

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
(НИУ «БелГУ»)

**ФАКУЛЬТЕТ ГОРНОГО ДЕЛА И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ**

**Кафедра природопользования и земельного кадастра**

**АГРОГЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КИСЛОТНО-ЩЕЛОЧНЫХ УСЛОВИЙ  
И КАРБОНАТНЫХ ПРОФИЛЕЙ СЕРЫХ ЛЕСОСТЕПНЫХ ПОЧВ**

**Выпускная квалификационная работа**

**студента очной формы обучения  
направление подготовки 05.03.06 Экология и природопользование  
4 курса группы 81001203  
Ортикова Фарруха Голибовича**

Научный руководитель:  
доктор географических наук,  
профессор Ю.Г. Чендев

**БЕЛГОРОД, 2016**

## ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
ВВЕДЕНИЕ .....	3
Глава 1. Происхождение и развитие серых лесостепных почв под влиянием природных антропогенных факторов .....	6
1.1. Генезис серых лесных почв .....	6
1.2. Агротехногенное изменение серых лесостепных почв .....	9
Глава 2. Методы и объекты исследований .....	14
2.1 Методы изучения и исследования почвенных профилей, их компонентов и материалов.....	14
2.2. Описание почвенных разрезов .....	17
Глава 3. Изменение во времени кислотно-щелочных условий в профилях серых лесостепных почв и в почвенных катенах.....	31
3.1. Естественные и антропогенные факторы подкисления почв.....	31
3.2. Анализ профилей рН .....	35
Глава 4. Закономерности агрогенных изменений карбонатных профилей в изученных почвенных катенах .....	39
4.1. Факторы формирования карбонатного профиля .....	39
4.2. Анализ карбонатных профилей .....	47
Глава 5. Общие особенности пространственно-временных изменений изученных почвенных показателей в катенах контрастных экспозиций.....	51
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	56
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	59
ПРИЛОЖЕНИЕ .....	64

## ВВЕДЕНИЕ

Изменчивость и развитие почв во времени являются их неотъемлемыми свойствами. Смена одних качественных состояний почв другими подтверждается множеством установленных фактов.

Наиболее значимым фактором, определяющим состояние почвенных ресурсов, является хозяйственная деятельность людей, в первую очередь — сельскохозяйственная, ведь она охватывает наибольшие площади земель. До появления земледельческой культуры, на первых этапах развития человеческого общества воздействие человека на почвы было незначительным. Но с возникновением земледелия, различных форм обработки земли, появление и усовершенствование сельскохозяйственной техники, а позднее и удобрений, по мере развития различных отраслей промышленного производства, с ростом численности населения планеты — это воздействие все более и более возрастало.

Ф. Дюшофур дает такое определение: «Почвы образуют группу в подклассе брioniфицированных почв умеренного континентального климата» [15]. Серые лесные почвы распространены в северной части лесостепи. Зона серых лесных почв начинается в западной части Украины и простирается узкой полосой на восток, заканчивается в Читинской области, приобретая в Средней Сибири фрагментарный характер. Зона серых лесных почв является зоной интенсивного земледелия и животноводства [21].

Изучение данных о качественном состоянии земель в России показывает, что темпы их деградации прогрессируют. Высокая эродированность и уменьшение плодородия почв обуславливают низкую урожайность культур. Огромные масштабы и интенсивность деградации почв обуславливает значительный недобор сельскохозяйственной продукции. Распаханность типичной и южной лесостепи к настоящему времени достигла предела, а вместе с этим существенно изменилась вся

ландшафтная обстановка и свойства почв, нарушился естественный ход почвообразования, в почвах возникли новые процессы [4].

За период с 1975 по 2011 гг. доля кислых почв в Белгородской области увеличилась почти в 2 раза – с 22,9 до 44,5 %. По состоянию на 01.01.2012 г. в регионе было выявлено 452,3 тыс. га кислых почв [25]. Эти данные позволяют нам судить о распространенности данного явления.

В настоящее время, трансформация почвенного покрова в результате человеческой деятельности, в основном хозяйственной, стало **актуальной** проблемой, ведь вопросы сохранения природной среды, как необходимого условия для существования людей и источника ресурсов, являются одной из важнейших глобальных проблем для человечества.

**Цель:** изучение антропогенной трансформации кислотности-щелочности свойств и карбонатов в профилях серых лесостепных почв под влиянием длительной сельскохозяйственной распашки.

Наша исследовательская работа проводилась в рамках научного проекта РФФИ 13-05-41158 РГО\_а «Антропогенные изменения природной среды юга Центральной России за последние века в связи с сельскохозяйственным освоением территорий».

**Задачи:**

1. Изучить особенности агротехногенной эволюции серых лесных почв и почвенного покрова.
2. Представить обзор агротехногенной эволюции серых лесостепных почв.
3. Определить закономерности агрогенных изменений кислотности-щелочности условий серых лесостепных условий.
4. Определить закономерности агрогенных изменений карбонатных профилей.
5. Определить зависимость между  $\text{CaCO}_3$  и pH в профилях изученных почвенных катен.

Основным методом лабораторного исследования является потенциометрический метод определения кислотности и ацидиметрический

метод определения содержания карбонатов в почве. Также, были использованы сравнительно-географический метод, методы обработки и анализа литературного материала, историко-картографический.

**Объекты исследований:** почвенные катены южной и северной экспозиций под естественной широколиственно-лесной растительностью и на разновозрастных пашнях в пределах лесостепной зоны Среднерусской возвышенности (Шебекинский район, Белгородская область).

**Предмет исследований:** сравнительный анализ агрохронорядов карбонатных профилей и кислотно-щелочных условий контрастных экспозиций на территории юга Среднерусской возвышенности.

Выпускная работа включает 5 глав, содержит 3 таблицы и иллюстрирована 15 рисунками. Список литературы содержит 47 источников.

# Глава 1. Происхождение и развитие серых лесостепных почв под влиянием природных и антропогенных факторов

## 1.1. Генезис серых лесных почв

Первые изучения серых лесных почв были осуществлены еще в первых работах великого ученого В.В. Докучаева, посвященных изучению русского чернозема, под названием «типичных лесных земель» и «серых переходных земель». В.В. Докучаев считал серые лесные почвы как самостоятельным типом, который формируется в результате своеобразного процесса почвообразования, протекающего под травянистыми широколиственными лесами лесостепной зоны [5].

А.И. Перельман и Н.С. Касимов отмечают: «В результате хозяйственной деятельности большинство лесов сведено и только почвенный покров (серые лесные почвы, деградированные черноземы) позволяет судить о более широком распространении лесов в прошлом» [32].

Масштабы сведения лесов наглядно показывают данные: в Белгородской области из общей площади серых и темно-серых лесостепных почв, составляющей 328,5 тыс гектаров, распахиваются 104,1 тыс. гектаров, т.е. 6,3% всей пашни, в Курской на их долю приходится 23% площади всей пашни, в Липецкой – более 6%, в Орловской – около 50% [19].

В геохимическом отношении эти ландшафты имеют в себе черты как широколиственных лесов, так и луговых степей, но современная миграция элементов ближе к луговым степям [25].

В европейской части господствуют дубовые леса с примесью липы, клена, ясеня и других широколиственных пород. Далее к востоку в лесах заметное место занимает береза, часто с примесью хвойных пород (пихта, сосна). В Западной Сибири преобладают березовые леса с примесью

лиственницы. На территории всей зоны на песчаных террасах рек произрастают сосновые боры [9].

Одно из главных отличий широколиственных лесов от тайги и смешанных хвойно-лиственных лесов — многообразие древесных пород, наличие кустарников, создающих в лесу ярусность. Поверхность почвы занимает травянистый покров.

Соотношение между лесной и травянистой растительностью в разных частях зоны испытывало в прошлом значительные колебания, вызванные природными факторами. В частности, изменения климатических условий в голоцене и связанные с ними смещения границ лесов и степей обусловили сложный и полигенетический характер почв и почвенного покрова лесостепи[5].

По расчетам Рожковой, широколиственные породы по сравнению с хвойными потребляют в 2-2,5 раза больше кальция, в 3-4 раза больше магния и примерно в 6-7 раз больше кремнезема [26]. Учитывая примерно равное количество осадков и испарения, можно предположить, что в лесостепи установлена благоприятная среда для деятельности микроорганизмов и бактерий, минерализующих органическое вещество почвы. Создаются более сложные гумусовые вещества с большим содержанием гуминовых кислот. Внушительная доля гуминовых кислот нейтрализуется основаниями опада, поэтому процессы разрушения почвенных минералов выражены менее сильно, чем в таежно-лесной зоне.

Аккумуляция гумусовых веществ увеличивается под пологом широколиственных лесов, а оподзоливание уменьшается большим количеством оснований, имеющихся как в материнской горной породе, так и в органическом веществе лесных подстилок. Также процессу гумификации способствуют гидротермические условия — относительно высокие температуры почвы и достаточная их увлажненность в весенне-летний и осенний периоды.

Количество перегноя в серых лесных почвах по сравнению с дерново-подзолистыми увеличивается, что способствует формированию водопрочной комковатой или зернистой структуры, характерной для серых лесных почв[34].

Процессы оподзоливания, обусловленные вымыванием полуторных окислов в нижние горизонты почв, приводят к образованию кремнеземистой присыпки в элювиальном горизонте и накоплению полуторных соединений железа в иллювиальном.

Генезис почвы рассматривается как последовательность этапов ее развития, определяемая чередой экзо- и эндогенных преобразований профиля. Причиной преобразований профиля может быть, как его саморазвитие, так и воздействие внешних по отношению к почве факторов [6].

Большой вклад в изучение географии распространения и генезиса серых лесных почв внесли работы Б.П.Ахтырцева, Н.Н.Розова, И.В.Тюрина, С.В.Зонна, А.А.Завалишина, Е.В.Рубилина и др.

Вопросу генезиса серых лесостепных почв посвящена работа Б.П. Ахтырцева [2], в которой наиболее полно обобщены все имеющиеся сведения о формировании их с точки зрения элементарных почвообразовательных процессов. Автор предполагает, что данные почвы формируются под влиянием таких условий как: поступление органических веществ в почвенный профиль, процесс гумусонакопления и связанная с ним биогенная аккумуляция зольных веществ, миграция гумусовых веществ и продуктов распада минералов, выщелачивание карбонатов и легко растворимых солей, лессиваж и оглинивание. По мнению Ахтырцева [3], формирование элювиального и иллювиального горизонтов по большей части обусловлено лессиважем, степень его выраженности различна в зависимости от условий, а сам процесс протекает вкупе с другими явлениями, а именно с оглиниванием.

К настоящему моменту сложилось два мнения о генезисе серых лесостепных почв. Первое, высказанное ещё В.В. Докучаевым, признает за



ними изначальную самостоятельность происхождения, второе рассматривает их как переходные стадии развития [15].

Однако, до сих пор происхождение этих почв окончательно не выяснено. Споры о генезисе серых лесных почв долгое время не могли быть разрешены из-за слабого научного обоснования достоверности выдвигавшихся гипотез. Количественный учёт соотношения процессов выноса и аккумуляции веществ в почвенном профиле в процессе почвообразования отсутствовал, никем не изучались элементарные почвообразовательные процессы [9].

## **2.2. Агротехногенное изменение серых лесостепных почв**

В агротехногенно трансформированных почвах антропогенные факторы почвообразования определяют более высокие темпы почвообразовательных процессов, чем в естественных их аналогах.

В условиях распашки пахотных почв происходит изменение их режимов и свойств, наиболее существенных в верхней части профиля. Регулярное механическое перемешивание улучшает аэрацию почвы и способствует созданию окислительной обстановки, что приводит к значительному ускорению процессов минерализации органических остатков, собственно-окислительных и ряда аэробных. Совместно с этим происходит разрушение почвенной структуры, что с большой вероятностью может привести к последующему уплотнению и усиленным анаэробным биохимическим и микробиологическим процессам[1].

Пахотные почвы в большей степени подвержены эрозии, как водной, так и ветровой, поэтому можно предположить, что поступление дополнительного материала, уже переработанного почвообразованием, способствует формированию почвенных горизонтов. В случае же обнажения почв в результате эрозии, почвенные горизонты оказываются очень неустойчивыми,

что ведёт к ускорению процессов их трансформации, корректируемой зональным положением.

Важнейшим агрогенным изменением является замена естественной растительности. Смена её типа резко нарушает ход биологических процессов и проявляется в ослаблении биологической активности, что также приводит к изменению состава гумуса в сторону упрощения и деградации почвенной структуры, трансформации почвенного климата [36].

В серых лесостепных почвах менее заметны различия почвенного климата между пахотными и природными почвами в плане увлажнения, это объясняется природной зоной с умеренно-тёплым климатом и особенностями до агрокультурного растительного и почвенного покрова.

Значительная часть серых лесостепных почв располагается на эрозионной Среднерусской возвышенности, что в сочетании с неустойчивой материнской породой (лёссовидным суглинком) и ливневыми осадками определяет интенсивную водную эрозию. В её результате в пахотный слой вовлекается материал глинисто-илистого горизонта [10].

«Природоподобность агрогенных воздействий и их совпадение с естественными эволюционными трендами могут быть причинами малых масштабов изменений химических и физико-химических свойств почв в результате земледельческого использования» [10].

Агротехногенная деградация проявляется в нескольких аспектах: уплотнении и значительной потере гумуса. Дегумификация объясняется недостаточной компенсацией отчуждения органического вещества, эрозионными потерями и ускоренной минерализацией в пахотном горизонте. А уплотнение отчасти вытекает вследствие потери гумуса, плюс, в результате применения интенсивных технологий и работы тяжёлой сельскохозяйственной техники. Тяжёлый гранулометрический состав эродированных почв также весьма способствует их уплотнению [37].

Агротехногенная трансформация серых лесостепных почв является довольно длительным и масштабным процессом их эволюции под влиянием

действий антропогенных факторов. Установлено, что эти изменения затрагивают широкий спектр почвенных свойств, а некоторые из них могут быть определены только на уровне микростроения.

Вывод о проградации пахотных серых лесостепных почв в чернозёмы был сделан после сравнительного анализа их с целинными участками типичной лесостепи, представленной серыми и тёмно-серыми лесными почвами. Однако проведёнными исследованиями на территории северной лесостепи отмечено, что при длительном сельскохозяйственном эксплуатировании (около 140 лет), почвы вовсе не трансформировались в чернозёмы, сохраняя в общих чертах свои морфогенетические особенности целинных почв. Выявлено только увеличение содержания карбонатов в почвенном профиле и подщелачивание его иллювиальной части, ко всему прочему отмечалось уменьшение содержания гумуса в зависимости от длительности распашки.

Продолжительное сельскохозяйственное использование серых лесостепных почв на карбонатных лёссовидных суглинках ведёт к приобретению ими свойств выщелоченных и оподзоленных чернозёмов. По сравнению с целинными аналогами, в верхних частях профиля данных почв гумус при различных условиях может измениться в сторону преобладания фульво- или гуминовых кислот. При распашке и активном сведении лесов в серых лесостепных почвах возрастает оптическая плотность гуминовых кислот, что является признаком усложнения строения их молекул вследствие изменения условий почвообразования.

Трансформации, происходящие с почвами, характеризуются противоречивым набором свойств и процессов. Исходя из динамики некоторых показателей: увеличение мощности гумусовых горизонтов, подщелачивание нижних частей профилей и поднятие карбонатов, ослабление седоватости на гранях агрегатов, изменение особенностей строения гуминовых кислот, можно судить о сближении их с чернозёмами.

Антропогенное влияние зачастую способствует активизации природных негативных процессов. Разграничить влияние природных и антропогенных факторов деградации часто бывает достаточно сложно.

В процессе агротехногенной эволюции на микроуровне в профилях серых лесостепных почв происходят значительные изменения микростроения, вызванные дифференциацией процессов и признаков, затрагивающих весь почвенный профиль, в большей степени - пахотный горизонт. Длительная распашка данных почв на ровных водоразделах изменяет их свойства в сторону улучшения, так как прослеживается тренд трансформации в чернозёмы [20].

