о почве» (Вернадский, 1919, цит. по 1992). Значительному влиянию биоты на почву и педосферу и оценке ее роли в почвообразовании посвящены и современные работы (Аристовской, 1980; Таргульян и др., 1989; Таргульян, 1992; Добровольский, 1996; Таргульян, Соколова, 1996; Алябина и др., 2001; Шоба и др., 1999 и др.).

Изучение биологии почв в нашей стране связано в первую очередь с именами С.Н. Виноградского (1952), Е.Н. Мишустина (1954, 1956, 1966, 1975, 1976, 1984а,б), Н.А. Красильникова (1958), Д.Г. Звягинцева (1976, 1978, 1987а,б), Т.В. Аристовской (1980, 1988) и др. в области микробиологии почв; В.Ф. Купревича (1951, 1966, 1974), Т.А. Щербаковой (1983), Ф.Х. Хазиева (1972, 1976а,б, 1979а,б, 1982), А.Ш. Галстяна (1974, 1978, 1982), и др. в области ферментативной активности почв; М.С. Гилярова (1941, 1949, 1965, 1976), Д.А. Криволицкого (1985, 1994), Б.Р. Стригановой (1999) и др. в области почвенной зоологии; И.В. Тюрина (1937, 1949, 1965), М.М. Кононовой (1951, 1963, 1968), Д.С. Орлова (1972, 1974, 1976, 1990, 1993, 1998), Л.Н. Н.Ф. Ганжары (1974, 1997), Александровой (1980), Л.А. Гришиной (1986) и др. в области гумусного состояния почв.

Биологические свойства почв включают в себя: биологическую активность почвы, почвенную фауну, микрофлору почв, дыхание почв, ферментативную активность почв, гумусное состояние почв.

Кратко охарактеризуем каждый из пунктов биологических свойств почв.



### *Почвенная фауна.*

Важнейшую роль в круговороте веществ в природе, почвообразовании, плодородии почв играют животные. Факт высокого обилия животных в почве и значение их активности для почвенной динамики был отмечен В.В. Докучаевым (1894, цит. по 1949): "Весьма многие животные, каковы суслики, кроты, ящерицы, насекомые, черви и пр. громадными массами обитают как на поверхности наших степей, так и в почве..." Все это, роясь и копошась в почве, не может не способствовать измельчению и лучшему проникновению в нее воздуха и органических веществ, что вызывает, в свою очередь, и сильнейшее выветривание еще не разложившихся частей почвы и более правильное распределение в ней гумуса; несомненно также, что большая часть этих организмов, питаясь мертвой и живой растительностью, не может не способствовать ее быстрому сгоранию и обогащению почвы (как во время жизни, так и после смерти) азотистыми веществами".

В почве обитает огромное количество видов простейших, червей, насекомых и их личинок, многоножек, клещей, ногохвосток, мокриц и др. Вся их жизнедеятельность и жизнеобитание взаимообусловлены между собой экологическими факторами. В глобальном масштабе видовое разнообразие фауны почвенных беспозвоночных (геобионтов, геофилов и геоксенов) составляет примерно треть от общего числа известных видов. В одном местообитании встречается до нескольких сотен видов беспозвоночных, относящихся к одной размерной группировке. Например, количество видов раковинных амеб в лесной почве составляет 60-70, число видов гамазовых клещей - 70-75, криптостигматных клещей - 25-53, количество видов насекомых, относящихся к группе мезофауны - 20-150. Показатели локального разнообразия животного населения в почве выше, чем в наземном ярусе: среднее видовое богатство почвенной фауны в расчете на единицу площади (альфа-разнообразие) превышает таковое в

наземной среде. Если принять во внимание, что в почвенном профиле животное население сосредоточено лишь в верхнем горизонте, то индекс разнообразия видов на единицу объема оказывается еще выше, чем, например, в растительном ярусе (Казеев, Колесников, Вальков, 2004; Бабьева, Зенова, 1989).

В почве обитают различные виды живых организмов, начиная с простейших и заканчивая млекопитающими.

Простейшие составляют микрофауну почвы. Из них в почве обитают: жгутиконосцы (*Mastigophora*, *Flagellata*) (типичный представитель – эвглена зеленая (*Euglenaviridis*)), саркодовые (*Sarcodina*) (типичный представитель – голые и раковые амёбы), инфузории (ресничные, *Ciliata*).

Из червей в почве обитают: черви (*Vermes*), коловратки (*Roratoria*), нематоды (*Nematoda*), кольчатые черви (*Oligochaeta*), энхитреиды и дождевые черви. Коловратки и нематоды представляют микрофауну почвы, остальные черви представляют мезофауну.

Также в почве обитают моллюски, тихоходки и панцирные клещи. Панцирные клещи орибатида вместе с низшими бескрылыми насекомыми коллемболами составляют почвенную аэриобионтную микрофауну.

Членистоногие, обитающие в почве представлены видами: пауки (*Aranei*), мокрицы (*Oniscoidea*), многоножки (*Myriapoda*), насекомые (*Insecta*).

Млекопитающие составляют мегафауну почв. Из них непосредственно связаны с почвой большая часть грызунов (*Rodentia*) и некоторые насекомоядные (*Insectivora*). Частично используют почву для построения жилищ или временных убежищ зайцеобразные (*Lagomorpha*) и хищные (*Carnivora*).

### *Микрофлора почв.*

Микроорганизмы обнаруживаются в окружающей природной среде практически повсеместно. Однако из всех известных сред обитания наиболее богата, как количественно, так и качественно почва. В одном грамме почвы может находиться до 10 миллиардов бактерий и более, длина грибного мицелия в грамме почвы может превышать несколько тысяч метров, а микробная биомасса, несмотря на микроскопические размеры - несколько десятков тонн на 1 га (Бабьева, Зенова, 1989).

Основными представителями почвенной микрофлоры являются бактерии, включая актиномицеты, микроскопические грибы и водоросли.

Бактерии - мельчайшие организмы, обладающие клеточным строением. Диаметр бактериальной клетки в среднем составляет 1 мкм, варьируя в пределах от 0,1 до 10 мкм. Обнаруживаются во всех средах обитания вплоть до самых экстремальных (соленые и термальные источники и т.д.).

Бактерии вместе с сине-зелеными водорослями относятся к прокариотам (доядерным) - самой древней форме жизни на Земле. Клетки прокариот не имеют обособленного ядра. Генетический материал (ДНК) прокариот находится прямо в цитоплазме и не окружен ядерной мембраной.

Ориентировочная величина видового разнообразия бактерий крайне неопределенна и составляет 10000-1000000 видов. Бактерии имеет различную форму - круглую (кокки), палочковидную (бациллы), изогнутую. К палочковидным бактериям относятся бактерии рода *Bacillus*- подвижные и неподвижные бактерии, обладающие способностью образовывать споры внутри клеток при неблагоприятных условиях среды. Из неспорозных палочковидных бактерий в почве чаще всего встречаются представители родов *Pseudomonas* *Bacterium*. К изогнутым палочковидным бактериям относятся вибрионы (*p.Vibrio*; *p. Spirillum*, *p. Spirochaeta*). Специфическими

обитателями почв, не обнаруженными в других субстратах, являются олиготрофные представители *Pedoniicrobium*, *Mettallogenium*, *Seliberia*. *Gallionella*(Аристовская, 1980).

Только прокариотные микроорганизмы способны к усвоению газообразного молекулярного азота. Благодаря деятельности азотфиксирующих бактерий в почву ежегодно поступает не менее 30-50 кг/га связанного азота, а в тропиках - до 100 кг.

Максимальная концентрация микроорганизмов приурочена к органогенным горизонтам - подстилкам, степному войлоку и др., вниз по профилю почв наблюдается резкое снижение численности всех групп микроорганизмов (Звягинцев и др., 1999), кроме актиномицетов (Звягинцев, Зенова, 1998) Это же относится и к таксономическому составу микрофлоры. Однако и на большой глубине отмечают высокую численность микроорганизмов.

#### *Дыхание почв.*

В качестве одного из наиболее общих показателей БА почв часто называют дыхание почв - выделение углекислого газа и поглощение кислорода почвой (Звягинцев, 1987).«Выделение угольной кислоты из разлагающегося органического вещества можно принять мерой быстроты разложения, если только разложение происходит при доступе воздуха» (Костычев, 1885.). Общая интенсивность дыхания почвы обусловлена всей ее биологической активностью и определяется количеством потребленного кислорода и количеством продуцированного диоксида углерода (углекислого газа).

Углекислый газ, поступающий из почвы в атмосферу, является следствием самых разных процессов, происходящих в почве. Основными источниками  $\text{CO}_2$  в почве являются жизнедеятельность микроорганизмов и почвенной фауны, дыхание корней, ферментативная активность почв, физико-химические и химические процессы, такие, как разложение

карбонатов, переход бикарбонатов в карбонаты и др. Основной вклад в продукцию  $\text{CO}_2$  почвой вносят микроорганизмы и корни растений. Соотношение дыхания этих двух составляющих колеблется в зависимости от климатических условий, типов ценозов и типов почв. В среднем, корни растений выделяют около 1/3 углекислоты от ее продуцируемого количества в почве. Микроорганизмы ответственны за 2/3 выделяющегося из почвы углекислого газа (Казеев и др., 2004).

#### *Ферментативная активность почв.*

В результате исследований доказано, что ферментативная активность - это элементарная почвенная характеристика. Ферментативная активность почвы складывается в результате совокупности процессов поступления, иммобилизации и действия ферментов в почве. Источниками почвенных ферментов служит все живое вещество почв: растения, микроорганизмы, животные, грибы, водоросли и т.д. Накапливаясь в почве, ферменты становятся неотъемлемым реактивным компонентом экосистемы. Почва является самой богатой системой по ферментному разнообразию и ферментативному пулу. Разнообразие и богатство ферментов в почве позволяет осуществляться последовательным биохимическим превращениям различных поступающих органических остатков. Ферментативная активность затрагивает наиболее важные повторяющиеся превращения в биохимических циклах углерода, азота, фосфора, серы и других соединений. Функциональная роль ферментов как катализаторов в почвенных процессах огромна. В почве функционируют системы ферментов, последовательно осуществляющие биохимические реакции, выполняющие материальные и энергетические обмены, в основе которых лежат синтетические и деструктивные функции. Под действием ферментов органические вещества почвы распадаются до различных промежуточных и конечных продуктов минерализации. При этом образуются доступные

растениям и микроорганизмам питательные вещества, также высвобождается энергия.

*Гумусное состояние.*

В вещественном составе почв органическим соединениям принадлежит особая роль, поскольку гумусообразование и гумусонакопление связано только с почвообразовательным процессом и не наследуется, как правило, от материнской почвообразовательной породы.

Органическое вещество почв представлено совокупностью живой биомассы (растения, животные, микроорганизмы), органическими остатками и продуктами их метаболизма, а также вновь образованными органическими соединениями, носящими название почвенного гумуса. По современным представлениям все органические вещества, находящиеся в почвенной массе генетических горизонтов, делятся на две группы - неспецифические и специфические. Неспецифические, т.е. вещества не почвенного происхождения, а имеющие фито-, зоо-, микробоценотическую природу и поступающие в процесс почвообразования как отмирающая биомасса (органические остатки) и как продукты жизнедеятельности живых организмов. Почвенный гумус или специфические органические вещества почвенно-генетической природы, присущие только почвенному покрову.

А.П. Костычев установил, что содержание гумуса зависит не только и не столько от количества органического вещества, поступающего в почву: «Количество накапливающихся в почве органических веществ (или богатство ее перегноем) определяется не абсолютной величиной прироста и не абсолютной величиной разложения их, а тем, какая в среднем выводе часть из всего запаса органических веществ в почве на данной площади может быть разложена в течение года».

## **1.2. Биологическая активность почвы как часть экологического мониторинга.**

Экологические представления о почве тесно связаны со всем комплексом разнообразных знаний о почвах, их составе, свойствах, особенностях, генезисе и др. Они в высшей степени интегративны и предполагают практическое применение имеющихся знаний и технологии для целей рационального землепользования, воспроизводства плодородия, сохранения биоразнообразия и др.

Экологические представления о почве сформировались на рубеже XIX—XX веков, и большую роль в этом сыграло развитие почвоведения — науки о происхождении и развитии почв, закономерностях их распространения, путях рационального использования и повышения плодородия. Основателем почвоведения как самостоятельной естественно-исторической науки является выдающийся русский ученый, профессор Петербургского университета Василий Васильевич Докучаев (1846—1903). Именно он впервые сформулировал научное определение почвы, разработал генетическую классификацию почв, новые методы изучения и картографирования почв в поле. В.В. Докучаев открыл основные закономерности географического распространения почв и внес большой вклад в теорию и практику охраны и повышения плодородия почв, особенно в черноземных областях России.

