

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

**ФАКУЛЬТЕТ ГОРНОГО ДЕЛА И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ**

**Кафедра географии, геоэкологии и безопасности жизнедеятельности**

**ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЧВ  
ОПЫТНОГО УЧАСТКА ФГБНУ «БЕЛГОРОДСКИЙ НИИСХ»**

**Выпускная квалификационная работа**

**студентки очной формы обучения  
направления подготовки 05.03.02 География  
4 курса группы 81001202  
Гаджикеримовой Анжелы Гаджикеримовны**

Научный руководитель:  
к.б.н., доц. Новых Л.Л.

**БЕЛГОРОД 2016**

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
ГЛАВА I. МИКРОЭЛЕМЕНТЫ В ПОЧВАХ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ .....	6
1.1. Общая характеристика исследуемых микроэлементов .....	6
1.2. Содержание исследуемых микроэлементов в почвах Белгородской области .....	11
ГЛАВА II. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ .....	14
2.1. Общая характеристика исследуемого участка .....	14
2.2. Методы исследования .....	17
2.2.1. Полевой этап .....	17
2.2.2. Лабораторный этап .....	18
ГЛАВА III. ОСОБЕННОСТИ ПОЧВ ИССЛЕДУЕМОГО УЧАСТКА ....	22
3.1. Классификационная принадлежность почв .....	22
3.2. Педогеохимические особенности исследуемых почв .....	28
3.2.1. Накопление и рассеяние исследуемых элементов .....	29
3.2.2. Оценка загрязнения почв .....	33
3.2.3. Сопоставление концентраций исследуемых элементов с региональной фоновой концентрацией .....	35
3.2.4. Комплексный показатель суммарного загрязнения почв ....	37
3.2.5. Сравнение педогеохимической ситуации в различных ландшафтных условиях .....	39
3.3. Влияние свойств почв на их геохимические особенности .....	42
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	46
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	48

## ВВЕДЕНИЕ

Продовольственная безопасность страны базируется на высокоэффективных системах земледелия, главным звеном которых являются почвы [55]. Негативным побочным результатом сельскохозяйственной деятельности человека является загрязнение окружающей среды. Почвы Белгородской области испытывают на себе большую нагрузку: согласно «Докладу о состоянии и использовании земель Белгородской области за 2012 год» [23], сельскохозяйственные угодья занимают 96,0% в структуре земель сельхозпредприятий, организаций и граждан, в том числе 79,5% – это пашни. Особенностью региона является то, что 72% от общей площади занимает склоновый тип рельефа [54]. Указанные причины способствуют усилению эрозионных процессов, в связи с чем может произойти изменение мощности генетических горизонтов или появление ареалов иных почв, что способствует усилению неоднородности почвенного покрова.

На сегодняшний день достаточно хорошо изучено загрязнение почв микроэлементами, называемыми “тяжелыми металлами”; в ряде источников рассмотрены их биогеохимия, бионакопление, влияние на экологию и здоровье человека, загрязнение почв в разных регионах земного шара [58,9,63]. В то же время о характере загрязнения почв тяжелыми щелочноземельными металлами (Sr, Ba) известно мало, что связано с трудностью их диагностики [52]. В последние годы появились работы, посвященные закономерностям распределения микроэлементов в почвах Белгородской области [37]. При этом авторы рассматривают только пахотный слой почв. Актуальность данной работы заключается в том, что вопросы геохимической специфики почв и ее изменения в ходе активного сельскохозяйственного освоения необходимо изучать по всему почвенному профилю вплоть до материнской породы.

Цель исследования – изучение эколого-геохимических особенностей почв при активной сельскохозяйственной деятельности в условиях склонового рельефа.

В ходе проведенных исследований были изучены особенности распределения следующих металлов: Mn, Cu, Pb, Zn, Cr, Ba и Sr. Выбор элементов обусловлен тем, что при интенсивном атмосферном рассеивании загрязняющих веществ и их значительной концентрации в почве, особое внимание следует уделить именно тяжелым металлам, так как они активно участвуют в биологических процессах [11].

Для достижения цели решались следующие задачи:

1. Дать общую характеристику исследуемых микроэлементов и рассмотреть их содержание в почвах Белгородской области;
2. В ходе экспедиционного этапа исследований отобрать почвенные образцы для последующего изучения, в лабораторных условиях провести рентгенофлуоресцентный анализ, определить гранулометрический состав почв, содержание в них гумуса и pH;
3. Данные элементного состава почв сопоставить с кларком почв, ПДК, ОДК и региональной фоновой концентрацией и дать оценку степени загрязнения почв исследуемой территории.

Объект исследования – почвы опытного участка по изучению контурно-мелиоративной системы земледелия ФГБНУ “Белгородский НИИСХ”; предмет – загрязнение почв. Методы, использованные в работе, – научно-поисковый, описание, измерение, сравнительный анализ, математико-статистический.