Предполагается, что агротехногенная эволюция серых лесостепных почв Среднерусской возвышенности протекает в три стадии. На первой, начальной, за счёт увеличения пахотных площадей почв появляются агроландшафты различных сроков освоения, наследующие структуру почвенного покрова от лесного этапа. Следующая стадия характеризуется возникновением и обоснованным ростом чернозёмных площадей, в следствие проградации наиболее староосвоенных почв. Последняя стадия представляет собой полное очерноземливание почвенного покрова, т.е. ареалы серых лесостепных почв полностью трансформируются в чернозём.

Кроме того, выделяют и трендовые почвообразовательные процессы: агролессиваж, иллювирование гумуса, подщелачивание нижней части почвенных профилей, что протекают в течение всего периода распашки серых лесостепных почв [41].

Серые лесостепные почвы имеют ряд трансформационных черт, что появились в результате агротехногенной эволюции, что в первую очередь связано с распашкой: разрушение почвенного материала в процессе механической обработки, т.е. дезагрегация; интенсивная минерализация гумусовых веществ и развитие процессов поверхностной деградации в результате обнажения поверхности почвы [39].

Вспашка почв приводит к разрушению водопрочных агрегатов, существенным потерям органического вещества. Атмосферные осадки, попадающие на дезагрегированный почвенный субстрат, ведут к перемыву и

поверхностному отбеливанию материала пахотного слоя, его переносу как в латеральном, так и фронтальном направлениях. Обнаженные почвы подвержены также иссушению и промораживанию.

Также немаловажную роль играет выпас скота, который вызывает формирование пространственной неоднородности, изменение биопродуктивности фитоценозов, ухудшение физических и химических свойств почв, снижение их противозерозионной устойчивости [12].

Формирование признаков агротехногенной эволюции в почвенных профилях занимает от нескольких лет до столетий. Опытными исследованиями было установлено, что однократной распашки достаточно для изменения характера сложения верхнего почвенного горизонта. Изменения, связанные с осветлением материала пахотного почвенного горизонта и формированием элювиально-иллювиальной дифференциации профиля, проявляются в среднем, в течение десяти лет. Пахотный горизонт морфологически хорошо различим после многолетней почвенной распашки, выраженность процессов осветления и дифференциации варьируются.

Распашку серых лесостепных почв от другой антропогенной деятельности отличает значительное преобразование почвенного материала, что сопровождается изменением структуры, сложения и окраса почвенного материала, миграции веществ и их осаждении в средней и нижней частях почвенного профиля, поэтому признаки эволюции не зависимо от последующих педотурбаций и гумусонакоплении будут сохраняться в этих частях профиля, свидетельствуя об агротехногенном преобразовании почвы [6].

## Глава 2. Методы и объекты исследований

### 2.1. Методы исследования

В качестве объектов исследования были выбраны разновозрастные пашни северных и южных экспозиций, расположенные в пределах лесостепной зоны Среднерусской возвышенности в окрестностях пос. Батрацкая Дача (Белгородская область, Шебекинский район) (Рис. 2.1, 2.2).

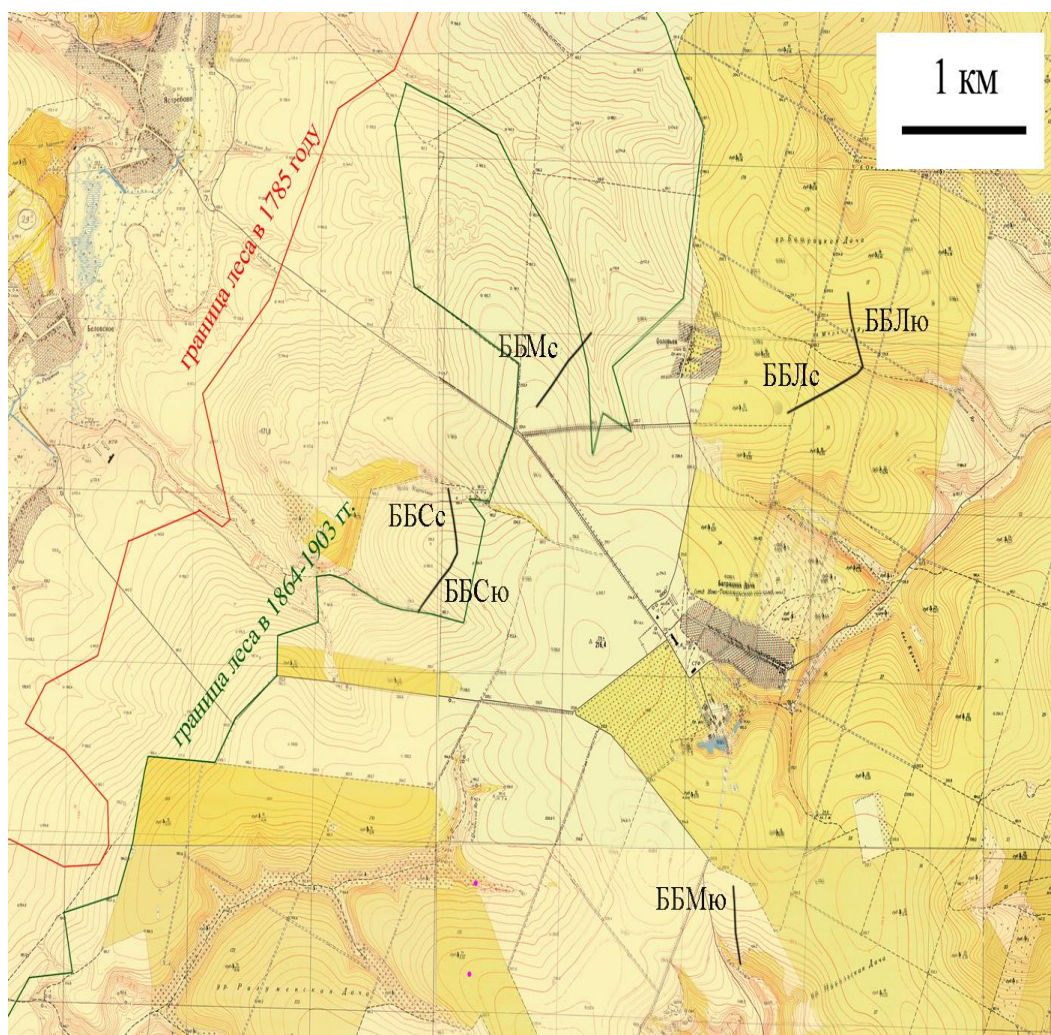


Рис. 2.1. Карта объектов исследования: катена ББМю - «Молодая пашня южной экспозиции»; катена ББСс - «Старая пашня северной экспозиции»; катена ББСю - «Старая пашня южной экспозиции»; катена ББМс - «Молодая пашня северной экспозиции»; катена ББЛс - «Лес на склоне северной экспозиции»; катена ББЛю - «Лес на склоне южной экспозиции» (данные предоставлены д.г.н., проф. Ю.Г. Чендевым).



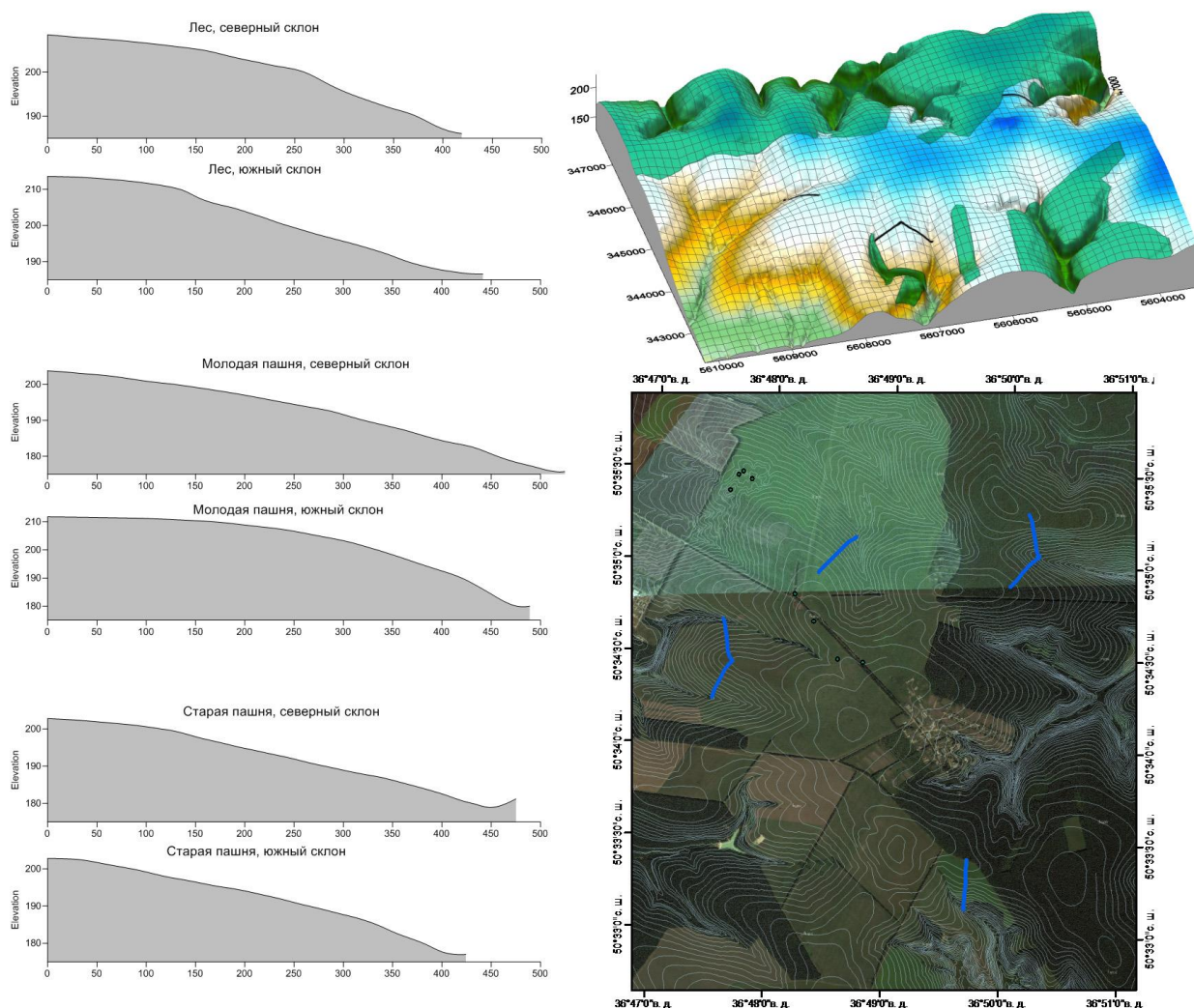


Рис. 2.2. Профили исследуемых катен с локализацией почвенных разрезов (данные предоставлены д.г.н., проф. Ю.Г. Чендевым).

В ходе исследования мы применяли такие методы исследования: сравнительно-географический метод, сравнительно-исторический метод, историко-картографический и полевые методы исследования, методы обработки и анализа литературного материала, которые позволили произвести логические интерпретации результатов проведенного исследования, выработать рабочие гипотезы, понятия и суждения, а также сделать основные выводы, полученные в ходе проведения исследования. а также лабораторные методы определение рН водной (актуальной кислотности) и солевой вытяжки (обменной кислотности) потенциметрическим методом.

Генетическая интерпретация морфологических признаков почвы и генетический анализ почвенного профиля в целом во всей своей полноте

возможны только в случае совместного использования морфологических и лабораторно-аналитических характеристик. Взятые по отдельности, и те, и другие не достаточны для обоснованных генетических заключений, хотя некоторые частные выводы, конечно, могут быть сделаны и в том и в другом случае [27].

Метод определения рН водной вытяжки основан на определении концентрации ионов  $H^+$  в водной вытяжке из почвы по разности потенциалов, возникающей между рН-электродом и электродом сравнения специального прибора – рН-метра-иономера [32].

Метод определения рН солевой вытяжки основан на определении концентрации ионов  $H^+$ , вытесненных из почвенного поглощающего комплекса ионами  $K^+$  и раствора хлорида калия, по разности потенциалов, возникающей между рН-электродом и электродом сравнения специального прибора (рН-метра-иономера) [32].

«Главное достоинство потенциометрических методов - это возможность проведения анализов в полевых условиях и то, что при данном анализе проба в ходе определения не расходуется и не меняет свойств. Для метода характерна относительно высокая воспроизводимость. Главная отличительная особенность потенциометрических методов от всех остальных - измерение активности, а не концентрации ионов. На результаты определения активности ионов влияет уровень кислотности среды и конкурирующие реакции с ионами других элементов» [25].

## 2.2. Описание почвенных разрезов



Катена «Лес на склоне северной экспозиции»

Разрез 1 (ББлс-1). Абсолютно ровный водораздел в 70 м к северу от дороги. Осиново-кленовый лес с примесью дуба и ясеня: 5К+3О+1Д+1Я. В подлеске редкая лещина. Проективное покрытие трав - 50%. Растительность: сныть сор-1, звездчатка sp, копытень sp gr, ветреница дубравная sol.

Вскипание происходит с глубины 122-130 см.

Почва – темно-серая лесная среднесуглинистая со вторым гумусовым горизонтом на карбонатных лессовидных суглинках.

Разрез 1, глубина вскипания, см, 10 повторностей замеров: 134, 135, 130, 132, 128, 127, 130, 126, 144, 144. Средняя глубина вскипания - 133 см.

Разрез 2 (ББлс-2). Плакор, начало водораздельного склона, крутизна поверхности - 1°.

Растительность - ясенево-кленовый лес с примесью дуба и осины: 5К+3Я+1Д+1О. Встречаются клен татарский и остролистный. Подлесок – редкие кусты лещины. Диаметр стволов зрелых деревьев - 50 см, высота - 25 м. Проективное покрытие травами 20-30%. Травянистая растительность: сныть - sp, звездчатка - spgr, купена лесная - sol, пролеска - sol, гравилат городской - sol, подмаренник - sol.

Вскипание в профиле сразу средней интенсивности начинается с глубины 140 см.

Почва – темно серая лесная со вторым гумусовым горизонтом среднесуглинистая на карбонатном лессовидном суглинке.

Разрез 2, глубина вскипания, см, 10 повторностей замеров: 130, 135, 133, 123, 134, 137, 139, 134, 132. 138. Средняя глубина вскипания - 133 см.

Разрез 3 (ББлс-3). Начало водораздельного склона северной экспозиции крутизной 2°, в 80 м от точки ББЛС-2.

Растительность - широколиственный кленово-дубовый с примесью ясеня снытьевый лес, формула древостоя: 6Д+3К+1Я.

Травянистый ярус: сныть (cop1), копытень (sp gr), яснотка белая (sol), крапива (sol).

Название почвы: темно-серая лесная среднесуглинистая со вторым гумусовым горизонтом на бурых тяжелых суглинках.

Разрез 4 (ББЛСлс – 4). Водораздельный пологий склон северной экспозиции крутизной 4°, в 80 м от точки ББЛС – 3.

Растительность: ясенево-дубовый лес с примесью клена. Формула древостоя: 5Д+4Я+1Кл. В подлеске – клен татарский, клен остролистный, единично вяз d=10см.

Площадь проективного покрытия травами - 15-20%. Травяной ярус: сныть - cop1, крапива - sp.

Вскипание начинается с глубины 150 см.

Почва – темно-серая лесная среднесуглинистая на карбонатных покровных суглинках.

Разрез 3, глубина вскипания, см, 10 повторностей замеров: 150, 0, 150, 153, 155, 155, 155, 148, 148, 149, 145. Средняя глубина вскипания - 150 см.

Разрез 5 (ББлс-5). Средняя часть склона крутизной 5°.

Растительность: дубово-кленовый снытьево-крапивный лес. Формула древостоя: 4Д+6К.