Показатели биологической активности почвы необходимы для характеристики ее как биологической системы и оценки степени ее изменения под влиянием антропогенного воздействия, в особенности повреждения токсикантами и техногенными перегрузками. Вследствие биохимических превращений в почве происходят важнейшие процессы детоксикации ксенобиотиков, ее самоочищения. Решающую роль в этих процессах играют ассоциации почвенных микроорганизмов, функционирующих как единое целое благодаря взаимосвязанным

метаболическим реакциям. Стерилизующий эффект различных загрязнений приводит к выпадению чувствительных видов, распаду микробных ценозов, снижению биохимической активности почвы и деградации экосистем. Именно продолжительность сохранения биологической активности загрязняющего почву химического вещества, называемая персистентностью, используется для характеристики степени его устойчивости к процессу разложения.

Известно много показателей, характеризующих различные аспекты биологического состояния почв. При изучении биологических реакций число регистрируемых откликов может быть практически бесконечным, поэтому выбор приемлемых показателей представляет собой весьма непростую задачу, которая при всей ее актуальности должного решения еще не получила. Можно говорить о нем лишь в первом приближении. (Муравьев)

При проведении биомониторинга и биодиагностики почв ведущими являются показатели биологической активности.

В качестве показателей биологической активности почв используются: численность и биомасса разных групп почвенной биоты, их продуктивность, ферментативная активность почв, активность основных процессов, связанных с круговоротом элементов, некоторые энергетические данные, количество и скорость накопления некоторых продуктов жизнедеятельности почвенных организмов (Казеев, Колесников, Вальков, 2004). В идеале показателями биологической активности почв должны служить какие-либо важные и всеобщие процессы, осуществляемые в почве всеми или подавляющим большинством населяющих ее организмов, например, термогенез, количество АТФ. Однако измерение таких параметров связано с разного рода сложностями (Звягинцев, 1987). Поэтому на практике определяют интенсивность более частных процессов, таких как выделение  $\text{CO}_2$ , накопление аминокислот и др.



В результате многочисленных исследований была установлена необходимость разделения биологической активности почв (и соответственно, методов ее определения) на актуальную и потенциальную, не всегда совпадающих между собой. Потенциальная биологическая активность - активность почвы, измеренная в искусственных условиях, оптимальных для протекания конкретного биологического процесса. Измеряют ее следующими методами: определение численности бактерий методами прямого микроскопирования: по Виноградскому или люминесцентно-микроскопическим методом, определение длины гиф грибов и актиномицетов люминесцентно-микроскопическим методом, определение численности микроорганизмов методом посева почвенной суспензии на плотные питательные среды, определение ферментативной активности, лабораторные методы определения дыхания, нитрификации, азотфиксации, денитрификации и др. Актуальная (действительная, естественная, полевая) биологическая активность характеризует реальную активность почвы в естественных (полевых) условиях. Измерить ее можно только непосредственно в поле с помощью следующих методов: определение дыхания, азотфиксации, денитрификации в полевых условиях, аппликационные методы (определение интенсивности разложения льняного полотна и накопления свободных аминокислот), определение численности и видового состава микробоценозов методами "стеклообрастания" Холодного, капилляров Перфильева и др (Казеев, Колесников, Вальков, 2004).

Методы определения потенциальной биологической активности почв могут служить хорошими диагностическими показателями потенциального плодородия почв, степени удобренности, окультуренности, эродированности, а также загрязненности какими-либо химическими веществами.

### 1.3 Компоненты и процессы почвенного «дыхания»

Почва, в современном понимании, является динамическим многофазным биокосным элементом биосферы, находящимся в постоянной взаимосвязи и взаимодействии с геологическими породами, природными водными и атмосферой. Почвенное «дыхание» составляет одно из звеньев в цепи глобального биогеохимического круговорота углерода и кислорода.

Термин «дыхание почвы» (или почвенное «дыхание») вошел в употребление как один из показателей почвенного газообмена. Стремление отразить разные стороны многосложного природного процесса образования и выделения, перемешивания, перемещения и поглощения газов внутри почвы и их обмен с атмосферой привело к использованию одного и того же термина в разных аспектах. Им обозначают ритмичный воздухообмен между почвой и атмосферой, происходящий под влиянием изменений температуры почвы и атмосферного давления, суммарное выделение углекислого газа с поверхности почвы (эмиссия), микробиологическую (биохимическую, биологическую) активность почвы, скорость минерализации почвенного органического вещества (Базилевич, 2008).

Многообразие смысловых вариантов термина «дыхание почвы» делает совершенно необходимым условием для научных публикаций четкое описание объема используемого понятия.

Целесообразно выделять биологические, биохимические, почвенно-физические и геологические факторы и процессы почвенного дыхания. Они по-разному проявляются в почвах различного генезиса. Наименее изучены почвенно-физические и геологические составляющие газообмена. Роль почвенной ферментативной системы в газообмене также остается, фактически, не исследованной. Биоценоз и почвенные ферменты (энзимы) составляют единую буферную систему. Ее компоненты, по видимому, дополняют друг друга функционально, определяя специфику

гумусообразования, трансформации и минерализации почвенного органического вещества (Мишустин, 1949; Наумов, 1994).

Одна из задач изучения почвенного дыхания состоит в оценке вклада разных групп живых организмов в  $\text{CO}_2$  и  $\text{O}_2$  газообмене с атмосферой. Однако имеется ряд методических трудностей, ограничивающих достоверность получаемых результатов. Большое влияние на газовый режим почвы (состав почвенного воздуха, его динамику, выделение углекислого газа и поглощение кислорода) оказывают подземные органы растений. Особое место в  $\text{CO}_2$ - газообмене с атмосферой занимает почвенная карбонатная система. Ее функционирование определяется комплексом межфазных физических и физико-химических процессов, сопряженных химическими превращениями в поровом растворе и ионообменными реакциями с минеральной и органо-минеральной частью почвы.

*Почвенно-физические и геологические составляющие газообмена в биогеоценозах*

Физическое состояние почвы в каждый конкретный момент времени определяется количественным соотношением и характером взаимодействия между газообразной, твердой и жидкой фазой. При постоянной мощности внутренних источников и стоков газообмен с атмосферой будет зависеть от физической природы сил поверхностного взаимодействия и механизмов массопереноса в жидкой и газовой среде. При обычных колебаниях температуры почвы и атмосферного давления воздухообмен (замещение верхних слоев почвенного воздуха атмосферным) может составить 2-7 % (Личко, 1998). Поэтому в большинстве случаев этой составляющей дыхания почвы, по-видимому, можно пренебречь.

Механизм молекулярной диффузии газов в почвах считается преобладающим. В качестве альтернативы могут рассматриваться конвективный циркуляционный перенос (Смагин, 1999) или неизотермический ротационный воздухообмен (Гольдман и др., 1987).

Интенсивность сорбционных процессов в почве может преобладать над интенсивностью биологических процессов продуцирования углекислоты поглощения кислорода, что будет проявляться в высоких значениях температурных коэффициентов почвенного дыхания в условиях неизотермического проведения экспериментов (Турлюн, 1957). Низкие значения дыхательного коэффициента (отношение количества выделившегося  $\text{CO}_2$  к количеству поглощенного  $\text{O}_2$ ) также могут быть связаны с физическими процессами, а не с метаболической активностью почвенной биоты. Наряду с обратимой физико-химической сорбцией наблюдается необратимое сорбирование углекислоты (Хегай и др., 1980).

Природа этого явления не выяснена. Предполагается, что оно связано с проникновением молекул  $\text{CO}_2$  внутрь твердых частиц или замкнутых пор. Почва, являясь продуктом взаимодействия живых организмов с верхними слоями литосферы, постоянно обменивается газами, как с материнской породой, так и с подстилающими геологическими породами. В этом взаимообмене можно выделить два компонента, циклический и постоянный. Первый связан с сезонной активностью почвенной биоты, ослабевающей в холодный зимний период и возобновляющейся с началом весны. Условно постоянная составляющая газообмена с литосферой представляет собой потоки газообразных веществ, поступающих из недр Земли по микротрещинам и разломам, а также в процессе дегазации осадочных отложений. Без постоянного потока  $\text{CO}_2$  из глубинных слоев Земли в течение времени, сравнимого с продолжительностью геологических эпох невозможно поддержание относительно постоянной концентрации углекислого газа в атмосфере (Будыко, 1995). Скорость расхода углерода на образование карбонатных пород примерно в шесть раз выше скорости отложения органического углерода. В современную эпоху атмосферный пул углерода поддерживается за счет процессов дыхания и минерализации органического вещества в биосфере, дегазации

геологических пород и поступления из глубоких недр с продуктами вулканических извержений (Войтов, 1975).

#### *Биологические факторы почвенного «дыхания»*

В почве подземные органы растений, мелкие почвенные животные и микроорганизмы представляют биологический источник углекислого газа и являются потребителями кислорода. Экспериментально определить долю каждой функциональной группы биоценоза в общем потоке  $\text{CO}_2$  в атмосфере довольно трудно. Длительное время исследования почвенного дыхания проводились в агроценозах различных сельскохозяйственных культур.

Мелкие почвенные беспозвоночные животные благодаря большой численности также могут вносить существенный вклад в дыхание почвы. Однако, такие работы проводятся редко и поэтому дать более детальную количественную характеристику вклада этой группы живых организмов в суммарное дыхание почвы не представляется возможным. Обычно их дыхательная активность включается в общее гетеротрофное дыхание почвы без корней. Особенно высок вклад корней в дыхание почв влажных широколиственных лесов. В глобальном масштабе поступление  $\text{CO}_2$  в атмосферу за счет дыхания подземных органов растений оценивается величиной в 30 % от суммарной эмиссии (Козунь, 2013).

#### *Ферментативные процессы и почвенный газообмен*

С участием ферментов (энзимов) в почве осуществляется большое количество биохимических реакций. Особую роль выполняют иммобилизованные ферменты, образующие стабильную биохимическую систему. Благодаря специфическим свойствам они во много раз ускоряют протекание реакций при обычной температуре и давлении. Велика их роль в почвообразовательных процессах.

Во многих ферментативных реакциях принимают участие в качестве исходных или конечных продуктов газообразные вещества. Роль этих процессов в почвенном газообмене изучена крайне мало.

## **Глава 2. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ И ПОЧВЕННЫХ РЕСУРСОВ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ. ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ ОБЪЕКТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ**

### **2.1 Агроклиматические и почвенные ресурсы Белгородской области**

Белгородская область значительно удалена от морей и океанов: до Черного моря - 600 км, до Балтийского - 1000 км, до Атлантического и Северного Ледовитого океанов - более 2000 км. Следствием большой удаленности от Мирового океана стала значительная континентальность климата, которая возрастает по мере продвижения к востоку и особенно к юго-востоку.

Существенно влияет на состояние баланса тепла и влаги атмосферная циркуляция. У южных границ Белгородчины проходит полоса повышенного давления - «ось Воейкова», которая зимой представляет собой отроги Сибирского, а летом - Азорского антициклонов, поэтому в течение почти всего года в области доминирует антициклональный тип погоды. К северу от ветрораздельной линии господствуют западные ветры, к югу, наоборот, преобладают степные ветры восточных и юго-восточных направлений.

Летом на территорию области проникают воздушные массы континентально-тропического происхождения из районов Казахстана и Средней Азии. Морские воздушные массы атлантического происхождения и арктический воздух, проникающие с севера и северо-запада, приходят на

территорию Центрально-Черноземных областей уже трансформированными. В начале и конце зимы, а нередко и в январе, полоса повышенного давления на европейской территории России разрушается циклонами, прорывающимися с юго-запада или с юга (с Балкан или Чёрного моря). Прорывы южных циклонов обычно сопровождаются снегопадами, метелями, кратковременным повышением температур, часто до оттепели.

Средняя температура января -  $-8, -9^{\circ}\text{C}$ . Средний из абсолютных минимумов составляет  $-26, -28^{\circ}\text{C}$ , в наиболее холодные зимы температура падает до  $-36, -38^{\circ}\text{C}$ . Морозные дни зимой часто сменяются оттепелями. В среднем в январе насчитывается 6-8 дней с оттепелью, а в теплые зимы их может быть 12-14. Максимальные температуры зимой чаще бывают от  $0,1$  до  $2,0^{\circ}\text{C}$ , а в 3-4 случаях из 10 поднимаются выше  $2^{\circ}\text{C}$ . Летом же наблюдалось повышение температуры до  $40-43^{\circ}\text{C}$ . Однако такие высокие и низкие температуры наблюдаются редко, менее чем в 5% лет. В 90% лет абсолютный максимум бывает  $32-34^{\circ}\text{C}$ , а абсолютный минимум -  $-22, -24^{\circ}\text{C}$ . Годовая амплитуда температуры, т. е. разность между абсолютной максимальной и абсолютной минимальной температурой достигает  $76-81^{\circ}\text{C}$ . (Агроклиматические ресурсы..., 1972).

Продолжительность периода со средней суточной температурой воздуха выше  $0^{\circ}\text{C}$  составляет 225-240 дней.

С наступлением положительных температур, в середине третьей декады марта, происходит быстрое накопление тепла. На юге области уже в конце первой декады апреля температура поднимается выше  $5^{\circ}\text{C}$ , а переход через  $10^{\circ}\text{C}$  наблюдается в конце апреля. На севере области наступление этих температур запаздывает на 2-4 дня, что связано как с влиянием широты местности, так и с ее орографическими особенностями. Чаще всего с установлением средних суточных температур выше  $10^{\circ}\text{C}$  начинается безморозный период.