Апробация работы включала представление материалов на следующих конференциях:

1. Международная научная конференция XVIII Докучаевские Молодежные чтения «Деградация почв и продовольственная безопасность России», г. Санкт-Петербург, 2-5 марта 2015 г.

2. III Международная научная конференция «Геоэкология и рациональное недропользование: от науки к практике», секция: «Региональные геоэкологические проблемы», г. Белгород, 6-10 апреля 2015 г.
3. XXII Международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов - 2015», секция: «Почвоведение», г. Москва, 13-17 апреля 2015 г.
4. Международная научно-практическая конференция «Современные ландшафтные исследования в контексте оптимизации рационального природопользования», г. Курск, 7-9 октября 2015 г.
5. VI Международная научная конференция «Проблемы природопользования и экологическая ситуация в Европейской России и сопредельных странах», г. Белгород, 12-16 октября 2015 г.
6. Международная научно-практическая конференция «Современные научные исследования: исторический опыт и инновации» (Якаевские чтения), г. Краснодар, 10-11 февраля 2016 г.
7. Международная научная конференция XIX Докучаевские Молодежные чтения «Почва – зеркало ландшафта», г. Санкт-Петербург, 1-4 марта 2016 г.
8. Международная конференция Фрайбергской горной академии, г. Фрайберг, Германия, 12-16 июня 2016 г.

По итогам работы конференций опубликовано несколько тезисов [12,13,15] и статей [14,42,43,8,65]. Исследовательская работа, представленная в 2015 году на XXII Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов - 2015» в секции «Почвоведение» была отмечена грамотой за лучший доклад.

Работа выполнена в 2014-2016 гг. на кафедре географии, геоэкологии и безопасности жизнедеятельности НИУ «БелГУ», полевой этап проводился в 2014 году на опытном участке ФГБНУ «Белгородский НИИСХ». Работа базируется на анализе 70 источников информации, в том числе 12 из них – на иностранных языках.

## ГЛАВА I. МИКРОЭЛЕМЕНТЫ В ПОЧВАХ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

### 1.1. Общая характеристика исследуемых микроэлементов

Изучение загрязнения почв сельскохозяйственных угодий является очень важной задачей, ведь «именно на сельскохозяйственных почвах выращивается загрязненная продукция, отравляющая животных и человека» [11, с.56]. Все исследованные нами элементы (Mn, Cu, Pb, Zn, Cr, Ba и Sr) были выбраны с учетом их важной биологической роли в экосистемах и жизнедеятельности растений, животных и человека. По мнению Ю.Н. Водяницкого [11], изучение загрязнения почв тяжелыми металлами особенно важно, так как даже при очень низких концентрациях они оказывают токсическое действие.

В настоящее время встречается разделение тяжелых металлов на «классические тяжелые» – это Mn, Cu, Pb, Zn, Cr, «тяжелые щелочноземельные» – Ba и Sr и «тяжелые редкоземельные» – Y, La и Ce [52]. В нашем исследовании представлены классические тяжелые металлы и тяжелые щелочноземельные. Характер загрязнения почв тяжелыми щелочноземельными металлами изучен слабо, что обусловлено трудностью их диагностики [52].

Согласно геохимической классификации элементов, которая подразделяет их в зависимости от встречаемости в природе, все элементы земной коры можно разделить на пять групп:

- литофильные,
- халькофильные,
- сидерофильные,
- атмофильные,
- биофильные (табл. 1.1).

Согласно приведенной классификации, изучаемые элементы относятся к литофильным (Ba и Sr), халькофильным (Cu, Zn, Pb) и биофильным (Mn, Cu и Zn). Положение Cr в данной классификации не оговорено.

Таблица 1.1

## Геохимическая классификация элементов [25]

Литофильные	Li, Be, B, O, F, Na, Mg, Al, Si, Cl, K, Ca, Sc, Mn, V, Ge, Br, Rb, Sr, Y, Mo, I, Cs, Ba, La, Ln, Ac, Th, U.
Халькофильные	S, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, As, Se, Mo, Rh, Pd, Ag, Cd, In, Sb, Te, Hg, Tl, Pb, Bi.
Сидерофильные	C, P, Fe, Co, Ni, Ge, Mo, Ru, Rh, Pb, Sn, Ta, Re, Os, Ir, Pt, Au.
Атмофильные	H, C, N, O, He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn.
Биофильные	H, C, N, O, P, S, Na, Mg, K, Ca, V, Mn, Fe, Co, Cu, Zn, Mo, Cl, Br, I, F, Si.

В настоящее время при изучении геохимии элементов широко применяется классификация, предложенная В.М. Гольдшмидтом в 1924 году [5]. Ученый предполагал, что каждый элемент имеет склонность концентрироваться в одной из сред и разделил химические элементы на сидерофильные, литофильные, халькофильные и атмофильные. Другими словами, это классификация по наибольшему коэффициенту распределения элемента между четырьмя фазами. Рассмотрим названные группы элементов.