В травянистом ярусе сныть, копытень, крапива. Проективное покрытие травами – 25-30 %.

Вскипание происходит с глубины 162 см.

Почва - темно-серая лесная среднесуглинистая со вторым гумусовым горизонтом на карбонатных покровных суглинках.

Разрез 6 (ББлс-6). Заложен в нижней части склона, в 50 метрах от его основания. Крутизна поверхности 5°.

Растительность – кленово-дубовый лес с примесью ясеня и вяза: 5Д+4К+1В+1Я. Подлесок – лещина. Высота деревьев 25-30 м, диаметр стволов до 50 см. Проективное покрытия травами 40%. Травянистая растительность: сныть sp, копытень spgr, подмаренник spgr, крапива sol.

Вскипает с глубины 160 см.

Почва – темно-серая лесная среднесуглинистая на тяжелом карбонатных покровных суглинках.

Разрез 5, глубина вскипания, см, 10 повторностей замеров: 160, 170, 160, 157, 160, 155, 170, 165, 160, 157. Средняя глубина вскипания - 161 см.

Разрез 7 (ББл-7). Заложен в днище балки и является общим для катен южной и северной экспозиций. Ландшафтно-геохимическая позиция – аккумулятивный геохимический ландшафт, ширина днища балки - 5-10 метров. Уклон днища в восточном направлении составляет 3 метра на 100 метров.

Растительность – кленово-дубовый лес, с примесью ясеня: 5Д+4К+1Я. Высота взрослых деревьев – 30 м, диаметр стволов – до 60 см. В подлеске лещина.

Травянистый ярус имеет проективное покрытие 50%: крапива двудомная сор-1, сныть ср, пролеска ср, купена лесная sol, фиалка лесная sol, ветреница дубравная sol.

Почвенный профиль в разрезе 7 бескарбонатен до глубины, по крайней мере, 2 метра. Достаточно мощный верхний слой с гумусированной окраской свидетельствует о локальном переувлажнении данного участка и полугидроморфных условиях его формирования. Кроме того, повышенная мощность темноокрашенной гумусированной части профиля также может быть связана с аккумуляцией на поверхность почвы гумусированного мелкозема, смываемого со склонов. Если данный процесс имеет место, то интенсивность его достаточно слабая, так как признаков слоистости в профиле не обнаружено, т.е. почвообразовательный процесс успевает полностью перерабатывать накапливающийся сверху делювий.

Почва – темно-серая лесная намытая среднесуглинистая на бескарбонатных делювиальных суглинках.

Катена «Молодая пашня северной экспозиции»

Разрез 1 (ББмс-1). Местоположение: ровная возвышенная поверхность без уклона, в 2 км к северо-западу от пос. Батрацкая Дача и в 120 м к югу от лесополосы. Растительность: на пашне - подсолнечник, местами пшеница (редко, вероятно, осталась с прошлых лет).

Вскипание почвы начинается с глубины 120 см.

Почва – пахотный чернозем слабо оподзоленный маломощный среднесуглинистый на маломощном лессовидном среднем суглинке, подстилаемом пестроокрашенными карбонатными песчано-суглинистыми породами неоген-палеогенового возраста.

Разрез 1, глубина вскипания, см, 10 повторностей замеров: 120, 116, 119, 125, 118, 125, 129, 126, 132, 130. Средняя глубина вскипания - 124 см.

Разрез 2 (ББмс-2). В 90 м к северо-востоку от разреза 1, начало водораздельного склона, крутизна поверхности -  $1-2^{\circ}$ . Растет подсолнух.

Вскипание слабое с глубины 140-155 см, книзу интенсивность вскипания усиливается.

Почва – пахотный чернозем слабо оподзоленный маломощный тяжелосуглинистый на тяжелых покровных карбонатных суглинках.

Разрез 2, глубина вскипания, см, 10 повторностей замеров: 145, 155, 138, 142, 148, 155, 145, 152, 142, 143. Средняя глубина вскипания - 146 см.

Разрез 3 (ББмс-3). Находится в 90 м северо-восточнее разреза 2 на участке крутизной  $3^{\circ}$ .

Вскипает с глубины 115-120 см.

Почва – пахотный чернозем оподзоленный маломощный тяжелосуглинистый на карбонатных лессовидных тяжелых суглинках.

Разрез 3, глубина вскипания, см, 10 повторностей замеров: 119, 136, 134, 138, 120, 150, 155, 145, 146, 138. Средняя глубина вскипания - 138 см.

Разрез 4 (ББмс-4). Пологий склон северной экспозиции крутизной  $3-4^{\circ}$ .

Растительность: на пашне – подсолнечник, в междурядьях - пшеница. Сорные растения местами: чернобыльник, осот полевой.

Почва - пахотный чернозем сильновыщелоченный маломощный тяжелосуглинистый на покровных карбонатных суглинках.

Разрез 4, глубина вскипания, см, 10 повторностей замеров: 112, 116, 115, 111, 113, 110, 106, 118, 119. Средняя глубина вскипания - 113 см.

Разрез 5 (ББмс-5). Средняя покатая часть склона крутизной 5°.

Растительность: на пашне – подсолнечник, в междурядьях – пшеница, пастушья сумка.

Морфологическое описание почвенного профиля:

Вскипание наблюдается с глубины 137-140 см.

Почва – чернозем слабооподзоленный среднесуглинистый среднемощный, близкий к маломощному, на средних карбонатных покровных суглинках.

Разрез 5, глубина вскипания, см, 10 повторностей замеров: 131, 141, 136, 137, 133, 137, 133, 139, 142, 140. Средняя глубина вскипания - 136 см.

Разрез 6 (ББмс-6). Нижняя часть балочного склона крутизной 6-7°.

Растительность: подсолнечник, среди сорной растительности редко - пырей ползучий, пастушья сумка.

Почва вскипает с глубины 140 см.

Название почвы – пахотный чернозем оподзоленный среднемощный среднесуглинистый на карбонатных покровных суглинках.

Разрез 6, глубина вскипания, см, 10 повторностей замеров: 123, 129, 129, 132, 141, 145, 155, 160, 160, 161. Средняя глубина вскипания - 143 см.

Разрез 7 (ББмс-7). Днище балки, рядом со свежей промоиной, в 1 метре вверх по склону. Днище и прилегающий склон имеют вогнутую форму. Крутизна поверхности в месте заложения разреза составляет 3-4°, участок соответствует трансаккумулятивному геохимическому ландшафту. Крутизна поверхности вдоль днища - 1-2°. Ширина плоского днища до контакта со склонами составляет около 3 метров. На днище балки хорошо заметен недавно образованный шлейф делювиального суглинка.

Растительность в распахиваемом днище отсутствует, выше по склону (в 2 метрах от разреза) отмечаются всходы подсолнечника.

Вскипание отсутствует по всей глубине профиля.

Почва - темно-серая лесная намытая грунтово-глееватая тяжелосуглинистая на бескарбонатном делювиальном тяжелом суглинке.

#### Катена «Старая пашня северной экспозиции»

Поверхность поля покрыта разнотравно-злаковой растительностью: пырей сор-1, молочай – sol, полынь серебристая – sp.

Разрез 1 (ББС-1). Заложен на плакоре, в пределах ровной поверхности шириной 150 м, по обе стороны от которой начинаются водораздельные склоны. Растительность – пырейный луг: пырей ползучий – сор 2, чертополох – sp, осот полевой - sol.

Почва – залежный чернозём оподзоленный среднесуглинистый на маломощных покровных суглинках, подстилаемых палеоген-неогеновыми жёлто-бурыми карбонатными суглинками.

Разрез 1, глубина вскипания, см, 10 повторностей замеров: 150, 160, 160, 160, 170, 170, 170, 170, 170, 170. Средняя глубина вскипания - 165 см.

Разрез 2 (ББС-2). Верхняя часть пологого водораздельного склона. Крутизна 1,5-2°.

Вскипание начинается с глубины 130 см.

Почва – залежный чернозем слабооподзоленный маломощный тяжелосуглинистый на карбонатном лессовидном тяжелом суглинке.

Разрез 2, глубина вскипания, см, 10 повторностей замеров: 133, 138, 144, 133, 135, 136, 137, 137, 140, 139. Средняя глубина вскипания - 137 см.

Разрез 3 (ББсс-3). Пологий водораздельный склон северной экспозиции крутизной 3° (верхняя часть склона).

Растительность: Пырей ползучий, костер безостый. Редкие всходы клена. Проективное покрытие травами - 60-80%.

Вскипание почвы начинается с глубины 123 см.

Почва – залежный чернозем сильновыщелоченный маломощный, близкий к среднемощному, тяжелосуглинистый на карбонатных лессовидных суглинках.

Разрез 3, глубина вскипания, см, 10 повторностей замеров: 123, 121, 121, 125, 125, 121, 126, 127, 116, 118. Средняя глубина вскипания - 122 см.

Разрез 4 (ББсс-4). Средняя часть склона. Крутизна поверхности - 5-6<sup>0</sup>, растительность - пырейная ассоциация сор-2-сор-3.

Вскипание с глубины 120 см.

Почва - залежный чернозем сильно выщелоченный маломощный, близкий к среднемощному, тяжелосуглинистый на тяжелом карбонатных покровных суглинках.

Разрез 4, глубина вскипания, см, 10 повторностей замеров: 118, 116, 116, 115, 123, 124, 118, 120, 123. Средняя глубина вскипания – 120 см.

Разрез 5 (ББсс-5). Нижняя пологая часть склона крутизной 4-5<sup>0</sup> в 70 м от разреза ББСС-4.

Вскипание начинается с глубины 107 см.

Почва – залежный чернозем выщелоченный маломощный тяжелосуглинистый на покровных карбонатных суглинках.

Разрез 5, глубина вскипания, см, 10 повторностей замеров: 106, 104, 105, 110, 110, 111, 107, 105, 109, 110. Средняя глубина вскипания - 107 см.

Разрез 6 (ББсс-6). Начало трансаккумулятивного ландшафта, в 6 м от края поля. Крутизна поверхности 3-4<sup>0</sup>. Растительность: пырей (сор-2), чертополох полынь, чернобыльник, редкая поросль клена американского высотой до 1,5 м.

Вскипание не выявлено до глубины 160 см.

Почва – залежный чернозем оподзоленный намытый мощный тяжелосуглинистый на покровных карбонатных суглинках.

Разрез 7 (ББсс-7). Выположенное днище ложбины с пологими бортами шириной 20-30 м. Линия ЛЭП идет вдоль днища ложбины (опора ЛЭП располагается в 30м от разреза).

Растительность: древесный ярус – редкие экземпляры молодых деревьев ясеня и дикой вишни; травянистый ярус - крапива двудомная (сор 2), чертополох, василек полевой, подмаренник цепкий. Проективное покрытие травами составляет 60%.

Вскипание наблюдается в слое 22-40 см (реже с поверхности и до глубины 20-42 см). Глубже вскипание отсутствует.

Почва – дерновая намытая среднесуглинистая по чернозему оподзоленному среднемощному, близкому к маломощному среднесуглинистому на пролювиальных суглинках.

Разрез 7, глубина вскипания, см, 12 повторностей замеров: 36,36,29,34,30,30,41,36, 30,36, 10,21. Средняя глубина вскипания – 36.

#### Катена «Лес на склоне южной экспозиции»

Разрез 1 (ББлю-1). Абсолютно ровная водораздельная поверхность шириной 150 метров между водораздельными склонами, переходящими в склоны лесных балок. Разрез заложен ближе к южному склону изучаемой катены. Крутизна поверхности – 0°.

Растительность – кленово-дубовый лес с примесью ясеня. Высота деревьев – 25-27 м, диаметр стволов – до 60 см (по спилу одного из них удалось идентифицировать возраст наиболее крупных деревьев – 110-120 лет). В подлеске – редкая лещина. Проективное покрытие травами – 15-20 %: сныть – sp, копытень – sp gr, пролеска – sol, гравилат городской – sol, крапива – sol, фиалка лесная – sol.

Вскипание почвы начинается с глубины 130-140 см.

Почва – темно-серая лесная со вторым гумусовым горизонтом среднесуглинистая на карбонатных лессовидных суглинках.

Разрез 1, глубина вскипания, см, 10 повторностей замеров: 140, 140, 135, 126, 132, 135. 141, 148, 138, 136. Средняя глубина вскипания – 137.

Разрез 2 (ББлю–2). Начало водораздельного склона южной экспозиции. Крутизна поверхности – 1,5-2°.



Кленово-дубовый лес с примесью ясеня и вяза. Формула древостоя: 5К+3Д+2Я+В. В подлеске встречается лещина. Высота деревьев – 23-27 м, диаметр стволов – до 50 см.

Проективное покрытие травами составляет 35-45 %. Встречаются: подмаренник – sp gr, звездчатка – sp gr, пролеска – sp gr, копытень – sp gr, сныть – sol, гравилат городской – sol, крапива двудомная – sol.

Вскипание наблюдается с глубины 115-120 см.

Почва - темно-серая лесная среднесуглинистая со вторым гумусовым горизонтом на карбонатных лессовидных суглинках.

Разрез 2, глубина вскипания, см, 10 повторностей замеров: 120, 122, 120, 116, 112, 116, 122, 114, 120, 120. Средняя глубина вскипания – 121.

Разрез 3 (ББЛю 3). Разрез 3 заложен на границе балочного и водораздельного склонов с крутизной поверхности - 3-4<sup>0</sup>. Растительность – ясеневый-дубовый лес с примесью клена, в подлеске встречается лещина, формула древостоя – 4д+3я+3к. Проективное покрытие травами – 30-50 %: фиалка лесная – sp, крапива двудомная – sp, копытень- sp gr, сныть – sol.

Вскипание начинается с глубины 140 см.

Почва – темно-серая лесная со вторым гумусовым горизонтом слабосмытая среднесуглинистая на среднем карбонатном лессовидном суглинке.

Разрез 3, глубина вскипания, см, 10 повторностей замеров: 135, 131, 134, 135, 140, 142, 144, 141, 147, 144. Средняя глубина вскипания – 139.

Разрез 4 (ББЛю-4). Крутизна 6-7<sup>0</sup>. Растительность – кленово-дубовый лес: 6Д+4К. В подлеске – лещина. Высота деревьев - 20-25 метров, диаметр стволов – до 50 см, отмечается оголенность корней деревьев как признак поверхностного смыва.

Проективное покрытие травами 10-15 %. Травянистая растительность: пролеска - sp, копытень - spgr, подмаренник - spgr, гравилат городской - sp, купена лесная - sol, фиалка лесная - sol.

Вскипание профиля начинается с глубины 135 см.

Почва – серая лесная со вторым гумусовым горизонтом слабосмытая среднесуглинистая на карбонатном лессовидном суглинке.

Разрез 5, глубина вскипания, см, 10 повторностей замеров: 146, 141, 146, 130, 123, 120, 126, 130, 132, 134. Средняя глубина вскипания – 132.

Разрез 5 (ББЛю – 5). Нижняя половина склона. Крутизна поверхности – 4-5°. Деревья характеризуются наличием пристволовых повышений высотой 10-20 см, наблюдается слабая изрытость пристволовых повышений кабанами, обнажающих корни деревьев на глубину до 10 см.

Растительность – дубово-кленовый лес: 7К+3Д, подлесок - лещина, высота деревьев 25 метров, диаметр стволов - 40 см.

Проективное покрытие травами - 15-20 %. Травянистая растительность: копытень - sprg, крапива - sp, сныть- sol, подмаренник - sprg, фиалка лесная - sol.

Вскипание начинается с глубины 150-155 см.

Почва – темно-серая лесная со вторым гумусовым горизонтом слабосмытая среднесуглинистая на карбонатных покровных суглинках.

Разрез 5, глубина вскипания, см, 10 повторностей замеров: 155, 155, 154, 153, 152, 151, 155. 154, 160, 153. Средняя глубина вскипания – 154 см.

Разрез 6 (ББлю-6). Нижняя часть склона, в 30 метрах от днища балки. Крутизна поверхности - 4°.