Большая часть области относится к зоне умеренного увлажнения, восточная и юго-восточная части - к зоне недостаточного увлажнения. Осадки распределяются по территории неравномерно: это связано с особенностями рельефа. В северной и северо-западной, более возвышенной, части годовая сумма осадков составляет 500-565, к югу снижается до 450 мм. Количество дней с осадками за год колеблется от 140 до 150, причем максимум их приходится на зиму, в то время как общая сумма осадков зимой меньше, чем летом. Это объясняется тем, что зимой осадки выпадают чаще, но интенсивность их невелика. Две трети осадков в году выпадают в виде дождя, одна треть - в виде снега. Устойчивый снежный покров образуется во второй половине декабря, хотя первый снег выпадает в октябре-ноябре. В среднем продолжительность периода со снежным покровом составляет 120 дней. Со времени установления снежного покрова высота его постепенно увеличивается и достигает 11-25 см в конце февраля - начале марта. Иногда высота снежного покрова незначительна, а на открытых участках снега и вовсе не бывает. Небольшая высота снежного покрова, довольно частые оттепели зимой способствуют довольно глубокому промерзанию почвы, особенно в декабре - феврале. Средняя глубина промерзания почвы на западе 50, на востоке 60, на севере 77 см. В мерзлом состоянии почва находится в среднем около четырех месяцев - от последней декады ноября до последней декады марта. За холодный период количество осадков колеблется от 138 до 195 мм, за теплый - от 295 до 405 мм. Максимальное количество осадков почти по всей территории наблюдается в июле, минимальное - в феврале. Летом выпадают осадки, как правило, ливневого характера.

За период с 1971 по 2000 гг. годовая сумма осадков увеличилась на 37-42 мм по сравнению со средними данными за сто лет, что объясняется усилением широтной циркуляции и поступлением влажных морских воздушных масс с Атлантики.



Основными метеорологическими факторами, определяющими условия роста и развития сельскохозяйственных культур, а также почвообразования, являются свет, тепло и влага. Другие метеорологические элементы только корректируют их.

Территория Белгородской области включает лесостепную и меньшую - степную почвенные зоны. Лесостепная зона (около 75% площади области) представлена наиболее плодородными почвами - черноземами типичными, выщелоченными и серыми лесостепными почвами, а в степной зоне - черноземами обыкновенными, карбонатными, остаточнокарбонатными (меловыми) и солонцеватыми. Как в лесостепной, так и в степной почвенных зонах встречаются черноземно-луговые, пойменные луговые, болотные и балочные почвы.

Почва образовалась в результате взаимодействия природных факторов почвообразующих пород, рельефа, растительности, климата, возраста и антропогенного условия - хозяйственной деятельности человека.

Наиболее распространенными почвообразующими породами на территории области являются лессовидные суглинки и глины (<2202.6 тыс. га), гораздо меньше покровных и третичных глин (97 тыс. га), элювия мела 197.6 тыс. га), аллювиальных и делювиальных отложений (249 тыс. га), песка и супеси (59.9 тыс. га) (Лукин, 2008).

Растительный покров природных зон области разнообразен и представлен травяным и лесным сообществами (естественные леса занимают 10.4 % всей площади). Под травянистой растительностью сформировались черноземы, а древесной - серые лесостепные почвы. Образование почв на территории области произошло в период древнего голоцена - послеледниковое время около 9-12 тыс. лет назад. Хозяйственная деятельность человека сказывается на формировании почв при распашке, уничтожении естественной растительности и замене ее культурной,

применении удобрений, ядохимикатов, химической мелиорации, орошении, осушении и т.п.

Наиболее распространенными почвами на территории области являются черноземы - наиболее плодородные почвы не только области, но и страны, их площадь составляет 1763,2 тыс. га (65,1% всей площади области), меньше серых и тёмно-серых лесостепных почв 328,5 тыс. га (12,1%), балочных 435,9 тыс. га (16,0%), луговых и лугово-болотных 129,9 тыс. га (4,8%), лугово-черноземных 34,6 тыс. га (1,3%) (Лукин, 2008), солонцов и песков по 4,4 тыс. га < 0,2%. Основной фон пашни составляют чернозёмы, их распаханность – 84,2%.

## 2.2 Подробное описание объектов исследования

Объектами исследования выбраны пахотные почвы двух главных типов почв, распространенных на территории Белгородской области: черноземов и серых лесных почв. Данные объекты ранее исследовались в рамках проекта РФФИ № 13-05-41158 РГО\_a («Антропогенные изменения природной среды юга Центральной России за последние века в связи с сельскохозяйственным освоением территорий»). Поиск ключевых участков исследования предполагал выявление склоновых сопряжений пахотных почв с наиболее характерными для агроландшафтов юга Центральной России (Белгородская область) морфометрическими и морфологическими параметрами склонов.

В результате были найдены участки на территории на пашнях близ села Батрацкая Дача Шебекинского района Белгородской области и юго-восточнее поселка Курасовка (фоновый участок окрестностях поселка Покровский) Ивнянского районов Белгородской области. По разновременным картографическим материалам, поиск и подбор которых осуществлялся в Российском государственном архиве древних актов (РГАДА, г. Москва), был

определен возраст сельскохозяйственного освоения почв изучаемых участков: молодые пахотные угодья имеют возраст сельскохозяйственного освоения менее 130-140 лет, а старопахотные угодья – более 240 лет.

Главные изучаемые объекты – почвы и их ареалы в пределах двух зональных типов лесостепных ландшафтов – широколиственно-лесного (ключевой участок «Батрацкая дача») и лугово-степного (ключевой участок «Курасовка»). Участки располагаются в непосредственной близости друг от друга, на сходных породах и в сходных условиях рельефа формируются естественные почвы и их аналоги с разными сроками освоения.

### **2.2.1 Ключевой участок «Батрацкая дача»**

Ключевой участок «Батрацкая дача» расположен в 20 км к востоку от города Белгорода и в 2 км к юго-востоку от пос. Батрацкая Дача Шебекинского района Белгородской области (50°34'20'' с.ш.; 36°47'50'' в.д.). Объекты исследования представляли собой пахотные участки разного возраста освоения (100 и 160 лет). До сельскохозяйственного освоения эти участки были заняты широколиственным лесом. Также был исследован фоновый нераспахиваемый участок под массивом широколиственного леса.

Полевым работам предшествовали трудоемкие картографические и рекогносцировочные работы по выбору объектов исследования. Были проанализированы исторические карты, в том числе: «Генерального Плана Белгородского Уезда» (1785 год), «Военно-топографической карты Курской губернии» (1864 год), карта из приложения к работе В.Н. Сукачева (1903 год), на основе которых проводился выбор объектов с различной историей освоения территории.

Карта заложения почвенных разрезов и отбора образцов представлена на рис.2.1



Рис. 2.1. Картограмма расположения исследованных катен ключевого участка «Батрацкая Дача»

### Морфологические свойства почв

Под лесной растительностью почвенный покров исследованных катен в достаточной степени однороден, почвы относятся к одному типу и подтипу

тёмно-серых лесных со вторым гумусовым горизонтом. Такая однородность почвенного покрова отмечается только в пределах фоновых участков естественных лесных почв.

Профиль этих почв включает: горизонт лесной подстилки A0 мощностью 2-3 см; серогумусовый горизонт A1 суммарной мощностью 14-19 см, с неоднородным вертикальным строением – от минеральной поверхности почвы размер структурных агрегатов увеличивается, горизонт принимает более тёмную окраску, меняется сложение почвы; переходный гумусово-элювиальный горизонт A1A2 до глубины 26-35 см, тёмно-серый с белесоватым налётом скелетан по граням агрегатов; переходный текстурно-элювиально-гумусовый горизонт с признаками второго гумусового (A1A2Bth) до глубин 40-60 см, элювиально-текстурный с признаками второго гумусового (A2Bth) до 56-78 см, текстурные горизонты Bt1, Bt2 и Bt3 до 85-110 см, сменяющиеся аккумулятивно-карбонатным горизонтом Bca или переходным горизонтом к почвообразующей породе BC.

Изученный почвенный покров катен под лесной растительностью характеризуется изменчивостью количественных показателей морфологического строения серых лесных почв, которое зависит от экспозиции и морфологии склонов.

На участках со 100-летним возрастом сельскохозяйственного освоения почвы относятся к типу освоенных тёмно-серых лесных, переходных к освоенным оподзоленным чернозёмам. Почвенно-геохимическую катену склона южной экспозиции составляют серые лесные почвы в приводораздельной, верхней и средней частях склона; чернозёмы оподзоленные освоенные в нижней части склона и в подножии склона.

Приводораздельные позиции, приуроченные к склону южной экспозиции, характеризуются наличием в почвенном профиле следующих генетических горизонтов: пахотного горизонта Aпах, сменяющегося элювиально-гумусовым горизонтом A1A2; гумусово-элювиально-текстурного горизонта A1A2B, элювиально-текстурного горизонта BtA2 с

заметной гумусовой прокраской; текстурного горизонта Vt, местами с признаками глееватости, аккумулятивно-карбонатного горизонта, переходного к почвообразующей породе VtC<sub>ca</sub>. Мощность гумусового и элювиального-гумусового горизонтов составляет около 32 см, преобладание признаков гумусового горизонта наблюдается до 54 см, сплошное по горизонту, но слабое по интенсивности наличие признаков гумусового горизонта наблюдается вплоть до 65 см, верхняя граница аккумулятивно-карбонатного горизонта – 113 см.

Почвы на участке с сельскохозяйственным освоением 160-летнего возраста представлены чернозёмами выщелоченными и оподзоленными освоенными. В пределах склонов обеих экспозиций формируются чернозёмы освоенные оподзоленные в приводораздельной части, чернозёмы освоенные выщелоченные в средней части склона, чернозёмы оподзоленные намытые в нижней части, дерновые намытые почвы в днище балок.

Профиль почв на водораздельной поверхности включает следующие генетические горизонты: старопашотный горизонт до глубины 28 см, с более рыхлым верхним и уплотнённым нижним подгоризонтами (Аст.пах', Аст.пах"), гумусовый горизонт A1 до глубины 36 см; гумусовый переходный горизонт с признаками побурения A1B до глубины 45 см; переходный иллювиально-глинистый горизонт с признаками гумусонакопления VtA1 до глубины 56 см; глинисто-иллювиальный горизонт Vt до 76 см, переходный к почвообразующей породе BC до 94 см. Далее в почвенном профиле выделяется подстилающая порода D – карбонатные жёлто-бурые суглинки неогенового возраста, слабо преобразованные современным почвообразованием и сохраняющие в своём строении признаки криогенного растрескивания в виде палеотрещин с более тёмным заполнением. Подстилание покровных бурых суглинков в пределах почвенного профиля неогеновыми жёлто-бурыми отложениями наблюдается на водораздельной позиции и в двух разрезах верхней части склона южной экспозиции. Карбонаты по фрагментарной реакции с 10% соляной кислотой определяются с глубины 163 см.

При анализе морфологических свойств исследованных почв на всех трех участках можно сделать следующие выводы. На участке старой пашни склоны южной экспозиции характеризуются меньшими глубинами основных генетических горизонтов, а склона северной экспозиции – большими глубинами, чем на пашне 100-летнего возраста. Почвы подножия склонов в обеих экспозициях на участке старо-освоенной пашни обладают большими мощностями, чем на пашне 100-летнего возраста.

Также с увеличением возраста распашки отмечаются наибольшие расхождения в мощностях гумусовых горизонтов почв на склонах разных экспозиций. На разновозрастных пашнях на склонах северной экспозиции практически повсеместно наблюдается увеличение мощностей гумусовых горизонтов по сравнению с водораздельными участками. На распахиваемых склонах южной экспозиции наблюдается как увеличение, так и уменьшение мощностей гумусовых горизонтов по сравнению с водораздельными участками.

### **2.2.2 Ключевой участок «Курасовка»**

Ключевой участок «Курасовка» расположен на территории Ивнянского района Белгородской области – на пашнях юго-восточнее поселка Курасовка, а фоновые участки – в окрестностях поселков Сафоновка и Покровский. По разновременным картографическим материалам, поиск и подбор которых осуществлялся в Российском государственном архиве древних актов (РГАДА, г. Москва) коллективом проекта, был определен возраст земледельческого освоения почв изучаемых агрохронорядов: молодые пахотные угодья имеют возраст земледельческого освоения менее 130-140 лет, а старопахотные угодья – более 240 лет.