I. Атмофильные элементы – это элементы, характерные для атмосферы. К ним относятся инертные газы, азот и водород – 8 элементов. Кислород, слагающий около 50% массы всей литосферы и 90% ее объема, к числу атмофильных элементов не относится [5].

II. Литофильные элементы – это элементы, обладающие сродством к силикатным минералам и расплавам. Они составляют около 93 % массы земной коры и 97 % массы солевого состава океанической воды. К ним относятся Li, Be, B, C, O, F, Na, Mg, Al, Si, P, Cl, K, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Br, Rb, Sr, Zr, Nb, I, Cs, Ba, Hf, Ta, W, At, Fr, Ra, Ac, Th, Pa, U [5]. В нашем исследовании из данной группы присутствуют Mn, Cr, Ba и Sr.

Марганец (Mn) некоторые современные ученые [32] относят к сидерофильным элементам, однако, согласно классификации В.М. Гольдшмидта, он относится к литофильным элементам. Дело в том, что в почвообразовании роли железа и марганца близки. Железо и марганец активно вовлекаются в биологический круговорот, так как входят в состав многих ферментов. Железо участвует в образовании хлорофилла, его недостаток складывается на интенсивности процессов фотосинтеза. Марганец принимает участие в окислительно-восстановительных процессах: дыхании, фотосинтезе, в усвоении азота. У животных организмов и человека он входит в состав гемоглобина крови. Миграция названных элементов возможна и в составе живого вещества [25].

Марганец – это элемент, геохимию которого называют “парадоксальной”, так как процессы его концентрации, рассеяния, окисления и восстановления идут, казалось бы, вопреки законам термодинамики [57]. Этот элемент относится к группе мигрантов, подвижность которых зависит от окислительно-восстановительных свойств ландшафта [32]. Обычно он накапливается в верхнем слое почв, вследствие фиксации органическим веществом. Согласно классификации элементов по степени экологической опасности, принадлежит к малоопасным элементам (3 класс опасности) [32].

Хром (Cr), по мнению [61], создает высокую экологическую опасность загрязнения природных экосистем. Он принадлежит к группе редких металлов, поэтому колебания концентрации ведут к изменению химического баланса в окружающей среде, что влияет косвенно или непосредственно на здоровье человека. Некоторые авторы считают, что нет никакого риска загрязнения хромом в глобальном масштабе, но возможно местное превышение содержания хрома в почве, воде или атмосфере [69]. Хотя загрязнение хромом сильно влияет на биологическую активность почвы, он отсутствует в отечественном перечне опасных элементов [9]. Согласно классификации элементов по степени экологической опасности хром



относится к умеренно опасным элементам (2 класс опасности) и является малоподвижным.

Барий (Ba) – малоопасный элемент (относится к 3 классу опасности) [32]. Согласно [62], барий адсорбируется на глинистых частицах, поэтому можно ожидать повышение его концентрации в тяжелых по гранулометрическому составу почвах. Растворимость соединений бария зависит от кислотно-основных условий: с уменьшением pH она увеличивается.

Стронций (Sr) – малоопасный элемент (относится к 3 классу опасности), обладает хорошей миграционной способностью [32]. Содержание стронция (Sr) в почве и подпочве может варьировать в широких пределах [27a]. Часто содержание бария и стронция сравнивают, рассчитывая отношение Ba : Sr [19a].

III. Халькофильные элементы. Данный термин был предложен В.Ф. Гиллебрандтом в 1954 г. Он означает «любящие серу» [5]. Наиболее характерны соединения с серой, селеном и теллуrom. Некоторые элементы (особенно золото, серебро, частично ртуть, висмут, мышьяк) встречаются и в свободном виде. К числу 19 халькофильных (тиофильных) элементов относятся: S, Cu, Zn, Ga, Ge, As, Se, Ag, Cd, In, Sn, Sb, Te, Au, Hg, Tl, Pb, Bi, Po [5]. В нашем исследовании присутствуют Cu, Zn и Pb.

Медь (Cu) в почвах, как правило, аккумулируется в верхних горизонтах, что отражает биоаккумуляцию этого элемента, а также современное антропогенное влияние [66,70]. По классификации элементов по степени экологической опасности медь относится к умеренно опасным элементам (2 класс опасности), этот элемент обладает хорошей миграционной способностью [32].

Цинк (Zn) – является особо опасным элементом (1 класс опасности), образует большое количество соединений, многие из которых весьма токсичны. Цинк обладает высокой миграционной способностью в большинстве ландшафтов, особенно в кислой среде [32]. Это важный

микроэлемент, который жизненно необходим для растений, активно участвует во многих биохимических процессах [63]. Для ряда почв необходимо внесение цинковых удобрений [9,67].