Растительность - дубово-кленовый лес. Формула древостоя: 6К+4Д. Высота зрелых деревьев составляет 20-25 метров, диаметр до 50 см, возраст - 80-90 лет. Подлесок – лещина.

Проективное покрытие травами достигает 40 %. Травянистый ярус: крапива - sp, сныть - sol, пролеска - sol, копытень - sprg.

Вскипает с глубины 180 см (по результатам бурения).

Почва – темно-серая лесная со вторым гумусовым горизонтом среднесуглинистая на карбонатных покровных суглинках.

Катена «Молодая пашня южной экспозиции» (ББМю)

Разрез 1 (ББМю – 1). Водораздельная поверхность в 70 м. от опушки леса, в 2 км к ю-в от Батрацких дач, крутизна 0°, микрорельеф не выражен, поверхность засеяна посевами под no-till (топинамбур).

Профиль: А пах' 0-19, Апах''19-28(30), А1А2В 28(30) -50(58), ВtА2 50(58) -66(68), Вtг1 66(68) -90, Вt2 90-120, ВtС<sub>Ca</sub> 120-160 см.

Почва - темно-серая лесная поверхностно-глееватая среднесуглинистая на буро-желтых карбонатных тяжелых суглинках.

Разрез 2 (ББМю–2). Начало водораздельного склона, южная экспозиция крутизна 1-1,5°, в 70 м от разреза 1 и в 140 м от опушки леса. Посев - тапинамбур.

Почва – пахотная темно-серая лесная поверхностно-глееватая тяжелосуглинистая на буро-желтых тяжелых карбонатных суглинках.

Разрез 2, глубина вскипания, см, 10 повторностей замеров: 102, 120, 125, 109, 117, 106, 108, 109, 100. Средняя глубина вскипания - 110 см.

Разрез 3 (ББМю – 3). Водораздельный склон крутизной 1,5-2°, в 70 метрах к западу от разреза 2.

Почва – пахотная темно-серая лесная поверхностно-глееватая тяжелосуглинистая на буровато-желтых карбонатных покровных суглинках.

Разрез 3, глубина вскипания, см, 10 повторностей замеров: 112, 110, 113, 113, 115, 110, 109, 116, 117, 115. Средняя глубина вскипания – 113 см.

Разрез 4 (ББМю – 4). Водораздельный склон крутизной 3-4°, в 72 м к западу от разреза 3.

Растительность: топинамбур, пырей ползучий, гравилат городской, всходы ясеня (до 3 лет), всходы терна и дикой груши.

Профиль: А пах' 0-12, Апах'' 12-25, А1А2 25-40, А1А2В 40-58, Вt(А2) 58-80, Вt 80-97, ВtС 97-135, ВtС<sub>Ca</sub> 135-160 см.

Вскипание от НСL - с глубины 140 см.

Почва – пахотная темно-серая лесная тяжелосуглинистая на буровато-желтых карбонатных покровных суглинках.

Разрез 4, глубина вскипания, см, 10 повторностей замеров: 139, 144, 134, 128, 132, 138, 140, 138, 141, 142. Средняя глубина вскипания – 137 см.

Разрез 5 (ББмю – 5). Покатый водораздельный склон в 70 м западнее разреза 4, в 80 м к востоку от опушки леса в балке, крутизна поверхности - 6°.

Растительность: посевы топинамбура(Сор2), одуванчик лекарственный, молочай, всходы ясеня.

Профиль: Апах' 0-17, А пах'' 17-26, А1 26-38, А1В 38-48, Вt1 48-67, Вt2 67-95, ВtС 95-135, Сса 135-160

Почва - чернозем оподзоленный тяжелосуглинистый маломощный на буровато-желтых покровных карбонатных суглинках.

Разрез 5, глубина вскипания, см, 10 повторностей замеров: 137, 128, 135, 138, 136, 134, 138, 136, 140, 147. Средняя глубина вскипания – 136.

Разрез 6 (ББмю – 6) расположен в 70 м к западу от разреза ББмю5 и в 10 м от опушки леса (лес в балке). Пологий водораздельный склон в месте выполаживания покатого склона выше по рельефу. Крутизна поверхности - 4-5°. В 10 метрах ниже по склону начинается контакт с крутым склоном балки.

Растительность: топинамбур; среди сорной растительности на поле - гравилат городской, тысячелистник, чернобыльник, лук гусиный, молочай, подмаренник цепкий.

Вскипание не выявлено до глубины 160 см.

Почва – чернозем оподзоленный маломощный слабосмытый среднесуглинистый на карбонатном лессовидном среднем суглинке.

#### Катена «Старая пашня южной экспозиции»

Разрез 2 (ББсю-2). Верхняя часть пологого водораздельного склона южной экспозиции крутизной 2°. В 70 м к югу от разреза ББС-1.

Вскипание отсутствует на всю глубину профиля.

Почва – чернозем слабооподзоленный маломощный слабо смытый тяжелосуглинистый на бескарбонатных пестроокрашенных неоген-палеогеновых суглинках.

Разрез 3 (ББсю-3). Пологий склон южной экспозиции крутизной около 3°. В 70 м. от разреза ББсю – 2.

Вскипание отсутствует на всю глубину профиля.

Почва - чернозем выщелоченный слабо смытый маломощный тяжелосуглинистый на бескарбонатных пестроокрашенных неоген-палеогеновых суглинках.

Разрез 4 (ББсю-4). Пологий склон южной экспозиции в 70 м к югу от разреза 3. Крутизна поверхности 3°.

Растительность: пырейный луг, осот полевой.

Вскипание слабой интенсивности начинается на глубине 130 см, к низу интенсивность вскипания усиливается.

Почва - залежный чернозем сильно выщелоченный среднесильный поверхностно глееватый тяжелосуглинистый на покровных карбонатных суглинках.

Разрез 4, глубина вскипания, см, 10 повторностей замеров: 133, 134, 136, 135, 124, 131, 135, 126, 140, 134. Средняя глубина вскипания – 132 см.

Разрез 5 (ББ-сю-5). Нижняя часть склона. Крутизна поверхности 6-7°. Растительность - пырей сор-1, молочай ср, полынь серебристая sol.

Вскипает с глубины 125 см.

Почва – залежный чернозем сильновыщелоченный маломощный среднесмытый тяжелосуглинистый к глинистому на тяжелом карбонатном покровном суглинке.

Разрез 5, глубина вскипания, см, 10 повторностей замеров: 118, 118, 123, 127, 128, 120, 123, 127, 115, 117. Средняя глубина вскипания – 121 см.

Разрез 6 (ББсю-6). Нижняя часть склона, крутизна поверхности 4°, трансаккумулятивный ландшафт. Растительность – пырей, молочай, чернобыльник.

Вскипание начинается с глубины 120 см.

Почва – залежный чернозем сильно выщелоченный среднесильный тяжелосуглинистый на карбонатных тяжелых лессовидных суглинках.

Разрез 6, глубина вскипания, см, 10 повторностей замеров: 125, 128, 143, 127, 140, 124, 127, 117, 137, 135. Средняя глубина вскипания – 130 см.

Разрез 7 (ББсю-7). Заложен на ровном днище ложбины шириной 30 м, в 70 м к югу от разреза ББСЮ-6, недалеко от правого борта.

Растительность: древесный ярус - редкостойный молодой ясень; травянистый ярус - разнотравно-злаковая ассоциация, состоящая из следующих трав: пырей ползучий, мятлик луговой, полевица, бор развесистый, чертополох, лютик, крапива двудомная.

Вскипание начинается с глубины 128 см.

Почва – дерновая намытая по чернозему оподзоленному маломощному тяжелосуглинистому на пролювиальных карбонатных суглинках.

Было отобрано 186 почвенных образцов со всех исследуемых разрезов катен, которые были проанализированы в двух, а иногда трех повторностях, для уменьшения погрешности в измерениях. Данные описания почвенных катен предоставлены д.г.н., проф. Ю.Г. Чендевым.

## Глава 3. Изменение во времени кислотно-щелочных условий в профилях серых лесостепных почв и в почвенных катенах

### 3.1. Естественные и антропогенные факторы подкисления почв

Кислотно-щелочная характеристика, или реакция, — это способность почв проявлять свойства кислот и щелочей при взаимодействии с водой или растворами солей. Мерой реакции почв является соотношение в почвенном растворе водородных ( $H^+$ ) и гидроксильных ( $OH^-$ ) ионов. Реакция почв характеризуется величиной рН — отрицательным логарифмом активности водородных ионов в растворах. Почвы могут иметь кислую (рН < 7), нейтральную (рН = 7) или щелочную (рН > 7) реакцию.

Различают два вида почвенной кислотности: актуальную и потенциальную, которая в свою очередь делится на обменную и гидролитическую. Актуальной кислотность — это кислотность почвенного раствора. Она измеряется при взаимодействии почвы с дистиллированной водой. Актуальная кислотность зависит от наличия в почвенном растворе свободных органических и минеральных кислот (в основном, угольной кислоты). Актуальная кислотность в почвах проявляется в диапазоне рН от 3 до 7.

Обменная кислотность обусловлена наличием в ППК обменных водорода и алюминия и определяется путем вытеснения ионов  $H^+$  [2]. Принято считать, что перманентные заряды ППК возникают при изоморфных замещениях в кристаллических решетках глинистых минералов. Ионы  $H^+$  и  $Al^{3+}$ , компенсирующие эти заряды, будучи относительно сильными кислотами, легко вытесняются из ППК даже при относительно низких значениях рН. Они обуславливают обменную кислотность [44]. Расчет по этой кислотности показывает, что для ее нейтрализации необходимо в 100 раз

больше известны, чем показывают расчеты по активной кислотности в водном почвенном растворе [17].

Актуальная щелочность связана с наличием в почвенном растворе щелочных солей —  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  и  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ , при диссоциации которых образуется гидроксильный ион. Потенциальная щелочность обнаруживается в почвах, содержащих поглощенный натрий. В результате взаимодействия ППК с углекислым газом, содержащимся в почвенном растворе, происходит замещение  $\text{Na}^+$  водородом с образованием соды ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), подщелачивающей почвенный раствор.

Кислотность почв связана с содержанием ионов водорода и выражается в способности почвы подкислять воду и растворы нейтральных солей. Для почвенного раствора характерна актуальная кислотность, для твердой фазы почвы – потенциальная. В почве сохраняется подвижное равновесие ионов водорода твердой фазы и почвенного раствора, но доминирует кислотность твердой фазы почвы.

По величине рН различают слабощелочные, щелочные и сильнощелочные почвы. Щелочность угнетает развитие культурных растений и деревьев, обуславливает низкое плодородие почвы. При рН более 8,5 почва характеризуется липкостью, слабой водопроницаемостью, бесструктурностью.

Реакция почвы (кислотность, щелочность) в сильнейшей степени зависит от того, какие вещества поглощены ею. Если в ППК поглощены водород или алюминий, реакция будет кислой, если натрий – щелочной; почва, насыщенная кальцием, будет иметь нейтральную реакцию.

Проявление ОВ-процессов в почве зависит от ее генетических свойств и состояния водно-воздушного, температурного и биохимического режимов. Главным окислителем в почвах является свободный кислород почвенного воздуха и кислород, растворенный в почвенной влаге. Большая часть окислительно-восстановительных реакций имеет биохимическую природу, т. е. они связаны с проявлением микробиологических процессов. На развитие



ОВ-процессов большое влияние оказывают также формы и содержание соединений элементов переменной валентности. В частности, повышенное содержание подвижных форм марганца и железа способствует более быстрому снижению потенциалов при переувлажнении почв [2].

Диссоциация угольной кислоты – один из важнейших естественных источников протонов в почва связан с круговоротом углерода и реакцией диссоциации угольной кислоты [31].

Как известно, растения в процессе фотосинтеза образуют углеводы, черпая углерод из атмосферы. Отмирающие растительные и животные остатки и микроорганизмы на поверхности почвы и в почвенном профиле подвергаются частичной минерализации с образованием  $\text{CO}_2$ .

«В Нечерноземной зоне более 40 млн га пашни и значительные площади сенокосов и пастбищ расположены на кислых почвах. Избыточная кислотность отрицательно влияет на растения: ухудшаются ионно-обменные свойства протоплазмы клеток, их проницаемость, что приводит к нарушению углеводного и белкового обмена и замедлению синтеза белка» [23].

В кислых почвах снижается активность нитрифицирующих, азотфиксирующих и других бактерий, что приводит к снижению содержания доступного растениям азота. Повышенная кислотность ухудшает поступление фосфора, молибдена, кальция, азота, магния, занимающих важное место в жизни растений; увеличивает подвижность алюминия, марганца, железа, что ухудшает развитие растений. Поэтому снижаются плодородие почвы и урожайность культур, эффективность вносимых удобрений. «Устранение высокой кислотности с помощью известкования – важный агротехнический прием повышения плодородия почвы и роста урожайности сельскохозяйственных культур [23]».

При известковании почва обогащается кальцием и магнием, нейтрализуется кислотность. Благодаря этому активизируется деятельность полезной микрофлоры, улучшается обеспеченность растений азотом, фосфором, кальцием и другими элементами питания. Наиболее высокие темпы

известкования кислых почв были в 1984-1989 гг. -33 тыс. га/год. В 2005-2009 гг. в области известковалось в среднем 1,7 тыс. га в год кислых почв, а в 2013 г. объёмы известкования возросли до 43,9 тыс. га [18]. Это повышает качество кормов, получаемых на сенокосах, естественных лугах и пастбищах. Под влиянием известкования улучшаются свойства почвы, улучшается ее устойчивость против эрозии.

Деятельность биоты является одним из главных источников продуцируемых в почве органических кислот. К другим естественным источникам кислотности относятся многочисленные проходящие в почвах процессы окисления элементов с переменной валентностью – N, S, Fe, Mn и других [31].

Причиной повышения кислотности почв является также климат и ее интенсивное изменение, особенно в последние десятилетия. При преобладании осадков над их испарением и недостаточном количестве тепла процесс почвообразования протекает в условиях избыточного увлажнения. Вода содержит углекислоту, которая активно растворяет известняк и многие минералы. Кальций и другие питательные элементы мигрируют с влагой по профилю почвы и при промывном режиме теряются с грунтовыми водами.

Помимо естественных причин подкисления почв, существуют и причины, обусловленные человеческой деятельностью: вынос из почвы кальция и магния с урожаем, применение физиологически кислых минеральных удобрений и выпадение кислых дождей [38]. Интенсивность подкисления почв в естественных условиях вполне соизмерима с интенсивностью подкисления почв в результате антропогенной деятельности.

Перераспределение осадков под пологом леса, изменение их состава, наиболее заметное у ствола деревьев, приводит к изменению свойств верхних горизонтов почвы. Такое явление наблюдается практически во всех лесах. Мало того, при нарушении почвы около стволов деревьев через некоторое время низкие значения pH снова восстанавливаются. Посадки деревьев на перепаханной почве также показали, что к 30-50 годам распределение pH в

этих насаждениях полностью соответствуют естественному распределению рН в верхних горизонтах лесных почв [17].

### 3.2. Анализ профилей рН

Для определения изменений во времени кислотно-щелочных условий в профилях серых лесостепных почв и в почвенных катенах были произведены расчёты (приложение) и построены профили значений рН по разрезам вниз по склону, где Р.- разрез катены, а цифровые показатели – глубина разреза в см (3.1-3.6).