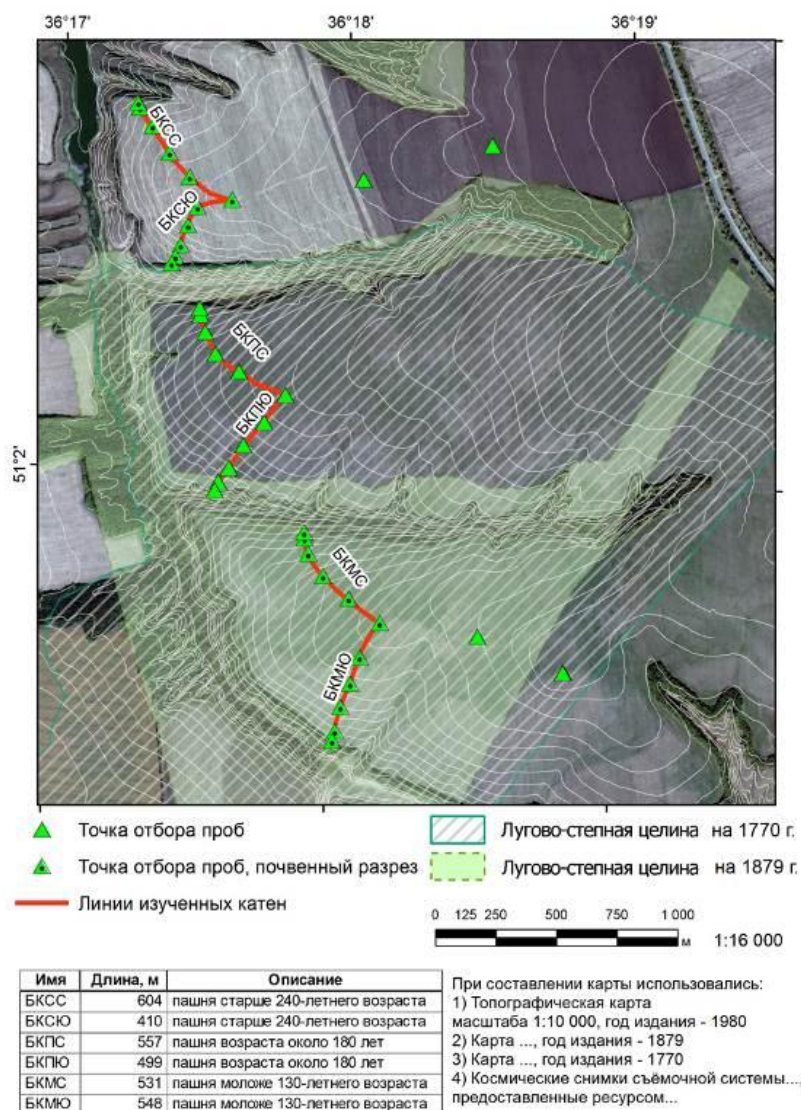


Рис.2.2. План участков полевого исследования почвенных катен разных сроков сельскохозяйственного использования ключевого участка «Курасовка».

### Морфологические свойства.

Фоновый участок черноземных почв расположен на покрыт разнотравно-злаковой растительностью. В составе травостоя преобладают: полевица, дикая клубника, помаренник, молочай, клевер, ястребинка,



тысячелистник, гравилат, яснотка. Площадь проективного покрытия травянистой растительности 70%, задернованность 50%.

Профиль почв на водораздельной поверхности включает следующие генетические горизонты: дерновинный горизонт Ад, темно-серый гумусовый горизонт А1 до глубины 55 см с вертикальными трещинами, переходный гумусовый горизонт А1В с буроватостью до глубины 68 см, переходный иллювиально-глинистый горизонт ВА1, перерытый слепышами до глубины 82 см, иллювиальный карбонатный горизонт Вса до глубины 110 см, переходный к материнской породе горизонт ВСса, материнская порода Сса – маломощный карбонатный лессовидный суглинок. Вскипание наблюдается с глубины 80 см.

Участок молодой пашни (130-140 лет) представлен подтипами пахотного чернозема типичного и имеет следующий набор горизонтов: пахотный горизонт Апах до глубины 25 см, гумусовый горизонт А1 до глубины 63 см, переходный горизонт А1В до 83 см, карбонатный иллювиальный горизонт Вса до 104 см, переходный к материнской породе горизонт ВСса до 126 см ии средний карбонатный лессовидный суглинок С. Вскипание наблюдается с глубины 90 см, а книзу она усиливается. На пашне высажен подсолнечник, на момент исследования высота растений не более 50 см.

Участок старой пашни (около 240 лет) так же представлен пахотными черноземами типичными и характеризуется следующим набором генетических горизонтов: Апах – пахотный горизонт, разделенный на два подгоризонта: верхний – рыхлый, и нижний, плотный, до глубины 26 см, гумусовый горизонт А1 до 42 см, переходный горизонт А1В, иллювиально-гумусовый горизонт ВА1 до глубины 75 см, иллювиальный горизонт В, верхняя часть которого ( до глубины 104 см) лишена карбонатов, а в нижней части, вплоть до 129 см – окарбоначен, затем – переходный карбонатный горизонт ВСса, и вторая часть переходного горизонта с признаками глееватости. Вскипание наблюдается с глубины 95 см. Пашня занята подсолнечником, аналогичным молодой пашне.

### Глава 3. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

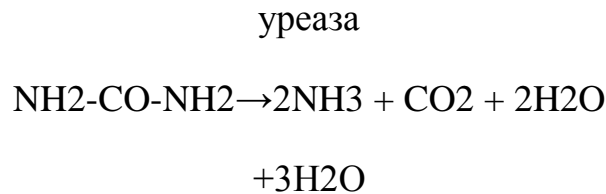
В заложенном автором эксперименте использовались методы: полевой, сравнительно-географический, картографический, статистический и др.

Оценка эколого-биологического состояния почв проводилась на основе 4 выбранных показателей: активность ферментов – инвертазы и уреазы, гумусированность почв, почвенное дыхание ( $\text{CO}_2$ ).

Данные показатели выбраны на основе исследований К.Ш. Козеева, С.И. Колесникова в 2013-2015 гг., Забелиной О.Н. в 2013 г. и т.д., как наиболее информативных и чувствительных показателей эколого-биологического состояния почв.

Одним из надежных индикаторов состояния почв является активность уреазы. Это фермент, играющий важную роль в превращении азотсодержащих соединений, его активность определяет важные этапы превращения азотсодержащих веществ в почве. В условиях антропогенного пресса возможно изменение активности данного фермента. В результате может произойти нарушение одной из главных функций почв – поддержание экологического равновесия всей урбоэкосистемы. В этой связи необходимо исследование активности данного фермента.

С действием уреазы связаны процессы гидролиза и превращения в доступную форму азота мочевины. Конечными продуктами гидролиза являются аммиак и углекислый газ:



Существует достаточно много методик, которые позволяют оценить активность уреазы в почве. В данной работе мы рассматриваем метод, который хорошо зарекомендовал себя при проведении комплексных исследований, когда необходимо провести исследование большого объема почвенных образцов и ставится задача оценки трансформации азотсодержащих соединений в антропогенно нарушенных почвах. (Н. Г. Федоренко, М. В. Медведева, 2009)

*Экспресс-метод определения уреазы Аристовской* позволяет быстро определить биохимический потенциал почвы, оценить их самоочищающую способность.

Во время определения к внутренней поверхности крышки чашки Петри прикрепляется полоска фильтровальной бумаги, пропитанная раствором универсального индикатора. Влажная бумага прочно прикрепляется к стеклу и удерживается долгое время. В чашку Петри помещается навеска почвы массой 50 г. Затем добавляется мочевина (0,25 или 0,5 г), предварительно растворенная в небольшом количестве воды. Почва и мочевина тщательно перемешиваются, затем увлажняются дистиллированной водой до пастообразного состояния и равномерно распределяются по дну чашки. Чашку закрывают крышкой.

Разложение мочевины сопровождается образованием летучей щелочи – аммиака, поэтому воздушная среда над почвой приобретает щелочную

реакцию и цвет индикаторной бумажки изменится в зависимости от интенсивности происходящих в почве процессов. В этой связи между поверхностью почвы и крышкой чашки должно оставаться небольшое воздушное пространство, в котором и будет происходить реакция.

Время экспозиции чашек зависит от биологической активности почв и находится экспериментально.

Следующий не менее важный показатель определения эколого-биологического состояния почв является активность фермента инвертазы.

Фермент инвертаза относится к группе гликозидгидролаз (гидролазы). Гликозидгидролазы – это большая группа ферментов, катализирующих гидролиз ди-, три- и полисахаридов по гликозидным связям в их молекулах. Углеводы и близкие к ним вещества в почвенном органическом веществе, микроорганизмах и растениях содержатся в значительном количестве.

Из углеводов в почве обнаружены моно-, ди- и полисахариды (целлюлозы, гемицеллюлозы, крахмал и др), поступающие в почву главным образом в виде растительных остатков (до 60% массы растительных остатков составляют углеводы). В биохимическом превращении каждого углевода участвует специфический фермент или группа ферментов. Инвертаза катализирует реакцию гидролиза сахарозы на глюкозу и фруктозу.

Инвертазу обнаруживают во всех почвах, и она является одним из важных ферментов, характеризующих биологическую активность почвы.

Уровень инвертазной активности отражает содержание в почве легко гидролизующихся углеводов, которые служат энергетическим материалом для всех почвенных гетеротрофов. Для определения ее активности используют химические и физические методы. В данном пособии рассматривается метод, основанный на измерении количества редуцирующих гексоз (глюкозы и фруктозы), образующихся при гидролизе сахарозы. Сумму

редуцирующих гексоз выражают в глюкозном эквиваленте.

Инвертаза выбрана нами в качестве одного из показателей эколого-биологического на основе исследований К.Ш. Козеева, С.И. Колесникова в 2013-2015 гг., которые показали, что инвертаза наряду с другими ферментами (пероксидазы, полифенолоксидазы, каталазы и др.), данный фермент наиболее чувствителен и информативен применимо к исследованиям почв разного возраста освоения.

При исследовании активности инвертазы (*Метод В.Ф. Купревича и Т.А. Щербаковой*) 2 г почвы вносят в колбу емкостью 100 мл, добавляют 15 мл 8%-ной сахарозы, 5 мл ацетатного буфера (рН 4,9) и 4 капли толуола. Содержимое колбы взбалтывают, закрывают корковой пробкой и ставят в термостат на 24 ч при температуре 29-30°C.

После инкубации нагревают на плитке для прекращения действия ферментов и фильтруют суспензию. Затем 8 мл фильтрата переносят в стеклянный бюкс, предварительно взвешенный на аналитических весах. К фильтрату прибавляют 6 мл свежеприготовленного раствора Феллинга, смесь кипятят 2 мин. После этого бюкс снимают с плитки, и в течение 1 ч смесь отстаивают для получения осадка закиси меди. Осторожно, не взбалтывая осадка, надосадочную жидкость отсасывают пипеткой. Закись меди дважды промывают горячей дистиллированной водой, удаляя воду, и бюксы с осадком помещают в сушильный шкаф при температуре 60-70°C и сушат до постоянного веса. На время взвешивания бюксы с осадком помещают в эксикатор с хлористым кальцием. Сравнивая полученный вес с исходным, находят вес осадка закиси меди в 8 мл раствора, пересчитывают этот вес на весь объем раствора и по таблице вычисляют количество глюкозы, соответствующее найденному количеству закиси меди.

Активность инвертазы выражается в миллиграммах глюкозы на 1 г почвы при экспозиции 24 ч.

Почвенная эмиссия  $\text{CO}_2$ , также называемая почвенным дыханием, включает процессы микробиологического разложения органических веществ и автотрофного дыхания корней. Эмиссия  $\text{CO}_2$  может являться индикатором интенсивности разложения органических веществ почвы и позволяет охарактеризовать одну из важнейших сторон биологического круговорота углерода. Интенсификация потоков  $\text{CO}_2$  из почвы приводит к глобальному дисбалансу  $\text{CO}_2$  в атмосфере.

Структура землепользования играет важную роль в эмиссии  $\text{CO}_2$  в региональном балансе углерода. Характер экосистемы и антропогенная деятельность могут повлиять на естественные почвенные процессы, в том числе и связанные с углеродным циклом. В результате этого скорость разложения органического вещества почвы может как увеличиться, так и уменьшиться. Интенсификация почвенного дыхания вследствие изменения землепользования может привести к заметным последствиям для эмиссии  $\text{CO}_2$  в атмосферу. Таким образом, тип землепользования является ключевым фактором при мониторинге эмиссии парниковых газов. При определении почвенного дыхания использовалась методика определения «дыхания» почвы в полевых условиях по Карпачевскому, Киселевой.

В пластиковые (стеклянные) стаканчики емкостью 50 мл диаметром 4-6 см (измерить точно для последующего расчета площади поверхности жидкости) аккуратно приливают пипеткой ровно 2 мл 0,2 н. раствора КОН (или 50 мл 0,2 н. раствора КОН в чашки Петри). Стаканчики устанавливают горизонтально на ровную поверхность почвы опытного участка. Отметить время начала опыта. Через 20 мин раствор в стаканчиках оттитровать из микробюретки (можно 5 мл пипеткой) 0,05 н. раствором  $\text{H}_2\text{SO}_4$  по фенолфталеину.