Свинец (Pb) – опасный тяжелый металл, однако в почве сильно инактивируется и теряет токсичность [9]. По классификации элементов по степени экологической опасности относится к особо опасным элементам (1 класс опасности). Проблема его нахождения в биосфере и окружающей человека среде имеет несколько аспектов. Во-первых, свинец – типичный рассеянный элемент, содержащийся во всех компонентах окружающей среды: в горных породах, почвах, природных водах и атмосфере. Растительные и животные организмы на протяжении длительной эволюции адаптировались к природной концентрации этого элемента, активно его поглощая. Во-вторых, свинец может образовывать месторождения и руды свинца, которые с давних пор служат традиционным видом минерального сырья. В-третьих, свинец активно рассеивается в окружающей среде в процессе хозяйственной деятельности человека. Свинец является составной частью обширных геохимических ассоциаций, накапливающихся в окружающей среде в результате проявления техногенных и природных факторов [32].

IV. Сидерофильные элементы включают группу переходных химических элементов, относящихся, в основном, к VIII группе периодической системы Д.И. Менделеева. Они получили своё название от того, что вместе с железом участвуют в сложении ядер планет (от "сидерос" - метеорное железо) [20]. К числу 11 сидерофильных элементов относят следующие Fe, Co, Ni, Mo, Ru, Rh, Pd, Re, Os, Ir, Pt. Они в нашей работе не представлены [5].

## 1.2. Содержание исследуемых микроэлементов в почвах Белгородской области

Площадь Белгородской области составляет 2713,4 тыс. га, в том числе сельскохозяйственных угодий 2145,4, из них пашни 1654,8 тыс. га [53]. В почвенном покрове распространены черноземы – 77,1% площади, преобладают черноземы типичные и выщелоченные, меньше обыкновенных, оподзоленных и карбонатных. На серые лесные почвы приходится около 15%, на пойменные – 5% и на остальные типы почв – 3% территории [3].

К основным факторам, определяющим количественное содержание микроэлементов в почвах, относятся направленность и интенсивность процессов почвообразования, а также их содержание в материнской породе. В последние годы на величину этого показателя все большее влияние оказывают антропогенные факторы [1].

По данным Н.А. Протасовой и А.П. Щербакова [49], валовое содержание меди в пахотном горизонте почв Центрального Черноземья варьирует в пределах от 15 до 25 мг/кг, цинка – от 45 до 71 мг/кг (табл.1.2).

Таблица 1.2

Валовое содержание меди и цинка в пахотном горизонте почв  
Центрального Черноземья [49]

Почвы	Cu, мг/кг	Zn, мг/кг
Тёмно-серые лесные	14,6±0,7	43,7±3,2
Чернозёмы оподзоленные	16,0±0,6	48,3±2,3
Чернозёмы выщелоченные	19,0±0,9	52±1,0
Чернозёмы типичные	23,0±0,4	62±2,2
Чернозёмы обыкновенные	23,0±0,7	64,4±2,9
Чернозёмы южные	25,0±2,0	70,5±7,5

В пахотных почвах Белгородской области содержание меди составляет 13,5 мг/кг, что на 6,5 мг/кг ниже кларка, а содержание цинка – 44 мг/кг, что на 6 мг/кг ниже кларка [37].

Среднее фоновое содержание Mn в пахотном слое почв Белгородской области, по данным С.В. Лукина и Р.М. Хижняка [37], составляет  $361 \pm 40$  мг/кг, при этом распределение элемента по профилю имеет равномерный характер.

Содержание в пахотных почвах Белгородской области токсичных элементов первого класса опасности, в частности свинца, существенно ниже установленных значений предельно допустимых (ПДК) или ориентировочно допустимых концентраций (ОДК) и не представляет опасности для получения безопасной растениеводческой продукции [33]. В Белгородской области нет крупных стационарных источников выбросов и сбросов свинца (предприятий цветной металлургии, стекольных и аккумуляторных заводов). Поступления свинца в окружающую среду обусловлены в основном автомобильным транспортом и распространены на расстояние до 50 м от крупных дорог [56]. Однако, по данным некоторых исследователей [31], почвы Губкинского и Старооскольского районов загрязнены свинцом (ПДК превышено в 1,44 раза), что связано с антропогенной деятельностью. В почвах Русской равнины фоновое содержание свинца изменяется от 2,6 до 43 мг/кг [56]. В пахотных почвах Белгородской области содержание Pb составляет 14,3 мг/кг, что выше кларка на 4,3 мг/кг [37].

Хром в небольшом количестве может быть стимулятором урожая, но при высоких концентрациях может проявляться его токсичность [35]. По данным Н.А. Протасовой и А.П. Щербакова [49], валовое содержание хрома в пахотном слое почв Среднерусской возвышенности варьирует от 44 до 130 мг/кг (табл.1.3).

Таблица 1.3

Валовое содержание хрома в пахотном слое почв Среднерусской возвышенности [49]

Почвы	Cr, мг/кг
Темно-серые лесные тяжелосуглинистые	44-120
Черноземы типичные тяжелосуглинистые и глинистые	45-130
Черноземы обыкновенные тяжелосуглинистые и глинистые	60-130

Нами было упомянуто ранее (п.1.1) о том, что загрязнение почв стронцием и барием изучено слабо в связи со сложностью их диагностики [52]. В Белгородской области практически не изучено распространение этих элементов. Однако, в своих исследованиях П.В. Голеусов и др. [19], приводят фоновое содержание Ва в пахотном слое почв Белгородской области равное  $374,4 \pm 13,9$  мг/кг, а Sr –  $53,6 \pm 7,2$  мг/кг.