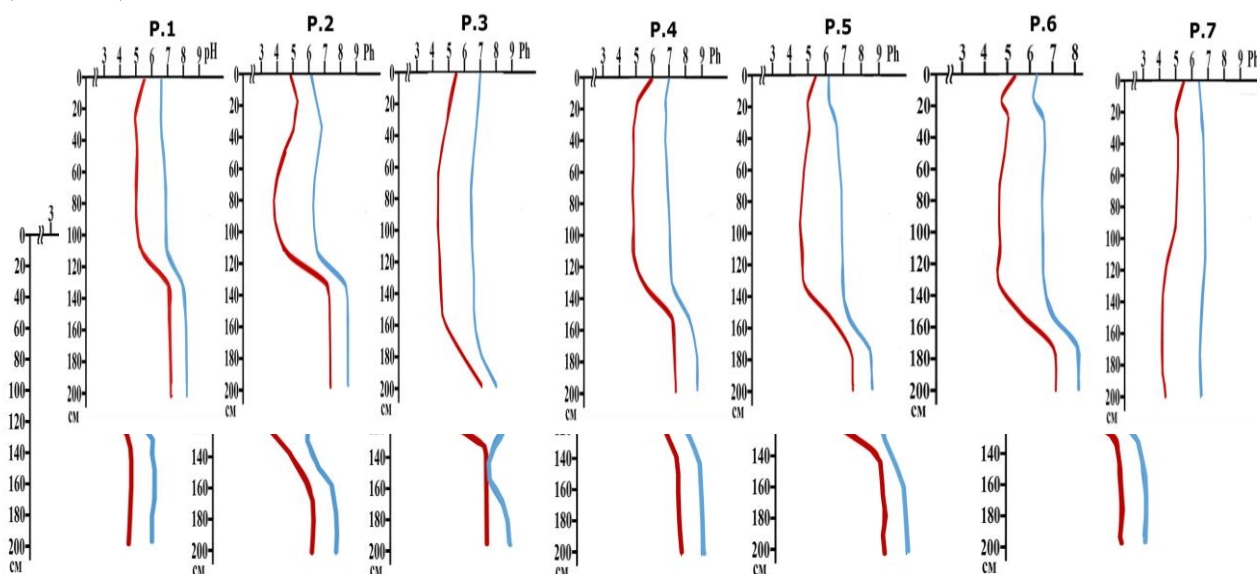


Рис.3.1. Значение рН в разрезе ББЛс (Белгородская обл., с. Батрацкая Дача, лес северной экспозиции),

----- актуальная кислотность; ----- обменная кислотность

Рис. 3.2. Значение рН в разрезе ББМс (Белгородская обл., с. Батрацкая Дача, молодая пашня северной экспозиции),

----- актуальная кислотность; ----- обменная кислотность

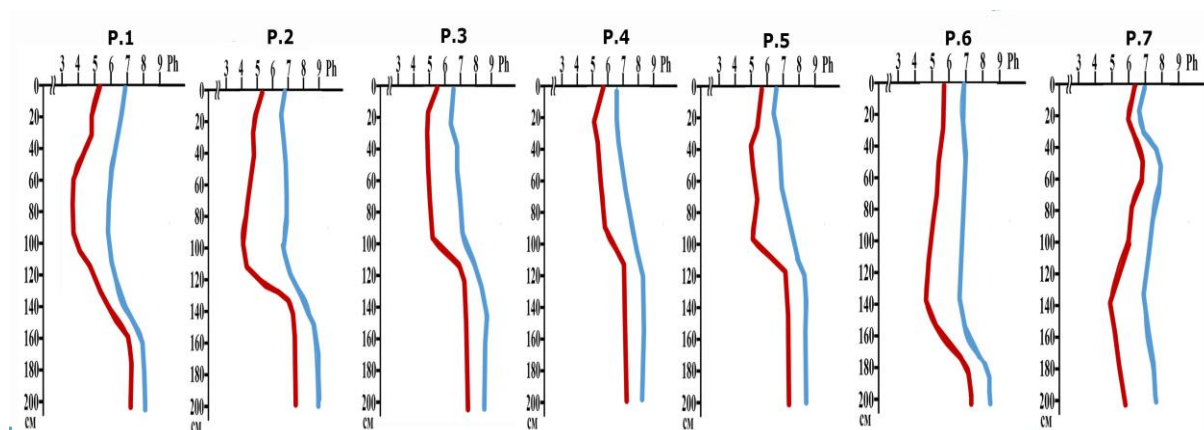


Рис. 3.3. Значение рН в разрезе ББСс (Белгородская обл., с. Батрацкая Дача, старая пашня северной экспозиции).

-----актуальная кислотность; ----- обменная кислотность

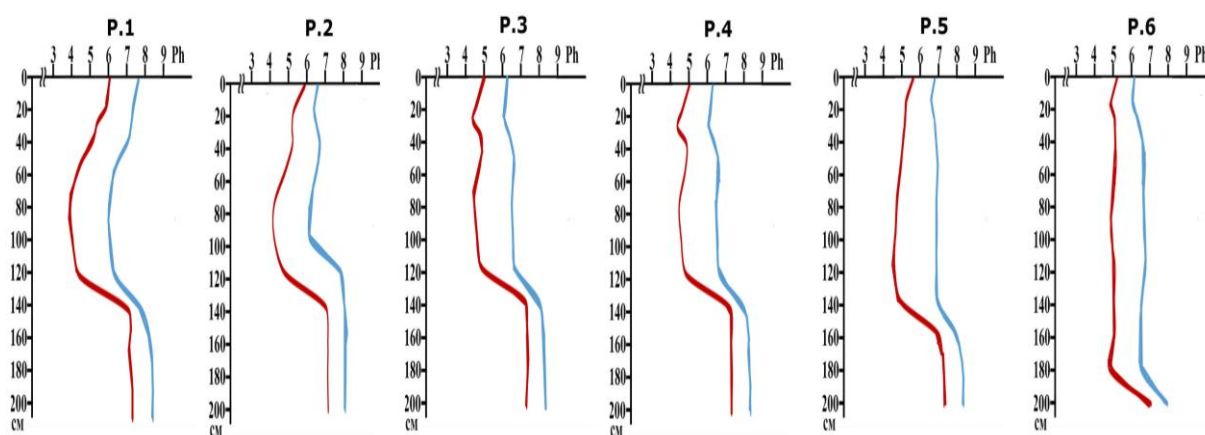


Рис. 3.4. Значение рН в разрезе ББЛю (Белгородская обл., с. Батрацкая Дача, лес южной экспозиции),

-----актуальная кислотность; ----- обменная кислотность

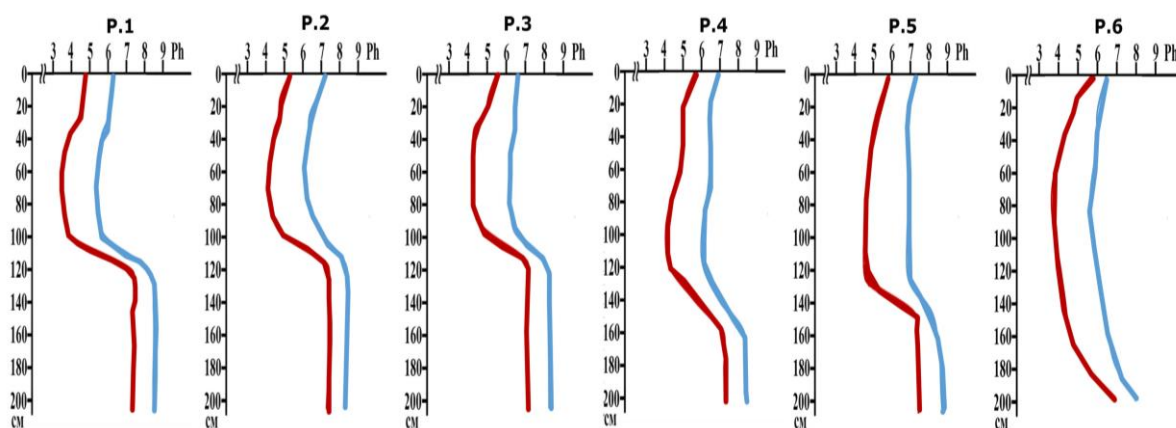


Рис. 3.5. Значение рН в разрезе ББМю (Белгородская обл., с. Батрацкая Дача, молодая пашня южной экспозиции),

----- актуальная кислотность; ----- обменная кислотность

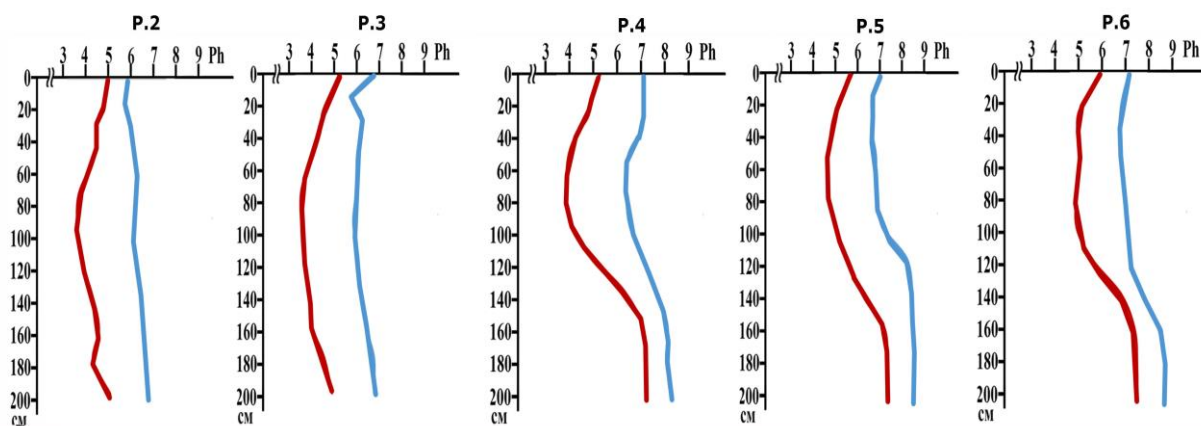


Рис. 3.6. Значение рН в разрезе ББСю (Белгородская обл., с. Батрацкая Дача, старая пашня южной экспозиции),

----- актуальная кислотность; ----- обменная кислотность

Известно, что склоны южной экспозиции получают больше солнечной радиации по сравнению со склонами северной экспозиции. Это приводит к более быстрому прогреванию почвы весной и ускоряет испарение влаги с поверхности почвы. Соответственно, на склонах южной экспозиции в течение вегетационного периода температура почвы выше, чем на склоне северной экспозиции [47].

Фоновая катена северной экспозиции в верхних горизонтах до 100 см имеет низкое значение рН, а в нижних с 140 см происходит подщелачивание. Такая же ситуация наблюдается и на 2-ом разрезе. В разрезе №3 наклон склона достигает 3 ° осадки не успевают проникнуть вглубь почвы и поэтому значение рН не уменьшается в верхней половине профиля, только на глубине 160 см происходит подщелачивание.

На разрезе №7, находящемся в днище балки, кислотно-щелочные условия равномерно протекают на всей глубине почвенного профиля, в отличие от разреза ББЛю 6, на котором из-за меньшего количества осадков на глубине 180 см начинается резкое подщелачивание. Это вызвано тем, что южная экспозиция получает меньше осадков и из-за крутизны 4°.

Как следует из данных, представленных в таблице 1, находящейся в приложении, и графиках кислотность почвы изменяется как с глубиной, так и в зависимости от положения на склоне. Вниз по склону кислотность почвы

повышается в независимости от экспозиции склона и времени распашки, что, возможно, объясняется перемещением вниз по склону свободных органических и минеральных кислот, которые приводят к выщелачиванию кальция [46].

В окультуренных почвах происходит слабое подщелачивание, которое усиливается в нижней части профиля. Наибольшее подкисление происходит на верхних частях профиля на глубинах от 40 до 100 см. С глубины 140 см значения pH водного и соляного раствора становится нейтральной или близкой к ней. На верхних горизонтах наблюдается нейтральная или близкая к нейтральной среда с значением pH 6-7. В целом, результаты наблюдений показывают, что значение рН меньше в катенах южных экспозиций.

В результате выноса кальция с урожаями сельскохозяйственных культур, а также применения физиологически кислых удобрений увеличивается активная, обменная и гидролитическая кислотность серых лесостепных почв Белгородской области, что приводит к изменению почвенного поглощающего комплекса и структуры почвы [28].

На катене (ББСю) 150-лет распашки на покатом склоне профиль заметно отличается от нераспаханного участка под лесом (ББЛю) и имеет меньшее значение рН, не изменяясь с глубиной. Наиболее кислые почвы находятся на катенах 150 лет распашки северных и южных экспозиций. Антропогенной трансформации подвергается преимущественно верхняя часть горизонта почв.

Для сельскохозяйственного производства имеет большое значение тренд изменения рН. Зная его значение можно грамотно провести известкование либо гипсование, чтобы привести кислотно-щелочной баланс в оптимальные значения.

## Глава 4. Закономерности агрогенных изменений карбонатных профилей в изученных почвенных катенах

### 4.1. Факторы формирования карбонатного профиля

Карбонаты в почве — карбонаты кальция и магния, присутствующие в почве в виде минералов кальцита, доломита, люблинита, арагонита, анкерита и др. По происхождению могут быть вторичными (почвенными) новообразованиями или первичными (породными) и тогда называются остаточно-карбонатными. «Выделяют следующие формы Карбонатов в почве: сединка (карбонатная плесень, иней), псевдомицелий (мицелий, лжемицелий, лжегрибница, прожилки), бородки, пропитка, конкреции (мягкие — белоглазка, плотные твердые — журавчики или желваки, лессовые куклы, дутики) [33]».

Карбонатного профиль образуется из двух важных составляющих: источник солей и условия их осаждения. Основным источником солей выступают почвообразующие породы, насыщенные основаниями, которые высвобождаются в процессе их выветривания. Второй источник поступления в почву оснований это отмершая травянистая растительность, в которой преобладает кальций, содержащийся в составе золы. Диоксид углерода, необходимый для образования углекислых солей, попадает в почвенный раствор в процессе дыхания живых организмов и корней; образуется из атмосферы и в процессе разложения органических остатков.

Высказывалось мнение, что одним из важных источников  $\text{CO}_2$  в почве является разложение карбонатов. Однако фактически отмечается высокое содержание  $\text{CO}_2$  в болотных почвах и относительно низкое - в почвах степей и пустынь, хотя именно в них, как правило, больше всего карбонатов. Это свидетельствует о том, что карбонаты не оказывают существенного влияния на увеличение концентрации  $\text{CO}_2$  в почвенном воздухе, в том числе в слоях,

где содержание карбонатов повышенное [5]. Отсутствие такой связи позволяет утверждать, что главный источник почвенной углекислоты - гумус, микроорганизмы и животные.

С другой стороны, установлено, что концентрация углекислого газа в пахотных почвах меньше, чем в аналогичных горизонтах целинных и лесных почв. Это, очевидно, связано с энергичным газообменом между атмосферой и разрыхленной почвой.

Образование карбонатных солей происходит при взаимодействии карбоната кальция -  $\text{CaCO}_3$  с водой и углекислым газом. При достаточном количестве влаги равновесие сдвигается в сторону бикарбонатных солей, что, будучи подвижными, мигрируют во влажные сезоны вниз по почвенному профилю [47].

Исследования Е.А. Афанасьевой также подтверждают, что изменение концентрации диоксида углерода в почвенном воздухе и растворимости  $\text{CaCO}_3$  вызывают сезонную миграцию карбонатов в почвенном профиле [9].

Как целинным, так и распаханым серым лесостепным почвам свойственны процессы миграции и аккумуляции карбонатов. Миграция  $\text{CaCO}_3$  в почвенном профиле способствует насыщению коллоидов кальцием, а также формирует гуматно-кальциевый гумус, нейтральную (слабощелочную) реакцию; наличие карбонатного горизонта в целом обеспечивает стабильность почвенной массы.

В большинстве случаев, наиболее глубокое промачивание почвы до уровня грунтовых вод происходит в период весеннего снеготаяния раз в десятилетие, это обусловлено климатическими условиями. С нисходящими водами выносятся растворимые вещества, в частности  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ , но следует отметить, что в связи с господством низких температур в этот период, биологическая активность незначительна, содержание и растворимость гидрокарбоната кальция понижено, как и содержание в почвенном воздухе углекислого газа, поэтому вынос  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  за пределы карбонатного профиля незначителен.