Расчет углекислого газа (в кг/га) производится по формуле:

$$\text{CO}_2 = (a - б) \cdot n \cdot 60 \cdot 108 \cdot 22 / (S \cdot t \cdot 106) = (a - б) \cdot n \cdot 6 \cdot 1000 \cdot 22 / S \cdot t$$

где  $a$  — количество  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , пошедшее на титрование раствора  $\text{KOH}$ , мл;  $б$  — количество кислоты, пошедшее на титрование раствора  $\text{KOH}$  после 20 мин. экспозиции, мл;  $n$  — нормальность кислоты;  $S$  — площадь поглотителя,  $\text{см}^2$ ;  $t$  — время экспозиции, мин.

Примечание. Метод может быть рекомендован для лесных почв при условии большой повторности. В степных условиях на открытой местности часто определению мешает ветер, который искажает результаты и нивелирует разницу между участками определения. Поэтому в этих условиях рекомендуем применение изолирующего сосуда, в качестве которого в полевых условиях удобно использовать металлическое или пластмассовое ведро. Однако необходимо следить, чтобы в жаркую погоду сосуд не нагревался на Солнце.

Также для более полного анализа нами проводилось исследование содержания гумуса.

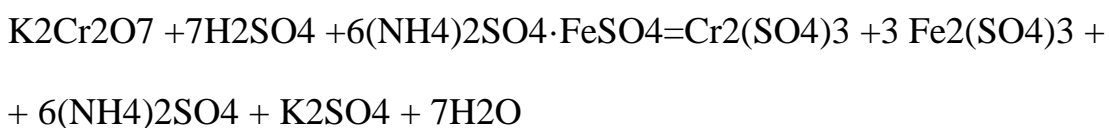
Определение общего содержания гумуса в почве проводили методом И.В. Тюрина в модификации В.Н. Симакова.

Этот метод основывается на его «мокром сжигании» — окислении смесью раствора бихроматом калия ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ) и концентрированной серной кислоты (хромовой смесью) (Голеусов, Уваров, 2004). При этом окислению подвергается углерод не только гумуса, но и негумифицированных органических остатков, что ведет к некоторому завышению результатов. В этой связи особое значение имеет тщательный отбор из почвы всей видимой органики (корешков, кусочков листовых пластинок и т.п.).

Окисление углерода производится сильным окислителем — хромовой кислотой ( $\text{H}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ), образующейся при взаимодействии бихромата калия с концентрированной серной кислотой. Общее уравнение реакции окисления имеет следующий вид:



Неизрасходованная часть окислителя определяется титрованием солью Мора (аммоний железо (II) сернокислый 6-водный  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot \text{FeSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) в присутствии индикатора - фенилантрониловой кислоты:



Для оценки эколого-биологического состояния почв разного возраста освоения использовалась методика определения интегрального показателя эколого-биологического состояния почвы (ИПЭБСП) (Вальков, Казеев, Колесников, 1999).

Данная методика позволяет оценить совокупность биологических показателей. Для этого в выборке максимальное значение каждого из показателей принимается за 100 % и по отношению к нему в процентах выражается значение этого же показателя в остальных образцах.

$$B_1 = (B_x / B_{\max}) \cdot 100\%, (1)$$

где  $B_1$  — относительный балл показателя,  $B_x$  — фактическое значение показателя,  $B_{\max}$  — максимальное значение показателя.

После этого, суммируются уже относительные значения многих показателей (например, активность разных ферментов, дыхание, содержание гумуса и др.). Их абсолютные значения суммированы быть не могут, так как имеют разные единицы измерения (мг, % и т.д.). После этого рассчитывается средний оценочный балл изученных показателей для образца (варианта):

$$B_{\text{ср.}} = (B_1 + B_2 + B_3 \dots + B_n) / N, (2)$$



где Бср. — средний оценочный балл показателей, N — число показателей.

Интегральный показатель эколого-биологического состояния почвы рассчитывают аналогично формуле (1):

$$\text{ИПЭБСП} = (\text{Бср.} / \text{Бср. max}) \times 100\%, (3)$$

где Бср.—средний оценочный балл всех показателей, Бср.max— максимальный оценочный балл всех показателей.

При диагностике загрязнений за 100 % принимается значение каждого из показателей в незагрязненной почве и по отношению к нему в процентах выражается значение этого же показателя в загрязненной почве.

При антропогенном воздействии на почву среднее значение выбранных показателей, в большинстве случаев, снижается, в то время как отдельные показатели биологической активности почвы могут увеличиваться. Таким образом, снижение интегрального показателя эколого-биологического состояния почвы, как правило, находится в прямой зависимости от степени воздействия антропогенного фактора.

При расчете интегрального показателя эколого-биологического состояния почвы должны использоваться любые показатели биологической активности почв, а наиболее информативные. Именно они должны составлять основу интегрального показателя. Окончательное формирование набора показателей, составляющих интегральный показатель, требует дальнейшей разработки. В перспективе, набор показателей и методики их определения должны быть стандартизированы. При этом показатели свойств почвы, входящие в интегральный показатель, могут различаться в зависимости от того, действие какого антропогенного фактора исследуется и нормируется.

При этом для расчета интегрального показателя эколого-биологического состояния почвы (ИПЭБСП), как указано выше, нами были

выбраны следующие почвенные характеристики: Биохимические показатели (инвертаза, уреазы), гумусированность почвы, дыхание почвы.

#### **ГЛАВА 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА ПО ОЦЕНКЕ ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ РАЗНОГО ВОЗРАСТА ОСВОЕНИЯ.**

Эксперимент по оценке эколого-биологического состояния почв Белгородской области разного возраста освоения проходил как в полевых, так и в лабораторных условиях.

Как написано в главе описания объектов, в нашем эксперименте мы взяли 2 основных типа почв, распространенных на территории Белгородской области: черноземов – ключевой участок «Курасовка» и серых лесных почв – ключевой участок «Батрацкая Дача», причем каждый из типов почв подразделяется на две группы по возрасту их хозяйственного освоения и еще одна группа – это фоновый участок, который никогда не подвергался распашке.

Для дальнейшего интерпретирования результатов нами использовалась система обозначения вариантов.

Обозначения вариантов черноземов: КФ – фоновый участок; КМ – почва с возрастом освоения 130 лет; КС – почва с возрастом освоения – 240 лет.

Обозначения вариантов серых лесных почв: БФ – фоновый участок; БМ – почва с возрастом освоения 100 лет; БС – почва с возрастом освоения 160 лет.

Целью нашего эксперимента являлось проследить зависимость антропогенного вмешательства (распаханности почвы) на ее эколого-биологическое состояние, а также на ее биологическую активность.

Результаты эксперимента показали следующее:

*Таблица 4.1*

Усредненные показатели эколого-биологического состояния почв  
Белгородской области различного возраста освоения.

Вариант	Гумус, %	Инвертаза, мг глюкозы/г за 24 ч.	Уреаза, скорость разложения карбамидарh/ч	CO <sub>2</sub> , кг/га	ИПЭБ СП, %
Чернозем фон	7,98±0, 38	19,89±1,63	1,74	99±18,04	93,51
Чернозем 130 лет	6,07±0, 17	21,76±2,92	0,55	79,90±22,09	83,52
Чернозем 240 лет	5,03±0, 23	16,76±1,11	0,43	72,95±19,59	82,83
Серая лесная фон	6,97±0, 45	17,09±0,29	2,13	109,42±16,35	92,50
Серая лесная 100 лет	3,87±0, 31	16,43±0,77	2,21	99,43±15,36	93,28
Серая лесная 160 лет	1,91±0, 32	13,43±0,56	1,74	74,13±18,26	89,01

Исходя из данных таблицы 4.1, в вариантах присутствует закономерность к снижению всех показателей с возрастом сельскохозяйственного освоения, что свидетельствует о том, что распашка территории и долгое сельскохозяйственное использование почвы под пашню истощает почву, в связи с этим, снижается биологическая активность почвы и, как следствие, ее продуктивность. Также прослеживается разница в показателях между черноземами и серой лесной почвой, обусловленная различным их происхождением.

Рассмотрим каждый отдельный показатель оценки эколого-биологического состояния почв.

Содержание гумуса – наиболее важный показатель плодородия и экологического состояния почв, определяющий выполнение ею экологических функций. Важнейшей проблемой, обуславливающей интерес исследователей к органическому веществу почв, является дегумификация почв. Этот процесс, как правило, сопровождается ухудшением почвенных свойств, снижением их плодородия. Потеря гумуса пахотными почвами при невысокой культуре земледелия почти повсеместное явление.

В результате наших исследований выявлено существенное снижение гумусированности почв различного возраста освоения.

По черноземам между вариантами почв: фоновым (КФ) и почвой 130-летнего освоения (КМ) ( $\text{НСР} (1,9 > 0,53)$ ); между вариантами почв: фоновой (КФ) и почвой 240-летнего освоения (КС) ( $\text{НСР} (2,94 > 0,56)$ ), а также между вариантами: почвой 130-летнего времени освоения (КМ) и почвой 240-летнего времени освоения (КС) ( $\text{НСР} (1,03 > 0,36)$ ) – разница является существенной. Снижение гумусированности происходит в среднем на 40% у почвы 240-летнего времени освоения (КС), и 30% - 130-летнего времени освоения (КМ) (Рис 4.1).

Из этого следует, что распашка черноземов и длительное использование под пашню приводит к их дегумификации.

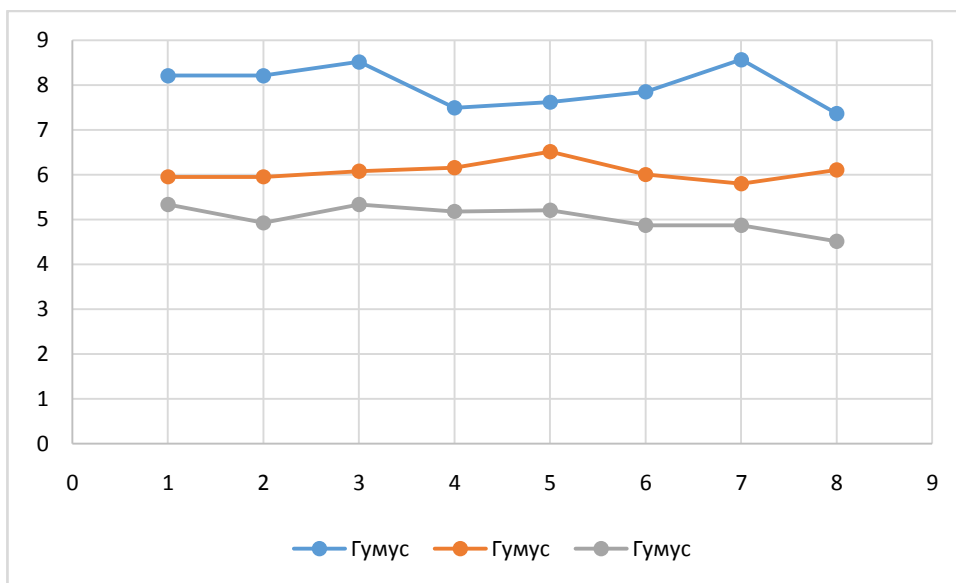


Рис. 4.1. Степень гумусированности черноземов различного возраста освоения, %.

Аналогичная ситуация прослеживается и в вариантах с серыми лесными почвами.

Разница между вариантами: фон (БФ) и почвой 100-летнего освоения (БМ) ( $НСР\ 3 > 0,69$ ); фон (БФ) и почвой 160-летнего времени освоения (БС) ( $НСР\ 5 > 0,69$ ); почвой 100-летнего времени освоения (БМ) и почвой 160-летнего времени освоения (БС) ( $НСР\ 1,95 > 0,55$ ), также является существенной.

Однако процент снижения гумусированности почвы намного больше – около 70% - 160-летнего времени освоения и 50% - 100-летнего времени освоения (Рис. 4.2).

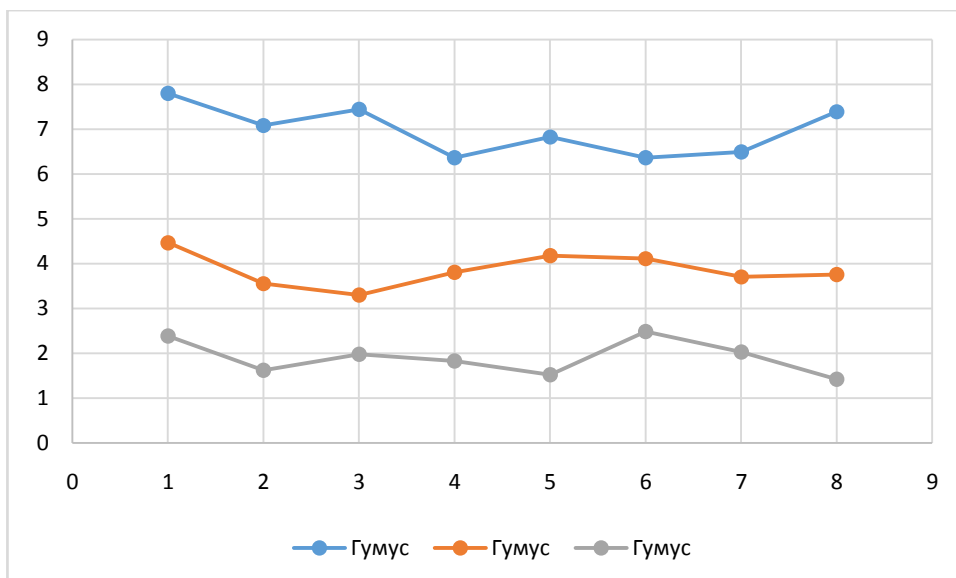


Рис. 4.2. Степень гумусированности серых лесных почв различного возраста освоения, %.