## ГЛАВА II. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

### 2.1. Общая характеристика исследуемого участка

Исследования проводились на территории опытного участка ФГБНУ «Белгородский НИИСХ», который находится на северо-западе Белгородского района (севернее поселка Северный). На исследуемом участке располагаются две системы земледелия: зональная и ландшафтная (рис.2.1). Данный опыт был создан с целью проведения комплексной сравнительной оценки эффективности традиционной и адаптивно-ландшафтной системы земледелия [36].

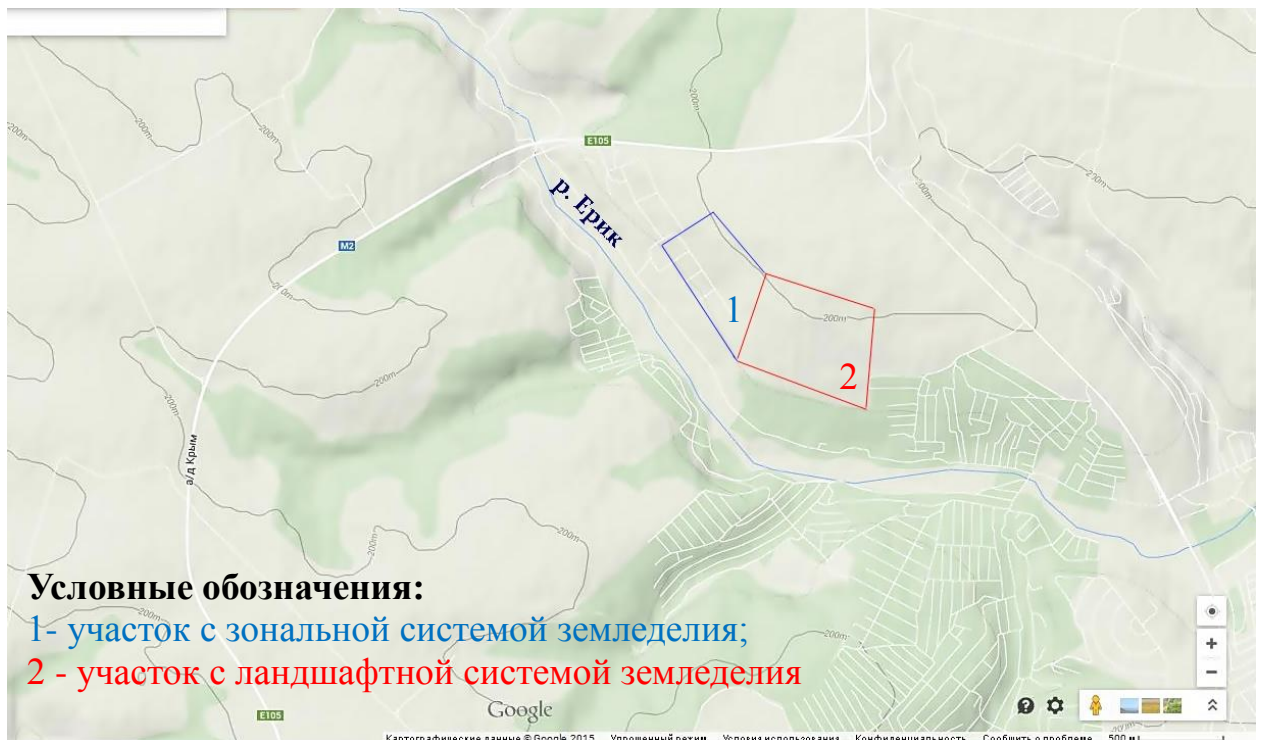


Рис.2.1. Район исследования – склон долины р. Ерик.

Основа космоснимка заимствована с сайта: <https://www.google.ru/maps>

Исследования почв проводились на участках с традиционной и ландшафтной системами земледелия. Приблизительная площадь изучаемой территории – 36 га, уклон земной поверхности изменяется от 1° до 5°. Традиционная система земледелия построена на принципе прямолинейной организации территории, при этом весь склон крутизной 1-5° используется

под зернопропашным севооборотом. В пропашном пятипольном севообороте чередуются такие культуры как горох, озимая пшеница, сахарная свекла, ячмень, кукуруза [36].