Летом, в процессе поглощения влаги корнями растений и испарения, господствуют восходящие токи воды. Эти растворы обогащены  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  за счёт повышенного содержания диоксида углерода в почвенном воздухе в связи с высокой биологической активностью, вследствие этого растворимость карбоната кальция значительно выше. Гидрокарбонат кальция, утраченный в весенний период, возвращается в карбонатный горизонт восходящими токами, поддерживая равновесное существование горизонта с содержанием в почвенном растворе  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  [9].

В процессе испарения раствора, уменьшения парциального давления углекислоты в почвенном воздухе или наличие геохимических барьеров на пути миграции происходит выпадение осадка в форме карбонатных солей и постепенное их накопление. Также при осаждении солей и переходе бикарбоната кальция в карбонат не исключено участие бактерий [47].

В настоящее время сложно в полной мере оценить биогеохимическую и почвообразующую роль организмов. Изучением этого вопроса занимался ещё В.И. Вернадский. Существует ряд функций, выполняемых организмами и имеющих значительную роль в формировании почв. Нам наиболее интересна функция концентрации и выделения слабо растворимых солей кальция в виде карбонатов. Способностью к концентрации и последующему выделению солей кальция в нерастворимый осадок обладают многие виды бактерий, одноклеточных животных, водоросли, мхи, а также высшие растения и животные. В процессе эволюции биогенное концентрирование солей кальция усилилось с появлением высших травянистых растений, т.к. в составе их зол соли кальция занимают очень значительную часть [16].

Образование карбонатного горизонта при гидрогенной аккумуляции происходит в зоне капиллярной каймы при достижении грунтовыми водами состояния насыщенности в отношении гидрокарбонатных солей. По данным М.А. Глазовской [12], поступление карбонатов кальция на поверхность и их аккумуляция в почвенном профиле может происходить в результате выпадения атмосферными осадками эолового привноса.

«Окарбоначивание при неизменяющихся гидробиоклиматических условиях относится к постоянно действующим, не затухающим во времени процессам, так как объём аккумуляции солей не скомпенсирован объёмом оттока насыщенного раствора [47]».

Ранее уже было сказано о том, что процесс окарбоначивания широко развит и охватывает почти все природные зоны. В почвах степной зоны накапливаются более способные к миграции формы карбонатов, а сам карбонатный горизонт опущен на некоторую глубину и расположен ниже гумусового.

Следует отметить то, что для серых лесостепных почв характерна карбонатная сегрегация, т.е. процесс образования конкреционных образований, отличающихся повышенным содержанием карбоната кальция. О данных процессах свидетельствуют новообразования, находящиеся в почвенной толще, для серых лесостепных наиболее характерными является присутствие псевдомицелия, белоглазки, журавчиков и нечётких пятен [48].

Серые лесостепные почвы существуют в условиях периодически-промывного водного режима, поэтому сезонные миграции карбонатов, связанные с режимом углекислоты, обуславливают довольно устойчивое положение карбонатного горизонта под гумусовым.

Уже было сказано о разнообразных формах выделения карбонатов, а вот их обилие в почвенной толще обычно связывают с карбонатностью самих материнских пород.

Такие учёные как С.С. Неуструев, Б.Б. Польшов и Л.С. Берг и считали, что карбонатность материнских пород является следствием почвообразовательного процесса в данных природных условиях [10]. Заметное воздействие на генезис серых лесостепных почв оказывает интенсивный биологический круговорот, характерный для травянистых лесных фитоценозов. Верхние горизонты аккумулируют магний, кальций и другие зольные элементы, однако этот процесс климатогенного выноса оснований не компенсируется полностью, с инфильтрацией в почвенную

толщу атмосферных осадков, поэтому верхний горизонт почв имеет слабокислую реакцию и глубоко выщелоченный от карбонатов профиль.

Генезис данных почв в значительной степени определяется такими процессами как: передвижение и преобразование в почвенном профиле водорастворимых минеральных солей. Ранее уже говорилось о том, что данные почвы существуют в условиях периодически-промывного водного режима, обычно глубина инфильтрации составляет порядка двух метров. В связи с этим, верхняя часть профиля лишается водорастворимых солей, а в нижних горизонтах формируются иллювиальные. Для серых лесостепных почв это карбонатный горизонт. В его происхождении участвуют не только биогенный карбонат кальция, но и карбонаты, унаследованные почвой от материнской породы. Многие исследователи полагают, что количество содержащихся в почвенной толще карбонатов напрямую зависит от степени карбонатности подстилающей породы [9].

Также следует отметить, что «карбонатный профиль» и «карбонатный горизонт» не являются синонимами. Аккумулятивно-карбонатный горизонт является составной частью карбонатного почвенного профиля, включённой в его аккумулятивную зону. Он сформировался в результате закономерного перераспределения карбонатов и их концентрации в почвенной толще, в той части, где наиболее выражен градиент влажности. Карбонатный горизонт непосредственно связан с особенностями сезонной миграции поступающей влаги и динамикой двуокиси углерода в почвенном воздухе, поэтому его нельзя рассматривать как процесс простого выщелачивания карбонатов.

Необходимо подчеркнуть, что глубина вскипания от соляной кислоты в некоторых случаях может совпадать с верхней границей горизонта, но чаще обозначает миграционную зону с меньшим количеством карбонатов, по сравнению с карбонатным горизонтом.

Из этого следует, что карбонатные профиль и горизонт представляют собой материализованное отражение элементарных почвообразовательных процессов: гидротермического и газового режимов, что связывают

морфогенетический профиль почвы со спецификой природных климатических и почвенных условий [21].

Несмотря на широкую распространённость микроформ карбонатов в почвах, они ещё сравнительно мало изучены. Неуверенность в разделении породных и почвенных форм карбоната кальция сохраняется, хотя исследователями и было описано достаточно случаев перекристаллизации породного или обломочного кальцита.

Учёными Е.И. Парфеновой и Е.А. Яриловой [35] были определены интервалы значений водородного показателя рН, при котором в почвах происходит образование вариантов карбонатных минералов. Игольчатый кальцит, или люблинит, кристаллизуется при низкой минерализации растворов и значениях рН в пределах 6,5-6,8. Он имеет характерный облик и встречается в нижних горизонтах с динамичным режимом карбонатно-бикарбонатного равновесия, что применимо и к серым лесостепным почвам.

Тенденция уменьшения размеров кристаллов пропорционально росту концентрации растворов и скорости осаждения характерна для процессов образования изометричных кристаллов кальцита. Различного рода заполнения почвенных пор – поровые кутаны, несомненно, являются педогенными. Они широко распространены во всех почвах, в том числе исследуемых, с различным содержанием  $\text{CaCO}_3$ . Они имеют множество названий, разнообразны по формам, расположению и составу, и, являются прямыми показателями перемещений карбонатных растворов по почвенному профилю. Часто карбонатные новообразования содержат примеси компонентов плазмы: глины, гипса или магнезия, гидроксидов железа; позволяющих судить о происхождении и процессах диагенеза (перерождения осадков в осадочную породу) [40].

Карбонатный профиль серых лесостепных почв сложный и динамичный. В верхней части профиля присутствует игольчатый кальцит, что свидетельствует о высокой интенсивности миграций карбонатов. Вертикальная зона в значительной мере совпадает с ареалом микрозернистого

кальцита, инкрустирующего поры, часть которых может быть заполнена, в нижней части профиля увеличивается количество микрозернистого кальцита. В карбонатном горизонте рассеяны микрозоны высокой концентрации микрокристаллического кальцита, это можно опознать по присутствию в почвенной толще карбонатных конкреций: пятен, белоглазки [10]. Карбонаты остро реагируют на поведение влаги в почвенном профиле, они многократно растворяются, переносятся вместе с почвенными растворами, и, осаждаваясь, кристаллизуются. В зависимости от концентрации почвенного раствора и формируются карбонатные новообразования, которые впоследствии аккумулируются в определённых почвенных горизонтах. Глубина вскипания от соляной кислоты является весьма мобильным показателем, изменяющимся в широких пределах [23].

Процесс промывки и отложения карбонатов получил название карбонатно-иллювиального. Карбонаты аккумулируются на среднемноголетней глубине промачивания почв (в основном весеннего, после снеготаяния). Вымываются, в первую очередь, мелкодисперсные карбонаты [5].

Явления выщелачивания легкорастворимых солей и карбонатов в серых лесостепных почвах предшествуют лессивированию или происходят одновременно вместе с ним. Выносу солей способствует хорошая фильтрационная способность данных почв и периодическое промачивание почвенно-грунтовой толщи на значительную глубину. Интенсивному выщелачиванию подвергаются карбонаты кальция, обусловлено это формированием почв Среднерусской лесостепи на преимущественно карбонатных отложениях, содержащих в среднем 8-10 процентов  $\text{CaCO}_3$  [22].

Карбонатный профиль почв южной лесостепи характеризуется следующими чертами: линия вскипания от  $\text{HCl}$  располагается у нижней границы иллювиально-оглиенного горизонта, где главной формой выделения карбонатов является плесень и псевдомицелий; максимальное количество карбонатов сосредоточено в слоях на глубине 140-200 см. В зоне наибольшего

скопления карбонатов основной формой их выделения являются журавчики, а также плесень и мучнистые скопления. Степень выщелоченности  $\text{CaCO}_3$  существенно влияет на реакцию среды, насыщенность почв основаниями и развитие процесса перемещения глины без разрушения [2].

Карбонатный профиль серых лесостепных почв можно считать одним из основных генетических признаков данной почвы, и изменение карбонатно-кальциевого режима может являться признаком трансформации данной почвы. Общей закономерностью поведения карбонатов в почвенном профиле является почти равномерное их распределение в верхней части, резкое возрастание их содержания на границе карбонатно-иллювиального горизонта и вновь относительно равномерное распределение в карбонатной толще. Исходя из этого карбонатный профиль можно разделить на три основных составляющих, характеризующихся различным градиентом изменения содержания карбонатов с глубиной: верхний горизонт – обеднённый, горизонт выщелачивания с минимальным содержанием и величиной градиента изменения содержания  $\text{CaCO}_3$ , средний – зона интенсивного накопления с максимальным градиентом, нижний горизонт – относительно равномерное накопление с небольшим, слабо изменяющимся градиентом содержания карбонатов.

Е.А. Афанасьевой [1] было подчёркнуто, что карбонатный профиль данных почв не консервативное статическое образование, а весьма динамичное образование, изменяющиеся как во времени, так и в пространстве. Форма карбонатного профиля, характер распределения в нём карбонатов, его пространственная изменчивость, а также их сезонная и годовая динамика в значительной степени определяются не только газовым и температурным, но и водным режимом этих почв [3].

## 4.2. Анализ карбонатных профилей

Для определения закономерности агрогенных изменений карбонатных профилей в изученных почвенных катенах были построены карбонатные профили (рис.4.1-4.6).

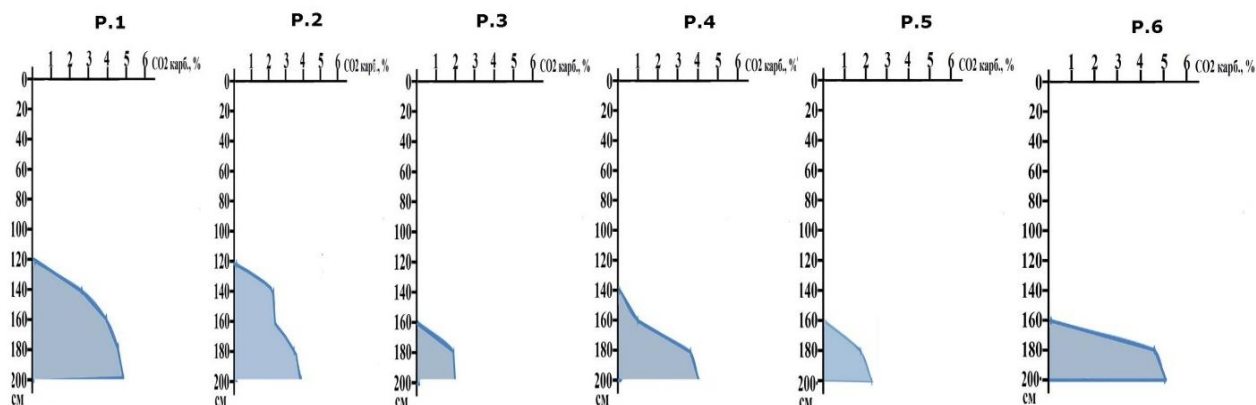


рис.4.1. Содержание карбонатов в разрезе ББЛс (Белгородская обл., с. Батрацкая Дача, лес северной экспозиции)

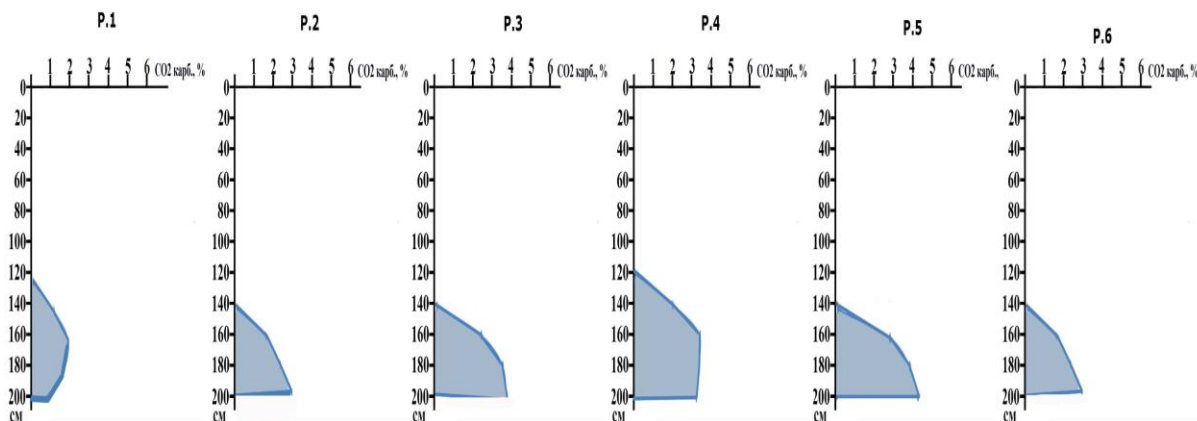


Рис. 4.2. Содержание карбонатов в разрезе ББМс (Белгородская обл., с. Батрацкая Дача, молодая пашня северной экспозиции)

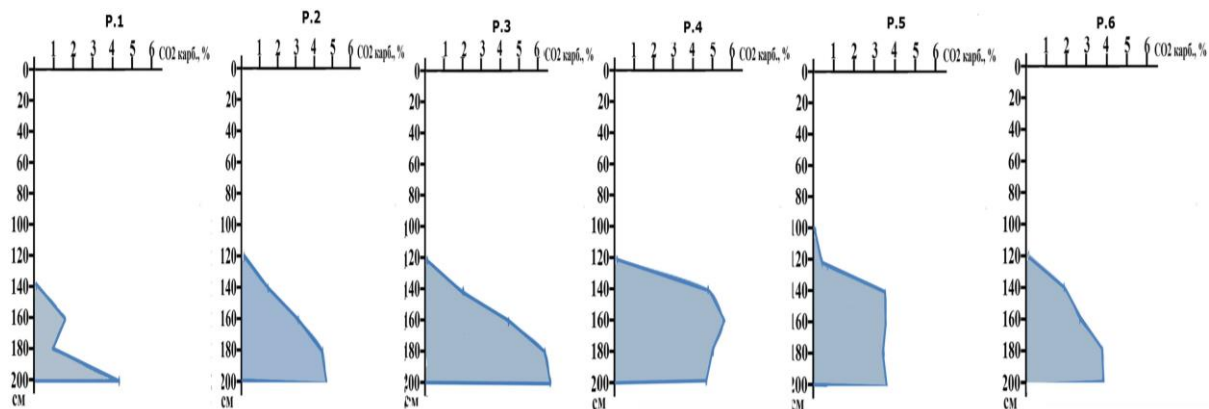


Рис. 4.3. Содержание карбонатов в разрезе ББСс (Белгородская обл., с. Батрацкая Дача, старая пашня северной экспозиции)