Отсюда следует вывод, что серые лесные почвы более подвержены к потере гумуса при хозяйственном освоении территории.

Рассмотрим выбранные биохимические показатели, характеризующие эколого-биологическое состояние почв.

Согласно шкале для оценки обогащенности почв ферментами Д.Г. Звягинцева (расчет на весовые единицы почвы) (Звягинцев, 1978). По активности инвертазы все варианты черноземов и варианты серых лесных: фон и почва 100-летнего времени освоения отнесены к среднеобогатенным. В то время как серая лесная почва 160-летнего времени освоения отнесена к почвам бедным по данному показателю.

По вариантам черноземов существенное различие прослеживается между фоном (КФ) и почвой 240-летнего времени освоения (КС) (НСР  $3,2 > 2,4$ ), а также между вариантами почв 130-летнего времени освоения (КМ) и 240-летнего времени освоения (КС) (НСР  $5 > 3,8$ ).

Есть небольшой всплеск активности инвертазы в почве 130-летнего освоения по отношению к фону, однако это может быть связано с повышенной температурой в сравнении с фоном и почвой 240-летнего

времени освоения. Т.к. наиболее быстрая ферментативная реакция происходит при оптимальной температуре 40°C, а согласно нашим исследованиям средняя температура на этом поле составила 39°C.

В целом, как и в случае с показателем гумусированности происходит снижение активности инвертазы в связи с распашкой и длительным временем хозяйственного использования черноземных почв ключевого участка «Курасовка» под пашню (Рис. 4.3).

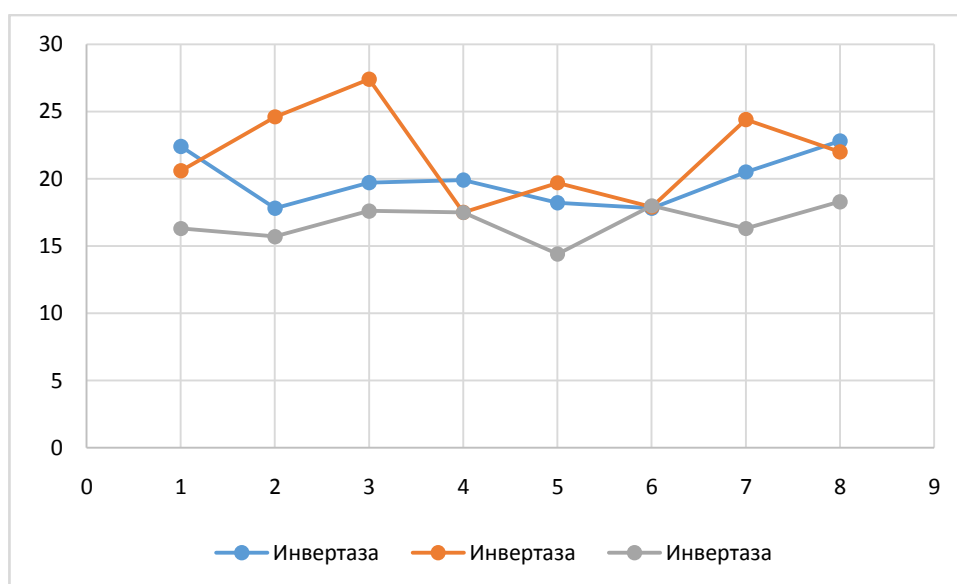
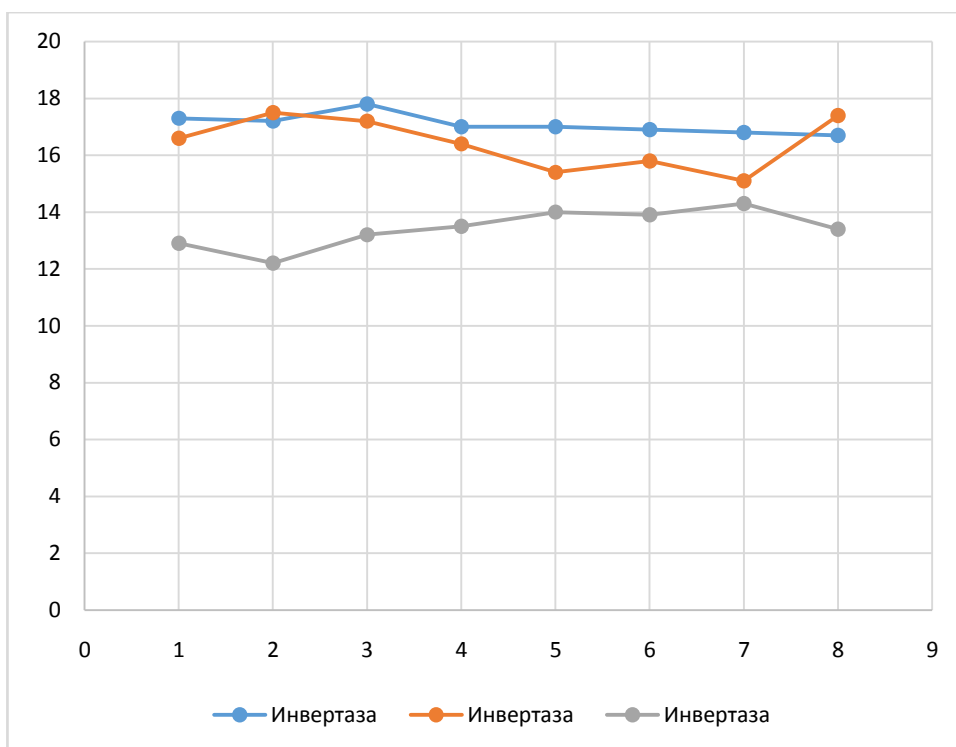


Рис. 4.3. Степень активности инвертазы черноземов различного возраста освоения, мг глюкозы/г за 24 ч.

В случае с вариантами серой лесной почвы, также, как и в черноземе, существенные различия прослеживаются между вариантами: фон (БФ) и почва 160-летнего времени освоения (БС) (НСР 3,66 > 0,68) и почвой 100-летнего времени освоения (БМ) и почвой 160-летнего времени освоения (БС) (НСР 3 > 1,18).

Также активность инвертазы серых лесных почв постепенно снижается со временем сельскохозяйственного использования.

Распашка оказывает существенное влияние на активность инвертазы и приводит к значительному ее снижению на 20-32 % (Рис 4.4).



*Рис. 4.4.* Степень активности инвертазы серых лесных почв различного возраста освоения, мг глюкозы/г за 24 ч.

Активность этого фермента в большей степени связана с содержанием органического вещества, которое также значительно снижается при распашке. Для инвертазы установлена достоверная прямолинейная зависимость для серых лесных почв с содержанием гумуса ( $r=0,51$ ). В черноземах установленная достоверная прямолинейная зависимость с содержанием гумуса меньше ( $r=0,36$ ), это может быть связано со скачком инвертазной активности в варианте почвы 130-летнего времени освоения.

Уреазная активность является одним из важнейших показателей биологической активности почвы.

Многими исследователями уреазная активность рассматривается в качестве показателя самоочищающей способности почвы (Забелина, 2014), самоочищение представляет собой важную экологическую функцию почвы, за счет которой





		Значение рН паров над почвой								
Чернозем фон	КФ1	6	7	7	7	7	8	9	9	9
	КФ1-1	6	7	7	7	7	8	8	9	10
	КФ 1-5	6	7	7	7,5	8	8,5	9	9	10
	КФ2	6	7	7	7	7	8	9	9	10
	КФ2-2	6	7	7	7,5	8	8	8	9	10
	КФ2-3	6	6	6	6	6,5	8	9	9	10
	КФ3	6	7	7	7	7	7	7	9	10
	КФ3-4	6	7	7	7,5	8	8,5	9	9	10
Серая лесная фон	БФ1	6	7	7,5	8	8,5	9	9	9	10
	БФ1-1	6	7	7	8	8,5	9	9	9	10
	БФ 1-5	6	7	7	7,5	8,5	9	9	9	10
	БФ2	6	7	7	7	7	7,5	8	9	10
	БФ2-2	6	7	7	8	8,5	9	9	9	10
	БФ2-3	6	7	7	7	7	7,5	8	9	10
	БФ3	6	7	7,5	8	8,5	9	9	9	10
	БФ3-4	6	7	7	7,5	7,5	8	8	9	10
Чернозем 130 лет	КМ1	6	7	7	7	7	7	7	7	8
	КМ1-1	6	7	7	7	7	7	7	7	7,5
	КМ 1-5	6	7	7	7	7	7	7	7	7,5
	КМ2	6	6	6	6	6,5	6,5	7	8	8,5
	КМ2-2	6	7	7	7	7	7	7	7	8
	КМ2-3	6	7	7	7	7	7	7	7	8
	КМ3	6	7	7	7	7	7	7	7	7,5
	КМ3-4	6	7	7	7	7	7	7	8	8,5
Серая лесная 100 лет	БМ1	6	7	7	8	8,5	9	9	10	10
	БМ1-1	6	7	7	7	7,5	8	9	10	10
	БМ 1-5	6	7	7	8	8,5	9	9	10	10
	БМ2	6	7	7	7	7,5	8	8	8	8
	БМ2-2	6	7	7	7,5	8	8,5	9	9	9
	БМ2-3	6	7	7	8	8,5	9	9	10	10
	БМ3	6	7	7	7,5	8,5	9	9	10	10
	БМ3-4	6	7	7	7,5	8	9	9	10	10
Чернозем 240 лет	КС1	6	7	7	7	7	7	7	7	8
	КС1-1	6	7	7	7	7	7	7	7	7,5
	КС 1-5	6	7	7	7	7	7	7	7	8
	КС2	6	7	7	7	7	7	7	7	8
	КС2-2	6	6	6	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5
	КС2-3	6	7	7	7	7	7	7	8	9
	КС3	6	7	7	7	7	7	7	7,5	7,5
	КС3-4	6	7	7	7	7	7	7	7,5	7,5
Серая лесная	БС1	6	7	7	7	7,5	7,5	7,5	8	9
	БС1-1	6	7	7	7	7,5	7,5	7,5	8	9

160 лет	БС 1-5	6	7	7	7	7,5	7,5	7,5	8	9
	БС2	6	7	7	7	7,5	7,5	7,5	8	9
	БС2-2	6	7	7	7	7,5	7,5	7,5	8	9
	БС2-3	6	7	7	7	7,5	7,5	7,5	8	9
	БС3	6	7	7	7	7,5	7,5	7,5	8	9
	БС3-4	6	7	7	7	7,5	7,5	7,5	8	9

Входеработынамирегистрировалосьисравнивалосьдляразличных почвенныхобразцоввремяувеличениящелочностипаров,находящихсяяв равновесии с почвойв присутствии мочевины, за которое рН достигал значения 8, так как данное значение рН паров над почвой было достигнуто практически во всех пробах.

Наибольшую уреазную активность имеют фоновые почвы обоих вариантов: в фоновом черноземе время разложения карбамида составило 4-5 часов, а в серой лесной почве – 3-4 часа.

Наименьшую уреазную активность имеют варианты чернозема с возрастов освоения 130-240 лет, в которых время разложения карбамида составило более 10 часов, а для отдельных проб почв и вовсе не достигло значения  $pH=8$ .

Варианты серых лесных почв продемонстрировали больше степень активности фермента уреазы, чем черноземы- время разложения карбамида составило 3-8 часов. Это может быть связано с тем, что оптимальная каталитическая активность уреазы проявляется при рН 6,5-7,5, а серые лесные почвы более кислые из-за высокого содержания фульвокислот.

В целом, результаты исследования активности фермента уреазы показали, что активность уреазы снижается со временем сельскохозяйственного освоения территории.