Опытный участок расположен в долине реки Ерик на прибалочном склоне южной экспозиции. Протяженность его около 800 м, перепад высот 57 м (212-155 м). Водораздельные участки с уклонами менее 1° характеризуются слабо выраженным западным микрорельефом. На такой территории эрозия практически отсутствует. Поверхностный сток здесь остается внутри территории, распределяясь по водосборным западинам. В верхней части склона, представляющей собой слабонаклонную (до 2°) пологую поверхность, к западинам добавляются слабозаметные потяжины. При нарастании уклона поверхности количество, размеры и выраженность потяжин увеличивается, и при угле наклона около 4° микрорельеф приобретает хорошо заметную струйчатую форму. На естественный микрорельеф склона накладываются антропогенные формы – «микротеррасы». Образование их связано с почвообрабатывающей и уборочной сельскохозяйственной техникой. Ширина террас равна ширине захвата обрабатывающих машин, высота – примерно 10-15 см. Эти «террасы» дают положительный эффект, т.к. уменьшают скорость поверхностного стока и, следовательно, эрозии и способствуют влагозадержанию [47].

Климат Белгородского района, где располагается исследуемая территория, умеренно-континентальный и характеризуется жарким летом и сравнительно холодной зимой. Среднее количество осадков (по данным метеостанции города Белгорода) составляет 480-550 мм в год. Наибольшее количество осадков выпадает в летний период, совпадающий с максимальным ростом всех сельскохозяйственных культур, что благоприятно сказывается на их развитии. Среднее количество дней с суховеями – 46, средняя относительная влажность воздуха – 76%, средняя годовая  $t$  - 6,3° С [50].

Почвенный покров Белгородского района представлен чернозёмами и тёмно-серыми лесными почвами склонов балок [50]. Согласно почвенной карте (рис.2.2), господствующим типом почв являются черноземы. Это соответствует общим особенностям почвенного покрова Белгородской области.

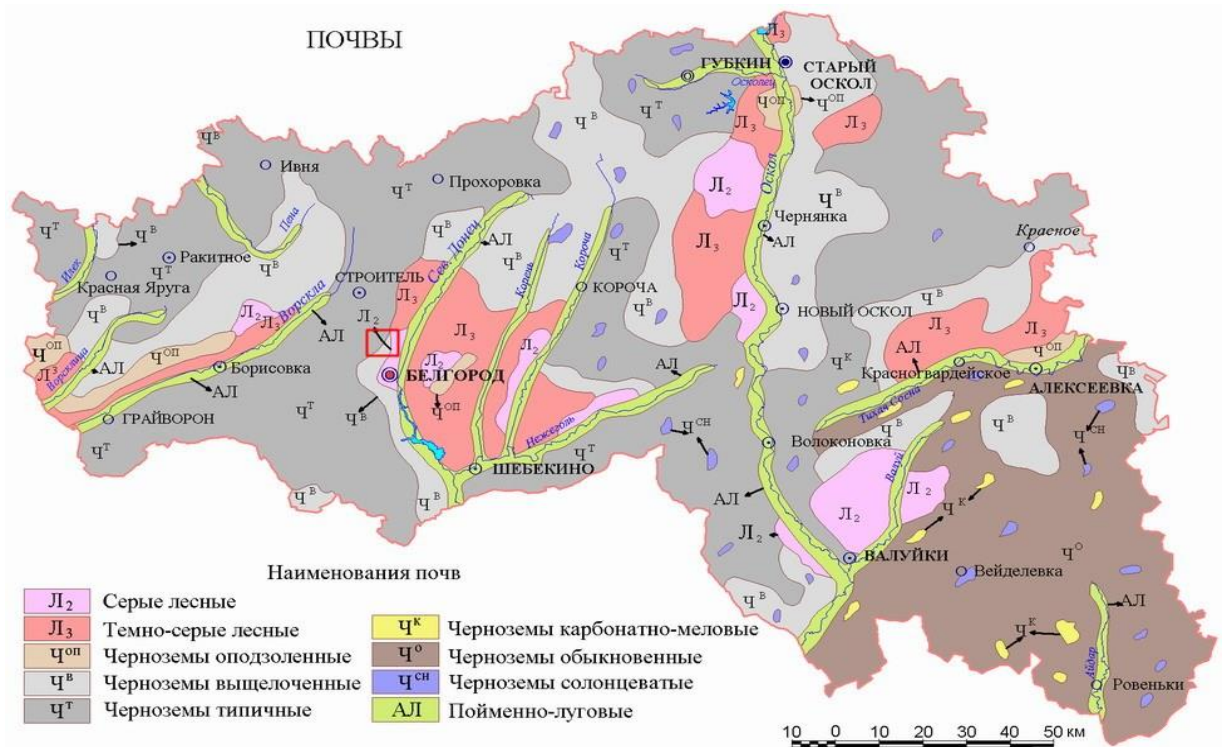


Рис.2.2. Почвенная карта Белгородской области [48]

(красным цветом выделена исследуемая территория)

Согласно карте почвообразовательного материала материнских пород [48], в Белгородском районе распространены лессовидные суглинки и глины, суглинистые и супесчаные аллювиально-делювиальные отложения и аллювиальные песчаные отложения. Лёсс и лессовидные суглинки особенно благоприятствуют образованию черноземов [50].