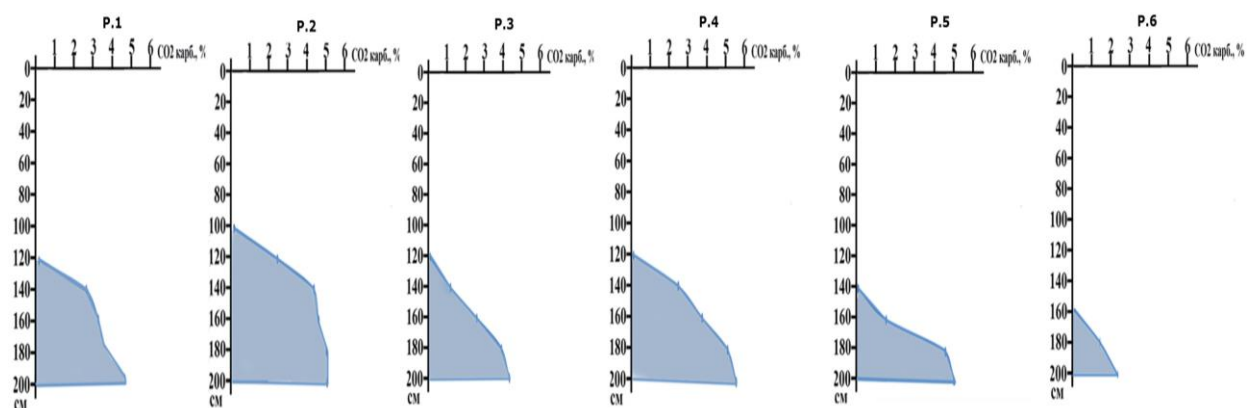


Рис. 4.4. Содержание карбонатов в разрезе ББЛю (Белгородская обл., с. Батрацкая Дача, лес южной экспозиции)



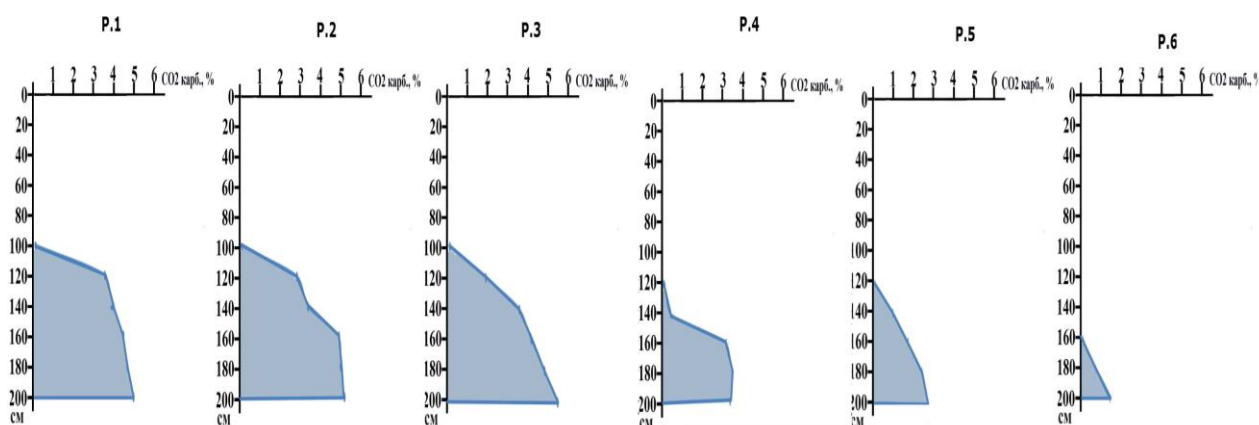


Рис. 4.5. Содержание карбонатов в разрезе БМЮ (Белгородская обл., с. Батрацкая Дача, молодая пашня южной экспозиции)

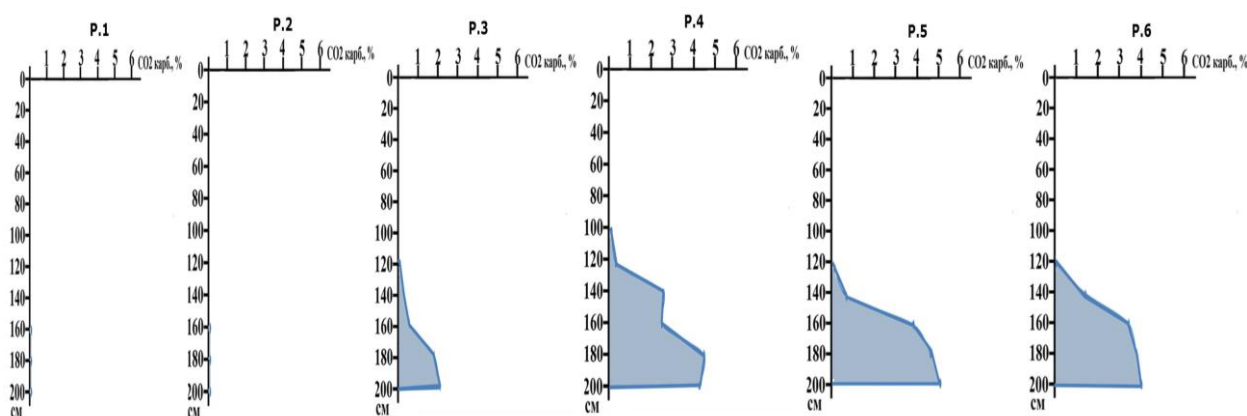


Рис. 4.6. Содержание карбонатов в разрезе в ББСю (Белгородская обл., с. Батрацкая Дача, старая пашня южной экспозиции)

Как видно из построенных графиков распределения карбонатов в почве можно отметить, что содержание карбонатов в катенах южных экспозиций больше, чем в северных 4.5% против 3.5%, за исключением, южной экспозиции старой пашни (Рис. 4.6. ББСю). Также заметна тенденция на уменьшение содержания карбонатов при движении вниз по склону.

Показатель глубины вскипания имеет приблизительное значение для характеристики карбонатных профилей, важнее учитывать характер рельефа и климата, что наиболее ясно отражает вертикальное распределение карбонатов в почвенной толще, виды карбонатных новообразований и закономерности их смены. Наиболее динамичными по изменению морфологии карбонатных

образований являются катены северной экспозиции, особенно срединные разрезы.

Изменения в составе карбонатных аккумуляций отражают не только смену рельефа и почвенно-климатических условий при изменении природных условий (смена леса пашней), следует также учитывать и антропогенные факторы. Возраст распашки определяет длительность формирования почв в новом климатическом режиме, а это непосредственно влияет на почвообразовательный процесс и формирование карбонатных профилей в целом [42].

Профиль содержания карбонатов в старой пашне показывает, что в старой пашне северной экспозиции гораздо раньше уже с глубины 100-120 см появляются карбонаты. А в катене под лесом северной экспозиции профиль расположен ниже и начинается с 120-160.

Данные графиков позволяют судить о том, что в процессе освоения содержание карбонатов в профилях серых лесостепных почв катен 150 лет распашки увеличивается, в сравнении, с катеной под лесом и молодой пашней 100 лет распашки.

Самое высокое содержание карбонатов в профиле серых лесостепных почв наблюдается на катенах ББМс молодой пашне 100 лет распашки и ББЛс фоновом участке под лесом, не распаханый человеком.

Анализируя полученные результаты можно сделать вывод о том, что в процессе земледельческого освоения серых лесостепных почв в них происходит изменение карбонатного профиля.

## Глава 5. Общие особенности пространственно-временных изменений изученных почвенных показателей в катенах контрастных экспозиций

Согласно существующим представлениям, pH почвы зависит от содержания карбонатов [45], поэтому мы построили корреляционное поле линии тренда почвенных катен в разных ландшафтных условиях (рис.5.1-5.3).

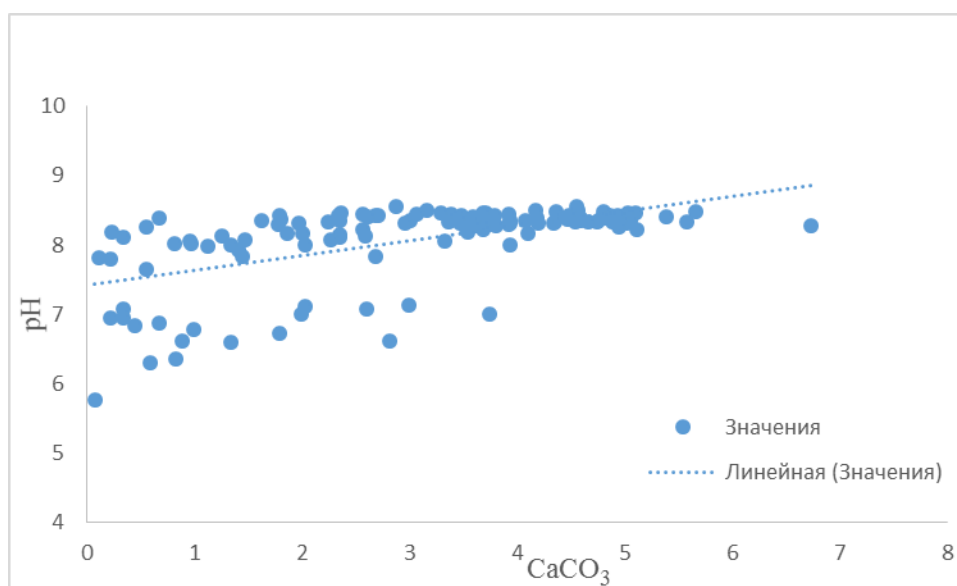


Рис. 5.1 Корреляционное поле точек и линия тренда зависимости  $\text{CaCO}_3$  и pH для всего массива данных.

На рисунке 5.1 представлена зависимость для всего массива данных изученных катен. Рисунок позволяет предположить наличие слабой прямой связи между содержанием карбонатов и pH.

В связи с этим мы рассчитали коэффициент корреляции указанной связи. Он равен 0,58, объем выборки ( $n=129$ ) был достаточен, чтобы утверждать достоверность обнаруженной связи.

Расчет коэффициента детерминации показал, что с вероятностью 95% можно утверждать, что 34% варьирования pH обусловлено варьированием содержания карбонатов.

Мы провели самостоятельное построение и расчеты для склонов разных экспозиций (рис. 5.2-5.3), в которых анализировали верхнюю часть профиля рН до глубины 110 см.

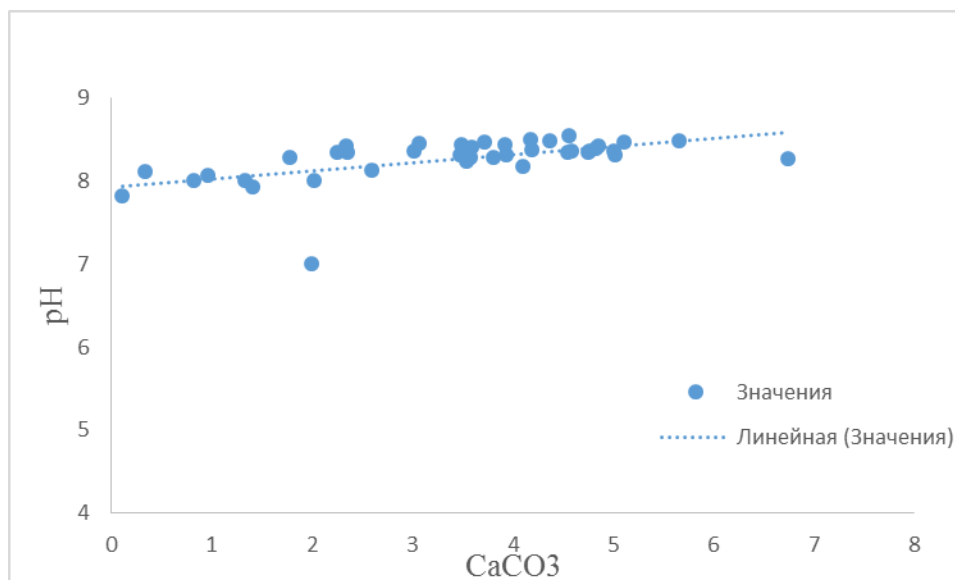


Рис. 5.2. Корреляционное поле точек и линия тренда зависимости  $\text{CaCO}_3$  и рН для северных экспозиций.

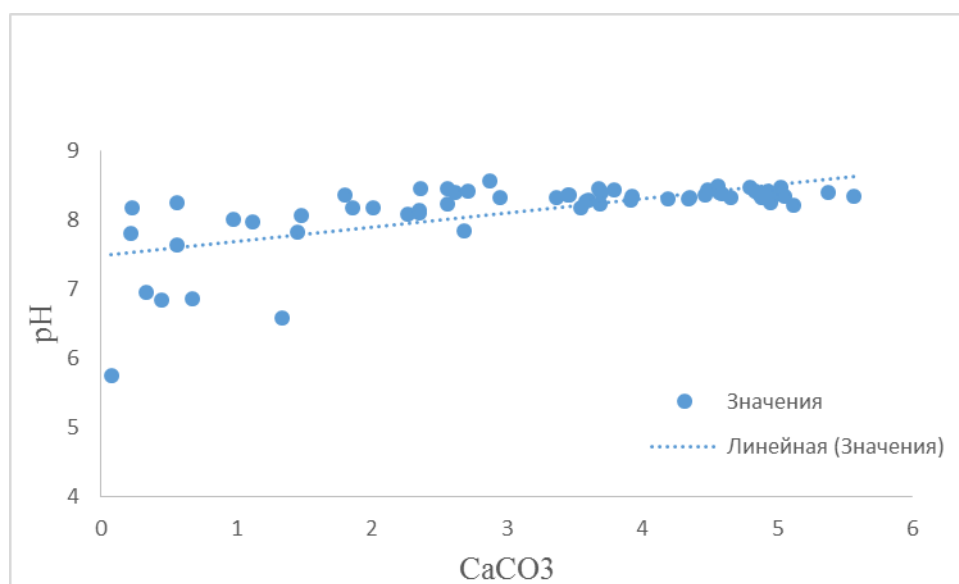


Рис. 5.3. Корреляционное поле точек и линия тренда зависимости  $\text{CaCO}_3$  и рН для южных экспозиций.

На склонах северных катен разных возрастов распашки и фоновой катены установлена слабая прямая связь между содержанием карбонатов и

значением рН. Ккор. равняется 0.58. Расчет коэффициента детерминации показал, что результаты на склоне северной экспозиции полностью идентичны общему массиву данных изученных катен т.е. с вероятностью 95% можно утверждать 34% варьирования рН обусловлено варьированием содержания карбонатов

На склонах катен южных экспозиций установлена слабая прямая связь между содержанием карбонатов и значением рН. Ккор. равняется 0.65. Расчет коэффициента детерминации показал, что с вероятностью 95% можно утверждать, что 41% варьирования рН обусловлено варьированием содержания карбонатов.

Также были проведены аналогичные расчеты для определения зависимости  $\text{CaCO}_3$  и рН солевой вытяжки, которые показали практически аналогичные результаты, поэтому здесь не обсуждаются.

Для оценки пространственно-временных изменений свойств почв мы провели оценку достоверности результатов между средними по критерию НСР. НСР (наименьшая существенная разница) - это наименьшая разница между средними значениями при превышении которой разница между этими значениями считается статистически значимой.