Почвенная эмиссия  $CO_2$ , также называемая почвенным дыханием, включает процессы

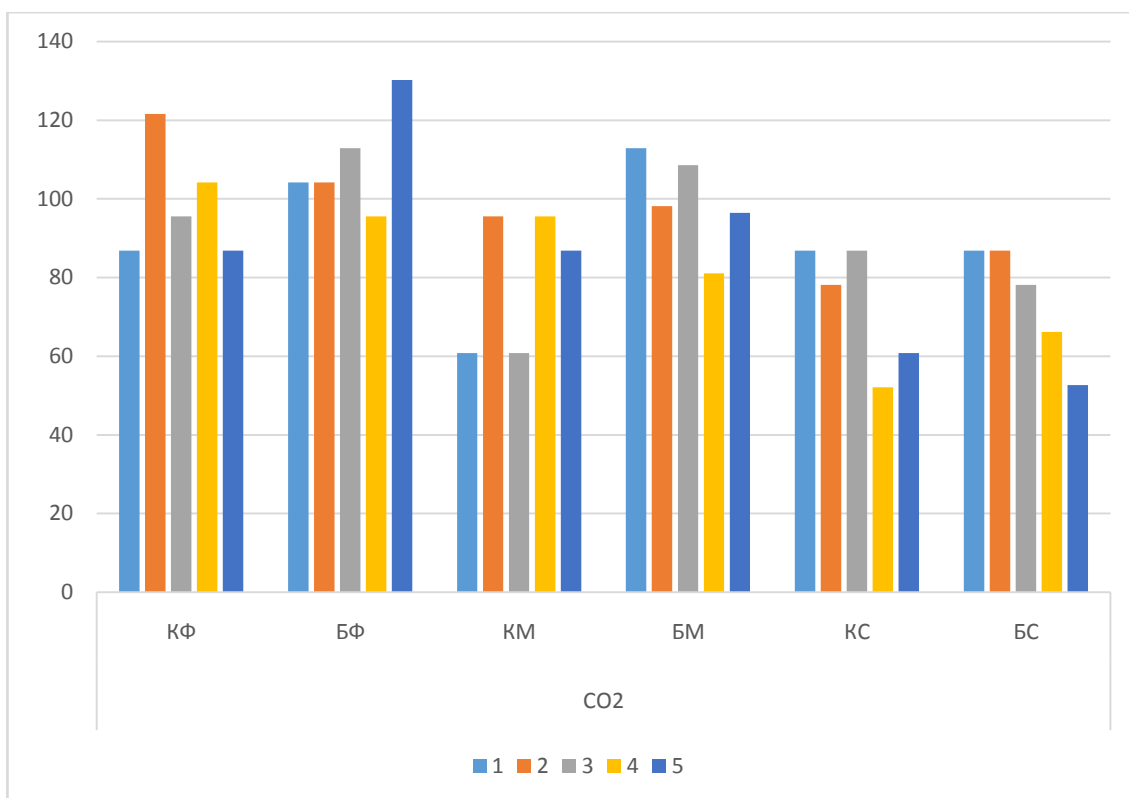
микробиологического разложения органических веществ в автотрофных корнях.

Эмиссия  $\text{CO}_2$  может являться индикатором интенсивности разложения органических веществ почвы и позволяет охарактеризовать одну из важнейших сторон биологического круговорота углерода. Интенсификация потоков  $\text{CO}_2$  из почвы приводит к глобальному дисбалансу  $\text{CO}_2$  в атмосфере.

Структура землепользования играет важную роль в эмиссии  $\text{CO}_2$  в региональном балансе углерода. Характер экосистемы и антропогенная деятельность могут повлиять на естественные почвенные процессы, в том числе и связанные с углеродным циклом. В результате этого скорость разложения органического вещества почвы может как увеличиться, так и уменьшиться. Интенсификация почвенного дыхания вследствие изменения землепользования может привести к заметным последствиям для эмиссии  $\text{CO}_2$  в атмосферу. Таким образом, тип землепользования является ключевым фактором при мониторинге эмиссии парниковых газов.

В нашем эксперименте эмиссия  $\text{CO}_2$  измерялась в 5-ти кратной повторности для каждого поля (варианта). Также измерялись полевая влажность и температура воздуха на поверхности почвы.

Результаты измерений эмиссии  $\text{CO}_2$  отражены на Рис. 4.6



*Рис. 4.6.* Эмиссия  $\text{CO}_2$  почв, распространенных на территории Белгородской области различного возраста освоения.

На основании результатов, можно сделать вывод, что эмиссия  $\text{CO}_2$  снижается с временем освоения сельскохозяйственных угодий.

Существенные различия наблюдаются в вариантах: чернозема фонового (КФ) и чернозема с возрастом освоения (КС) 240 лет ( $\text{НСР } 26,05 > 22,2$ ), серой лесной фоновой (БФ) и серой лесной с возрастом освоения 160 лет ( $\text{НСР } 35 > 20$ ).

Из всех вариантов по показателю эмиссии  $\text{CO}_2$  выделяется серая лесная почва с возрастом освоения 100 лет. На фоне общего снижения эмиссии, в этом варианте происходит небольшое ее увеличение. Это может быть связано с тем, что данное поле было оставлено под зеленый пар.

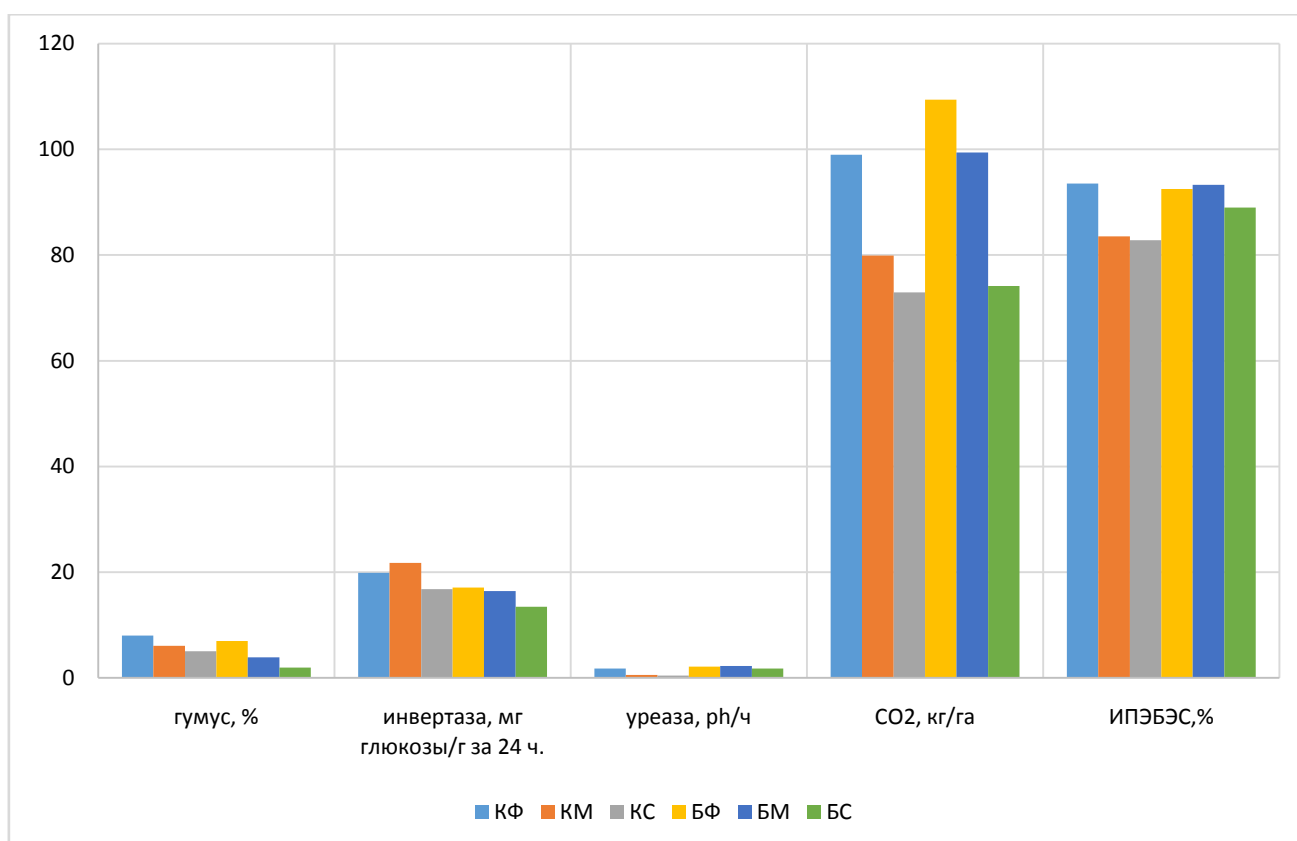
Между вариантами различных типов почв: черноземов и серых лесных почв существенных различий не выявлено.

Установлена достоверная прямолинейная зависимость количества эмиссии  $\text{CO}_2$  с полевой влажностью во всех вариантах почв ( $r=0,8-0,99$ ). На

основании этого можно сделать вывод, что эмиссия  $\text{CO}_2$  напрямую зависит от полевой влажности.

И наоборот, зависимости эмиссии  $\text{CO}_2$  от температуры установлено не было, следовательно, температура не влияет на количество эмиссии  $\text{CO}_2$ .

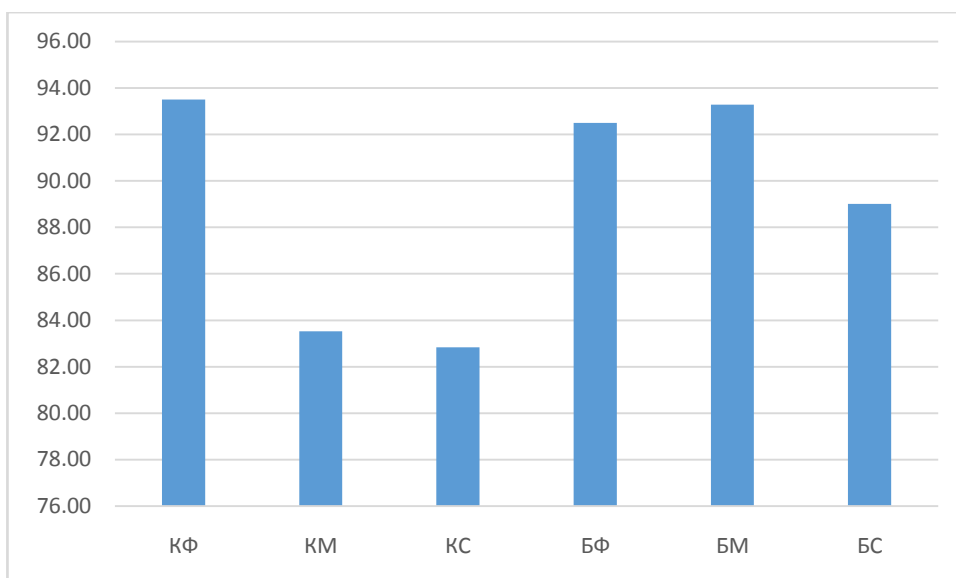
Общие результаты исследования отображены на Рис. 4.7.



*Рис. 4.7.* Общие усредненные результаты исследования по всем показателям оценки эколого-биологического состояния почв Белгородской области разного возраста освоения.

На основе полученных результатов исследований можно сделать вывод, что все показатели эколого-биологического состояния почв снижаются в вариантах с длительным возрастом сельскохозяйственного освоения по сравнению с фоновыми значениями.

Эколого-биологическое состояние почв нами оценивалось по интегральному показателю эколого-биологического состояния почв (Рис. 4.8).



*Рис. 4.8.* Интегральный показатель эколого-биологического состояния почв Белгородской области различного возраста освоения (ИПЭБСП).

В результате исследований мы видим, что эколого-биологическое состояние, как черноземов, так и серых лесных почв ухудшается при длительном сельскохозяйственном использовании почв.

Во всех вариантах происходит снижение ИПЭБСП по сравнению с фоновыми значениями, кроме варианта серой лесной почвы с возрастом освоения 100 лет. Но, как отмечалось ранее, это может быть связано с тем что почва была оставлена под зеленый пар.

Снижение показателя ИПЭБСП свидетельствует о негативном воздействии длительного сельскохозяйственного освоения почв.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Однозначно, что исследование эколого-биологического состояния почв на территории Белгородской области особенно важно, т.к. аграрная отрасль – одна из ведущих отраслей народного хозяйства. Она, как и многие отрасли промышленности России, на фоне несомненногороста масштабов производства, уступает в качестве обеспечения безопасности производственного процесса, как для природной среды, так и для потребителей. На основе оценки эколого-биологического состояния почв, могут быть разработаны мероприятия по частичному восстановлению плодородия, а это, в свою очередь, является особенно актуальным для Белгородской области, т.к. в процессе хозяйственного освоения территории области аграрная деятельность нанесла значительный ущерб земельным угодьям, в виде эрозии. Сохранение почв и их плодородия – одна из приоритетных задач региона.

Метод определения интегрального показателя эколого-биологического состояния почв полностью оправдал себя в качестве инструмента изучения эколого-биологического состояния почв разного времени освоения. Однако нельзя сказать, что полученные нами результаты однозначны. Необходимо дальнейшее исследование в этом направлении, уточнение данных, изучение микробиологических показателей.

Интегральное представление об эколого-биологическом состоянии почв с помощью метода определения интегрального показателя эколого-биологического состояния почв было достигнуто благодаря тому, что данная методика позволяет оценить не один конкретный показатель, а совокупность биологических показателей. При антропогенном воздействии на почву среднее значение выбранных показателей, в большинстве случаев, снижается, в то время как отдельные показатели биологической активности почвы могут увеличиваться. Таким образом, снижение интегрального показателя эколого-



биологического состояния почвы, как правило, находится в прямой зависимости от степени воздействия антропогенного фактора.