## 2.2. Методы исследования

### 2.2.1. Полевой этап

В 2014 году нами был проведен полевой этап исследований, включающий бурение 12 скважин глубиной 3 и 5 метров: по 6 на каждой системе земледелия на склонах крутизной  $1^{\circ}$ – $3^{\circ}$  и  $3^{\circ}$ – $5^{\circ}$  (рис.2.3). Координаты скважин определялись с помощью GPS-навигатора (рис.2.4). Было проведено морфологическое описание почв и отобраны образцы для последующего изучения.



Рис.2.3. Бурение скважины глубиной 5 м



Рис.2.4. Определение координат скважин

Согласно классификации 1977 года [30], почвенный покров исследуемого участка представлен лугово-черноземной почвой (скв. 1,8), черноземами выщелоченными (скв. 2,3,10), черноземами типичными (скв. 4,5,7,9,11,12) и темно-серой лесной глееватой почвой (скв. 6).

На рисунке 2.5 представлена схема исследуемого участка, на которой отмечено расположение скважин, их глубина и почвообразующие породы. На исследуемой территории было установлено наличие нескольких типов почвообразующих пород: аллювиальные (скв.1), лессовидные (скв.4,5,7-12) и покровные (скв.2,3) суглинки и покровные глины (скв.6).

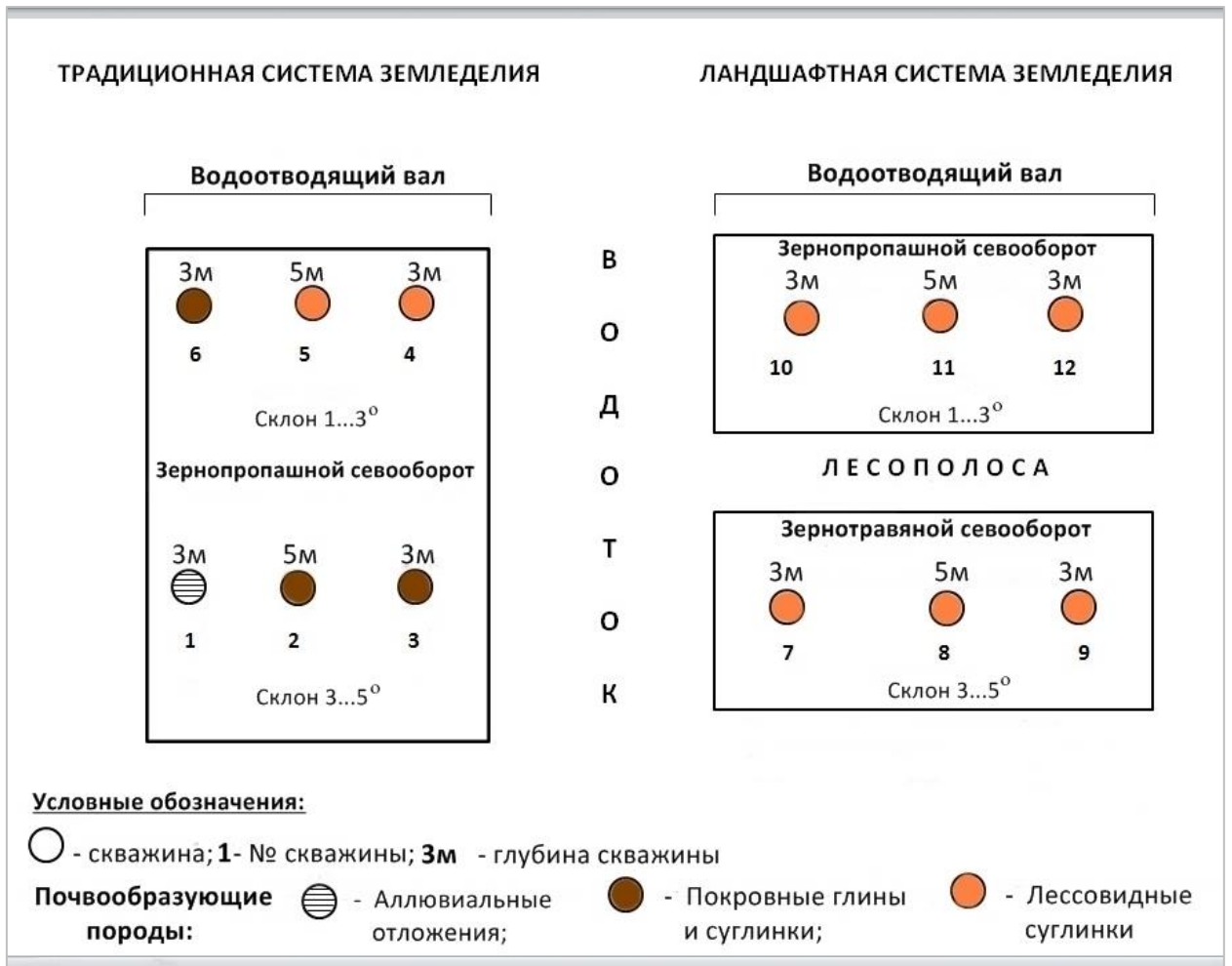


Рис.2.5. Схема исследуемого участка по [37] с изменениями и дополнениями

### 2.2.2. Лабораторный этап

Лабораторный этап включал подготовку образцов в соответствии с требованиями, предъявляемыми методикой для определения следующих свойств почв: содержание 7 микроэлементов, рН, содержания гумуса, гранулометрического состава почв.