Таблица 5.1

**Основные статистические параметры исследуемых катен по значению рН на склонах контрастных экспозиций**

Название катены	Объем выборки	$\bar{x}_{\text{ср.}}$	V, %
1	2	3	4
Лес на склоне северной экспозиции	56	6,62	3
Молодая пашня на склоне северной экспозиции	48	6,66	13
Старая пашня на склоне северной экспозиции	56	6,83	7

1	2	3	4
Лес на склоне южной экспозиции	40	6,61	8
Молодая пашня на склоне южной экспозиции	48	6,41	10
Старая пашня на склоне южной экспозиции	40	6,56	8

Исходя из данных этой таблицы, мы можем заметить тенденцию на увеличение вариации в катенах северных и южных экспозиций молодой пашни (с возрастом распашки 100 лет), а затем ее снижение в старой пашне (с возрастом распашки 150 лет).

На склонах северных экспозиций неоднородность показателей рН при переходе от леса к молодой пашне (с возрастом распашки 100 лет) усиливается, а затем к старой пашне (с возрастом распашки 150 лет) снижается. На склонах катен южных экспозиций все более или менее однородно.

В таблице 5.2 мы приводим оценку различий между средними значениями рН для определения достоверности (недостоверности) выводов.

Таблица 5.2

### Оценка достоверности различий между средними значениями рН по критерию НСР

Сравнительный показатель	$X_{\text{ср.}}$	НСР	d(разница между средними величинами рН)	Вывод
1	2	3	4	5
Лес на склоне северной экспозиции Молодая пашня на склоне северной экспозиции	6,62 6,66	0,26	0,004	недостоверно

1	2	3	4	5
Лес на склоне северной экспозиции Старая пашня на склоне северной экспозиции	6,62 6,83	0,14	0,21	достоверно
Молодая пашня на склоне северной экспозиции Старая пашня на склоне северной экспозиции	6,66 6,83	0,09	0,17	достоверно
Лес на склоне южной экспозиции Молодая пашня на склоне южной экспозиции	6,61 6,41	0,24	0,20	недостоверно
Лес на склоне южной экспозиции Старая пашня на склоне южной экспозиции	6,61 6,56	0,24	0,05	недостоверно
Молодая пашня на склоне южной экспозиции Старая пашня на склоне южной экспозиции	6,41 6,56	0,24	0,15	недостоверно

Исходя из средних значений рН, мы предположили следующий закономерности:

1. На склонах северных экспозиций длительная распашка сопровождается нарастанием щелочной реакции.
2. На склонах южных экспозиций распашка ведет вначале небольшому подкислению, а затем вновь начинается рост рН.
3. Наблюдается слабая прямая связь между содержанием карбонатов и значением рН, следовательно, чем выше содержание карбонатов, тем выше значение рН.

Исходя из этих гипотез, мы провели анализ по критерию НСР, который показал, что достаточными являются различия в рН почв на склоне северной экспозиции между лесом и старой пашней (с возрастом распашки 150 лет), а

также молодой (с возрастом распашки 100 лет) и старой (с возрастом распашки 150 лет). Следовательно, действительно происходит подщелачивание почвенных профилей, но для его проявления необходим большой промежуток времени.

Данные различий на склонах южных экспозиций недостоверны, поэтому о тенденции говорить преждевременно.



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Расположение региона на границе лесостепной и степной зон Европейской части России придаёт специфическую особенность почвенному покрову его территории и предопределяет необходимость особого подхода ко многим вопросам, связанным с химизацией земледелия. Сельскохозяйственное использование лесных почв существенно влияет на кислотность и содержание карбонатов, а также на состав гумуса и другие физико-химические показатели.

В эпоху научно-технического процесса с нарастающей интенсивностью стали действовать на почвы такие антропогенные факторы, как широкая химизация, загрязнение почв промышленными выбросами и пестицидами, разрушение земель при добыче полезных ископаемых и строительных работах, повсеместная распашка и рекультивация земель. Эта проблема не нова, но до последнего времени воздействие антропогенных факторов на почвы изучалось преимущественно с агротехнических позиций. Эволюционно-генетическим аспектам этой проблемы уделяется недостаточное внимание [11].

Смена лесных агроценозов влияет на водный, воздушный и тепловой режимы почвы. Но в течение вегетации иссушение почв происходит более интенсивно под лесным биогеоценозом, а также изменяются температурные колебания по сезонам года, менее выражены под лесным биогеоценозом [17]. Таким образом, лишь одна смена лесной растительности существенно на культурную существенно изменяет характер и направление почвообразования. Интенсивность этих изменений усиливается агротехническими и мелиоративными приемами.

Обработка почв приводит к нарушению строения профиля, перемешиванию почвенной массы горизонта А и созданию однородного по составу пахотного горизонта. Длительная сельскохозяйственное

использование серых лесных почв усиливает развитие эрозионных процессов, что приводит к разной степени смытых и намытых почв [30].

Полученные результаты в ходе проведенного исследования позволяют сделать вывод:

1. В процессе агротехногенной эволюции на микроуровне в профилях серых лесостепных почв происходят значительные изменения микростроения, вызванные дифференциацией процессов и признаков, затрагивающих весь почвенный профиль, в большей степени - пахотный горизонт. Кроме того, выделяют и трендовые почвообразовательные процессы: иллювирование гумуса, агролессиваж, подщелачивание нижней части почвенных профилей, что протекают в течение всего периода распашки серых лесостепных почв [43].

2. Серые лесостепные почвы имеют ряд трансформационных черт, что появились в результате агротехногенной эволюции, что в первую очередь связано с распашкой: разрушение почвенного материала в процессе механической обработки, т.е. дезагрегация; интенсивная минерализация гумусовых веществ и развитие процессов поверхностной деградации в результате обнажения поверхности почвы; вспашка почв приводит к разрушению водопрочных агрегатов, существенным потерям органического вещества.

3. В пахотных почвах происходит слабое подщелачивание, которое усиливается в нижней части профиля. Вниз по склону кислотность почвы повышается в независимости от экспозиции склона и времени распашки, что, возможно, объясняется перемещением вниз по склону свободных органических и минеральных кислот, которые приводят к выщелачиванию кальция.

4. В процессе земледельческого освоения серых лесостепных почв в них происходит существенная перестройка карбонатного профиля. Уровень содержания карбонатов несколько поднимается. Выявлено увеличение содержания карбонатов в почвенном профиле распаханых почв.

5. Происходит подщелачивание почвенных профилей на склоне северной экспозиции между лесом и старой пашней (с возрастом распашки 150 лет), а также молодой (с возрастом распашки 100 лет) и старой (с возрастом распашки 150 лет), но для его проявления необходим большой промежуток времени. Данные различий на склонах южных экспозиций недостоверны, поэтому о тенденции говорить преждевременно. Наблюдается слабая прямая связь между содержанием карбонатов и значением рН, следовательно, чем выше содержание карбонатов, тем выше значение рН.

Для улучшения агрофизических свойств, защиты от эрозии и повышения плодородия серых лесных почв необходимо строгое соблюдение правил агротехники, внедрение правильных, в том числе почвозащитных, севооборотов, известкование, применение органических и минеральных удобрений с учетом кислотности, буферности, сбережение и рациональное использование осенне-зимних и весенне-летних осадков, Главным условием должно стать их рациональное освоение с применением приёмов по их улучшению, соответствующих природным условиям их образования и особенностями серых лесостепных почв [16].

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Афанасьева, Е.А. Черноземы среднерусской возвышенности / Е.А. Арманд. – Москва: Изд. «Наука», 1966. – 154 с.
2. Ахтырцев, Б.П. Серые лесные почвы Центральной России / Б.П. Ахтырцев. – Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 1979. – 233 с.
3. Безуглова, О.С. Биогеохимия: учебник для вузов / О. С. Безуглова, Д. С. Орлов. - Ростов-на-Дону: Феникс, 2000. - 320 с.
4. Березин Л.В. Лесное почвоведение: учеб. пособие / Л.В. Березин, Л.О. Карпачевский. – Омск: Изд-во ФГОУ ВПО ОмГАУ, 2009. – 360 с.
5. Бобровский, М. В. Лесные почвы Европейской России: биотические и антропогенные факторы формирования / М. В. Бобровский. – Москва: Товарищество научных изданий КМК, 2010. – 359 с.
6. Богатырев, Л.Г. Почвоведение Том 2 / Л.Г. Богатырев. – М.: Высшая школа, 1988. – 368 с.
7. Вальков, В. Ф. Экологическое почвоведение / В.Ф. Вильков. – Краснодар: КГАУ. – 2004. – 204 с.
8. Галимская, К.К. География Белгородской земли / К.К. Галимская, Л.И. Родникова. – Воронеж: Центр. – Чернозем. кн. изд-во, 1986. – 111 с.
9. Геннадиев, А.Н. География почв с основами почвоведения. / А.Н. Геннадиев, М.А. Глазовская // серия «Классический университетский учебник». – М.: Высш. шк. –2005. – 461 с.
10. Герасимова, М.И. Микроморфология почв природных зон СССР / М.И. Герасимова, С.В. Губин, С.А. Шоба. – Пущино, 1992. – 216 с.
11. Глазовская, М.А. Почвы мира / М.А. Глазовская. – М.: Изд-во МГУ, –1972. – 232 с.
12. Добровольский, Г.В. География почв: учебник для вузов / Г. В. Добровольский, И. С. Урусевская. – М.: МГУ, –1984. - 416 с.
13. Драган, Н. А. Мониторинг и охрана почв. / Н. А Драган // Учебное пособие. – Симферополь: Изд-во ТНУ. – 2008.

14. Дюшофур, Ф. Основы почвоведения; Эволюция почв: опыт изучения динамики почвообразования / Ф. Дюшофур; пер. с фр. М. И. Герасимовой. – М.: Прогресс, 1970. – 591
15. Зонн, С.В. Географо-генетические аспекты почвообразования, эволюции и охраны почв / С.В. Зонн, А.П. Травлеев. – Киев: «Наукова думка», 1989. – 216 с.
16. Карпачевский М.Л. Основы устойчивого лесопользования: учеб. пособие для вузов / М. Л. Карпачевский, В.К. Тепляков, Т.О. Яницкая, А. Ю. Ярошенко, Всемирный фонд дикой природы. – М.: Альянс, 2009. –143 с.
17. Ковда В.А., Розанов Б.Г. Почвоведение / Б.Г. Розанов, В.А. Ковда. - М.- высшая школа экономики, 1988. - 234 с.
18. Ковда, В.А. Основы учения о почвах. Общая теория почвообразовательного процесса. Книга первая / В.А. Ковда. – М.: Наука, 1973. – 448 с.
19. Ковда, В.А. Почвенные ресурсы СССР, их использование и восстановление / В.А. Ковда, Я.А. Пачепский // Доклад к VIII Всесоюзному съезду почвоведов (14-21 августа 1989 г., Новосибирск). Пушкино, 1989. - 35 с.
20. Ковриго, В.П. Почвоведение с основами геологии. / В.П. Ковриго, И.С. Кауричев, Л.М. Бурлакова – М.: Колос, 2000. - 416с.
21. Корнейко, Н. И. Агрохимическое состояние пахотных почв Белгородской области //Успехи современного естествознания. – 2014. – №. 9-2.
22. Корнейко, Н. И., Поддубный А. С. Программа известкования кислых почв в Белгородской области //Достижения науки и техники АПК. – 2012. – №. 12.
23. Кречетов, Павел Петрович.Химия почв. Техника лабораторных работ: учебное пособие / П. П. Кречетов, Т. М. Дианова; под ред. Н. С. Касимова; Московский гос. ун-т им. М. В. Ломоносова. - Москва: Географический факультет МГУ, 2010. - 115, с

24. Кухарук, Н.С. Микроморфологические особенности органического вещества при агрогенной трансформации почв лесостепной зоны / Н.С. Кухарук, Ю.Г. Чендев, А.Н. Петин // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. №15 (110). Выпуск 16, 2011. – С. 168-179.

25. Лебедева, И.И. Гумусовые и карбонатные аккумуляции как диагностические критерии в чернозёмах Восточной Европы / И.И. Лебедева // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. Вып. 68. – 2011. – 12 с.

26. Лукин, С. В., Верютина О. С., Корниенко Н. И. Агроэкологическое состояние пахотных почв степной зоны Белгородской области // Достижения науки и техники АПК. 2008. №6.

27. Мартынова, Н. А. Химия почв: органическое вещество почв: учеб.-метод. пособие //НА Мартынова. – 2011.

28. Марусова, Е.А. Влияние природных и антропогенных факторов на свойства пахотных серых лесных почв южного Подмосковья. //Автореферат канд. дисс.: – М., МГУ, 2005. –23 с.

29. Матюк, Н. С. и др. Экологическое земледелие с основами почвоведения и агрохимии: учебник [Электронный ресурс] //М.: Изд-во РГАУ-МСХА имени КА Тимирязева. – 2011.

30. Овечкин, С.В. Карбонатный профиль и режим влажности миграционно-мицелярных черноземов разных экосистем Курской области / С.В. Овечкин, Г.С. Базыкина // Почвоведение, №12. – М.: «Наука», 2011. – С. 1475 – 1486

31. Перельман, А. И., Касимов Н. С. Геохимия ландшафта: Учебное пособие. Издание 3-е, переработанное и дополненное //М.: Астрейя-2000. – 1999.

32. Почвоведение. Учебник по специальности 250202 «Лесное и лесопарковое хозяйство» для среднего и профессионального образования. Под общей редакцией д.с.-х. наук, член-корр. РАСХН М.-Издательский дом «Лесная промышленность» -2006. 272 ар.

33. Почвоведение: [учебник по специальностям "Лесное и лесопарковое хозяйство" и др.] / Б. Ф. Апарин. - Москва: Академия, 2012. - 252.
34. Розанов, Б.Г. Морфология почв: Учебник для высшей школы. — М.: Академический Проект, 2004. — 432
35. Руководство к микроморфологическим исследованиям в почвоведении: монография / Е.И. Парфенова, Е.А. Ярилова; Ред. М.А. Глазовская; АН СССР, Институт агрохимии и почвоведения. - М.: Наука, 1977. - 200 с.
36. Сигнаевский, Р. К., Иванов Н. А. Изменение серых лесных почв при сельскохозяйственном использовании //Серые лесные почвы Предуралья и их рациональное использование. Свердловск. – 1982. – С. 91-102.
37. Соколова, Т. А., Толпешта И. И., Трофимов С. Я. Учебное пособие по некоторым главам курса химии почв. Тула: Гриф и К, 2007. - 96 с
38. 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
39. Учеб. пособие для студентов высших учебных заведений. - Под общ. ред. Белоброва В.П. - М.: Академия, 2004. - 352 с
40. Хохлова, О. С. и др. карбонатный пул педогенного углерода при разных типах и длительности использования пашни в среднерусской лесостепи //почвоведение. – 2013. – №. 5. – с. 583.
41. Чендев, Ю. Г. и др. Антропогенная эволюция серых лесостепных почв южной части среднерусской возвышенности //Почвоведение. – 2011. – №. 1. – С. 3-15.
42. Чендев, Ю.Г. Антропогенная эволюция серых лесостепных почв южной части Среднерусской возвышенности / Ю.Г. Чендев, А.Л. Александровский, О.С. Хохлова и др. // Почвоведение, №1. – М.: «Наука», 2011. – С. 1-13
43. Чендев, Ю.Г. Эволюция лесостепных почв Среднерусской возвышенности в голоцене / Ю.Г. Чендев. – Москва: ГЕОС, 2008. – 212 с.

44. Шарипова, Р. Б. Влияние изменений климата Ульяновской области на кислотность почв // Пермский аграрный вестник. 2015. №10.

45. Щеглов, Д.И. Черноземы центра Русской равнины и их эволюция под влиянием естественных и антропогенных факторов / Д.И. Щеглов. – Москва: Издательство «Наука», 1999. – 214с.

46. Экологические факторы и свойства почв склонов ЦЧР: [коллективная монография]: в 2 ч. / [Е. П. Проценко и др.; под ред. Е. П. Проценко]; Курский гос. ун-т. - Курск: КГУ, 2009-. - 20 см.

47. Элементарные почвообразовательные процессы: Опыт концептуального анализа, характеристика, систематика. – М.: Наука, 1992. – 184 с.



## **Приложение**