В ходе эксперимента было выявлено негативное влияние длительного сельскохозяйственного освоения на биологическую активность почв (оценка эколого-биологических характеристик почвы, в т. ч. интегрального показателя эколого-биологического состояния почв, показала их явное снижение в ходе длительного сельскохозяйственного освоения). Также было доказано, что различные типы почв, хоть и не одинаково реагируют на одинаковые изменения среды в ходе антропогенного воздействия, однако взаимосвязь все равно прослеживается.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алимова Ф. К. Методы определения гидролаз почв и почвенных микроорганизмов: Учебно-методическое пособие / Ф.К. Алимова, Р. И. Тухбатова, Д. И. Тазетдинова. – Казань: Казанский университет, 2010. – 67 с.
2. Бабьева И.П. Биология почв: Учебник. – 2-е изд., перераб. и доп / И.П. Бабьева, Г.М. Зенова. – М.: Изд-во МГУ, 1989. – 336 с.
3. Байбеков Р.Ф. Биологическая активность почвы в агроценозах многолетних трав / Р. Ф. Байбеков, Г. Е. Мёрзлая, Э. Н. Аканов. // ПРИРОДООБУСРОЙСТВО – 2012. - №1. – С. 13-18.
4. Базилевич Н.И. Биологический круговорот на пяти континентах: азот и зольные элементы в природных наземных экосистемах. Рос. Акад. Наук, Ин-т географии, Сиб. Отд-ние, Ин-т почв и агрохим. / Н.И. Базилевич. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2008. – 381 с.
5. Вальков В.Ф. Биологическая активность чернозема обыкновенного при длительном использовании под пашню / В.Ф. Вальков, Е. В. Даденко, М. А. Мясникова, К. Ш. Казеев, С. И. Колесников. // ПОЧВОВЕДЕНИЕ - 2014. - № 6. - С. 724–733.
6. Вечерский М.В. Биологическая активность почв «бобровых ландшафтов» / М.В. Вечерский, В.В. Коротаева, Н.В. Костина, Т.Г. Добровольская, М.М. Умаров. // Вестн. Моск. ун-та.сер. 17. ПОЧВОВЕДЕНИЕ – 2011. - № 4. – С. 43-47
7. Галстян А.Ш. Ферментативная активность почв Армении. Труды VIII / А.Ш. Галстян. – Ереван: Изд-во «АЙСТАН», 1974. – 277 с.
8. Гедгафова Ф.В. Оценка биологической активности черноземных почв агроценозов и естественных биогеоценозов в пределах Эльбрусского варианта поясности Кабардино-Балкарии / Ф.В. Гедгафова, О.Н. Горобцова, Т.С. Улигова, Р.Х. Темботов, Е.М. Хакунова. // Известия Самарского

научного центра Российской академии наук – 2015. - т.17 - №4(2). – С. 321-326.

9. Гончарова О.Ю. Биологическая активность постагрогенных почв (на примере Московской области) / О.Ю. Гончарова, В.М. Телеснина // Вестн. Моск. ун-та.сер. 17. ПОЧВОВЕДЕНИЕ – 2010. - № 4. - С.24-31

10. Гончарова Л.Ю. Ферментативная активность основных типов почв ростовской области в связи с их сельскохозяйственным использованием / Автореф. дис. Л.Ю. Гончаровой канд. сельхоз. наук: 06.01.03. – Краснодар, 1991. – 22 с.

11. Григорьян Б.Р. Методические рекомендации по оценке почвенно-экологического состояния земель сельхозназначения на соответствие требованиям органического земледелия / Б.Р. Григорьян, Т.Г. Кольцова, Л.М. Сунгатуллина. – Казань, 2014. - 52 с.

12. Даденко Е.В. Влияние длительного сельскохозяйственного использования на биологические свойства чернозема обыкновенного / Е.В. Даденко // Современное состояние черноземов: матер.международ. науч. конф. – Ростов-на-Дону, 2013. – С. 95-98.

13. Дзюин Г.П. Биологическая активность дерново-подзолистой почвы / Г.П. Дзюин, А.Г. Дзюин, Л.А. Белоусова, С.В. Ложкина. - Удмуртский государственный НИИ сельского хозяйства – 1972. – С. 21-25

14. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований)— 5-е изд., доп. и перераб. / Б.А. Доспехов—М.: Агропромиздат, 1985. — 351 с, ил.— (Учебники и учеб.пособия для высш. учеб. заведений).

15. Дмитриев Е.А. Математическая статистика в почвоведении: Учебник / Науч. ред. Ю. Н. Благовещенский. Изд. 3-е, испр. и доп. / Е.А. Дмитриев.—М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. — 328 с.

16. Звягинцев Д.Г. Почва и микроорганизмы / Д.Г. Звягинцев. – М.: Изд. МГУ, 1977. - 256 с.

17. Зенова Г.М. Практикум по биологии почв: Учеб.пособие / Зенова Г.М., П69 Степанов А.Л., Лихачева А.А., Манучарова Н. А. - М.: Издательство МГУ, 2002.- 120 с.
18. Игнатъев Н.Н. Определение массы почвенных микроорганизмов для оценки биологической активности почвы / Н.Н. Игнатъев, Т.А. Карепина. // Известия ТСХА – 2011. - Выпуск 6. – С. 84-89.
19. Казеев К.Ш. Биодиагностика почв: методология и методы исследований / К.Ш. Казеев, С.И. Колесников. - Ростов-на-Дону. – Издательство Южного федерального университета, 2012. - 260 с.
20. Казеев К.Ш. Биология почв Юга России / К.Ш. Казеев, С.И. Колесников, В.Ф. Вальков. - Ростов-на-Дону: Изд-во ЦВВР, 2004. – 350 с.
21. Караваева Н.А. Элементарные почвообразовательные процессы: Опыт концептуального анализа, характеристика, систематика / Н.А. Караваева, В.О. Таргульян, А.Е.Черкинский, Л.К. Целищева и др. — М: Наука, 1992. — 184 с.
22. Козунь Ю.С. Зависимость эколого-биологических свойств черноземов от климата / Ю.С. Козунь, К.Ш. Казеев. // Современное состояние черноземов: матер.междунар. науч. конф. – Ростов-на-Дону, 2013. – С. 146 - 149.
23. Колесников С.И. Изменение биологической активности бурой лесной почвы при сельскохозяйственном использовании / С.И. Колесников, К.Ш. Козеев, Ю.С. Козунь, Ю.В. Акименко, М.А. Мясникова. // Научный журнал КубГАУ – 2015. - №112(08). – С. 1-11.
24. Колесников С.И. Применение показателей ферментативной активности при оценке состояния почв под сельскохозяйственными угодьями / С.И. Колесников, Е.В. Даденко, М.А. Прудникова, К.Ш. Казеев. // Известия Самарского научного центра Российской академии наук - 2013. - Т. 15. - № 3 (4) – С. 1274 – 1277.

25. Крамарева Т.Н. Ферментативная активность почв при различных антропогенных воздействиях / Автореф. дис. Т.Н. Крамаревой канд. биол. наук: 03.00.27. – Воронеж, 2003. – 24 с.
26. Красильников Н.А. Микроорганизмы почвы и высшие растения/ Н.А. Красильников. – М: Издательство Академии наук СССР, 1958. – 423 с.
27. Круглов Н.М. Агроэкологическая оценка основных свойств почв: учебное пособие / Н.М. Круглов, П.Б. Буданцев, Т.М. Тарасенко. – Воронеж: ФГОУ ВПО ВГАУ, 2007. – 219 с.
28. Лисецкий Ф.Н. Воспроизводство почв в антропогенно-нарушенных ландшафтах лесостепи / Ф. Н. Лисецкий, П.В. Голеусов. - М.: ГЕОС, 2009. – 210 с.
29. Личко В.И. Ферментативная активность как индикатор экологического состояния почв / Автореф. дис. В.И. Личко канд. биол. наук: 03.00.27. – Воронеж, 1998. – 18 с.
30. Лукин С.В. Агроэкологическое состояние почв Белгородской области: моногр. / С.В. Лукин. – Белгород: КОНСТАНТА, 2008. – 176 с.
31. Меркулова М.Ю. Оценка эколого-биологического состояния почв функциональных зон г. Саратова с учетом особенностей овражно-балочной сети / Автореф. дис. М.Ю. Меркуловой канд. биол. наук: 03.02.08. – Ростов-на-Дону, 2016. – 23 с.
32. Мишустин Е.Н. Микроорганизмы и продуктивность земледелия / Е.Н. Мишустин – М: Наука, 1972.– 342 с.
33. Мишустин Е.Н. Микробиология – 3-е изд., перераб. и доп. / Е.Н. Мишустин, В.Т. Емцев. – М.: Агропромиздат, 1987. – 368 с.
34. Мотузова Г.В. Соединения микроэлементов в почвах: системная организация, экологическое значение, мониторинг / Г.В. Мотузова. М.: Эдиториал УРСС, 1999. – 168 с.
35. Мотузова Г.В. Экологический мониторинг почв: учебник / Г. В. Мотузова, О.С. Безуглова. – М.: Академический проект. Гаудеамус, 2007. – 237 с.

36. Муравьев А.Г. Оценка экологического состояния почвы. Практическое руководство. / Под ред. к.х.н. А.Г. Муравьева. Изд. 2-е, перераб. и дополн. / А.Г.Муравьев, Б.Б.Каррыев, А.Р.Ляндзберг. — СПб.: Крисмас+, 2008. — 216 е., ил.
37. Никитенко Г.Ф. Опытное дело в полеводстве / Г.Ф. Никитенко. — М.: Россельхозиздат, 1982. — 190 с.
38. Орлов Д.С. Органическое вещество почв Российской Федерации / Д.С. Орлов, О.Н. Бирюкова, Н.И. - М.: Наука, 1996. - 256 с.
39. Петрова С.Н. Ресурсосберегающая роль растительно-микробных взаимодействий в растениеводстве: автореф. дисна соискание уч степени доктора с/х наук / С.Н. Петрова; Орловский государственный аграрный университет. — Орел, 2011. — 47 с.
40. Сабо Е.Д. Биологическая активность дерново-подзолистых суглинистых почв и методы их микробиологической характеристики / Е.Д. Сабо, О.В. Кормилицина. // ЛЕСНОЙ ВЕСТНИК. — 2001 - №1 — С. 75-79.
41. Смирнова Е.Б. Гумусное состояние и биологическая активность почв степного Прихопёрья (Саратовская область) / Е. Б. Смирнова, Е. В. Степина, Т. Ю. Макарова. // Биологические науки — 2011. — С. 206-209.
42. Соловиченко В.Д. Плодородие и рациональное использование почв Белгородской области: моногр. / В.Д. Соловиченко. — Белгород, 2005. — 234 с.
43. Сэги Й. Методы почвенной микробиологии/ Пер. с венг. И. Ф. Куренного; Под ред. и с предисл. Г. С. Муромцева. — М.: Колос, 1983. — 296 стр.
44. Уваров Г.И. Практикум по почвоведению с основами бонитировки почв / Г.И. Уваров, П.В. Голеусов.— Белгород: Изд-во Белгор. гос. ун-та, 2004. — 140 с.
45. Уваров Г.И. Экологические функции почв: Учебное пособие / Г.И. Уваров. — Белгород: Бел ГСХА, 2007. — 177 с.

46. Федорец Н. Г. Методика исследования почв урбанизированных территорий/ Н. Г. Федорец, М. В. Медведева. - Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2009. - 84 с.
47. Хазиев Ф.Х. Методы почвенной энзимологии / Ф.Х. Хазиев; Ин-т биологии Уфим. НЦ. - М.: Наука. 2005. - 252 с.
48. Цыгуткин А.С. Сохранение плодородия почв – важнейший фактор стабилизации агропромышленного производства / А.С. Цыгуткин, Л.Г. Смирнова// Земледелие, 2004, № 5. – С. 47-48.
49. Friedman D. Guidelines for Soil Quality Assessment in Conservation Planning / Diana Friedman, Mike Hubbs, Arlene Tugel, Cathy Seybold, Mike Sucik. - United States Department of Agriculture Natural Resources Conservation Service Soil Quality Institute, 2001. - 48 p.
50. Latter, P. M.; Walton, D. W. H. The cotton strip assay for cellulose decomposition studies in soil: history of the assay and development. / Harrison, A. F.; Latter, P. M.; Walton, D. W. H., (eds.) - NERC/ITE - 1988. - P. 7-10.
51. Karlen D.L. Soil quality: A concept, definition, and framework for evaluation / D.L. Karlen M.J. Mausbach, J.W. Doran, R.G. Cline, R.F. Harris, G.E. Schuman // Soil Science Society of America Journal, 1997, V. 61. – P. 4-10.
52. Karlen D.L. Balancing energy, conservation, and soil health requirements for plant biomass / D.L. Karlen, L.W. Beeler, R.G. Ong, and B.E. Dale // Journal of Soil and Water Conservation – 2015. - №5. – P. 279 – 287.
53. Karlen D.L. On-farm soil health evaluations: Challenges and opportunities / Douglas L. Karlen, Nicholas J. Goeser, Kristen S. Veum, and Matt A. Yost //Journal of Soil and Water Conservation – 2017. — VOL. 72. - №. 2 – P. 26A - 31A.
54. Kurka Anne-Marie. The use of cellulose strips to study organicmatter decomposition in boreal forested soils / Anne-Marie Kurka // BOREAL ENVIRONMENT RESEARCH – 2001 - №6: P. 9–17.