Оценка особенностей распределения 7 химических элементов в генетических горизонтах проводилась в октябре – декабре 2014 года на базе лаборатории факультета горного дела и природопользования НИУ «БелГУ», под руководством д.г.н. П.В. Голеусова (рис.2.6).

Использовался рентгенофлуоресцентный анализ на приборе СПЕКТРОСКАН МАКС – GV [38]. По мнению некоторых ученых, данный

анализ имеет несомненное преимущество, так как он не требует растворения пробы перед анализом, не расходует вещество пробы и не изменяет его химический состав, что позволяет анализировать один и тот же образец необходимое число раз [2]. С помощью количественного рентгенофлуоресцентного анализа в образцах почв определено содержание 7 микроэлементов: Mn, Cu, Pb, Zn, Cr, Ba и Sr, в том числе и токсичных (Cu, Zn, Pb).

Реакцию почвенной среды определяли потенциометрическим методом [27] с помощью прибора testo-206 (рис.2.7). Определение содержания углерода органических соединений почвы по методу Тюрина проводилось магистранткой 2 курса факультета горного дела и природопользования Чуйковой Е.Г. [27].



Рис.2.6. Рентгенофлуоресцентный анализ на приборе СПЕКТРОСКАН МАКС – GV



Рис.2.7. Определение pH почв на приборе testo-206

Определение гранулометрического состава почв проводилось в Центре агрохимической службы "Белгородский" по ГОСТу 12536-79 [21].

Проведение статистической обработки данных включало в себя три серии расчетов:

1. Расчет статистических параметров. По мнению Е.А. Дмитриева [22], минимум статистических сведений должен включать объем выборки  $n$ , среднее  $X$ , коэффициент вариации  $V$ . Для расчетов использовались следующие формулы:

$$X = \sum X_i/n \quad (1)$$

где  $X_i$  – первичные данные содержания микроэлементов в каждой скважине;  
 $n$  – объем выборки;

$$V = (S/X) * 100 \% \quad (2)$$

где  $S$  – стандартное отклонение.

2. Оценку значимости различий между средними по критерию НСР. Она проводилась по стандартной методике [22].

3. Оценку тесноты корреляционной связи.

Корреляционная связь – это та связь, при которой одному и тому же значению одной переменной могут соответствовать неодинаковые значения другой переменной. Показателем степени прямолинейной связи между признаками служит коэффициент корреляции. Проведение корреляционного анализа для оценки степени связи с помощью коэффициента корреляции может считаться корректным, только когда обе переменные, связь между которыми изучается, являются величинами случайными [22].

Квадрат коэффициента корреляции является оценкой в долях единицы той части варьирования одного признака, которая связана с варьированием другого признака. Величина квадрата коэффициента корреляции может иметь самостоятельный интерес, поэтому ее иногда выделяют в качестве особого параметра, именуемого коэффициентом детерминации [22].

В статистических расчетах уровень вероятности был принят равным 95%, так как такая вероятность считается достаточной для исследований природных объектов [22].

Общепринятой градации для оценки корреляционной связи не существует, однако Е.А. Дмитриев рекомендует оценивать корреляционную связь следующим образом (табл.2.1):

Таблица 2.1

Оценка степени корреляционной связи [22]

г	Степень взаимосвязи	Варьирование признаков взаимосвязано
$> 0,85$	весьма тесная	на 75% и более
0,7-0,85	тесная	50-75%
$< 0,7$	слабая	менее, чем на 50%

Построение диаграмм и статистическая обработка данных были выполнены в период с марта по май 2016 года с использованием программы Microsoft Office Excel [34].

## ГЛАВА III. ОСОБЕННОСТИ ПОЧВ ИССЛЕДУЕМОГО УЧАСТКА

### 3.1. Классификационная принадлежность почв

В разделе 2.2.1. приведены названия исследуемых почв в соответствии с традиционной классификацией почв России [30]. В данном разделе мы рассмотрим их положение в соответствии с субстантивно-генетической классификацией [26,28]. Обобщенные результаты приведены в таблице 3.1.

В новой субстантивно-генетической классификации почв наибольшая классификационная единица - это ствол. Почвы исследуемой территории относятся к стволу постлитогенных. Он объединяет почвы, в которых процесс почвообразования идет на сформировавшейся минеральной почвообразующей породе, и аккумуляция свежего материала практически отсутствует.

Следующая классификационная единица – отдел. Согласно классификации 2004 года [28], существует 20 отделов. В наших исследованиях почвы представлены двумя отделами: аккумулятивно-гумусовым (скважины 1-5 и 7-12) и текстурно-дифференцированным (скважина 6).

Общим для почв аккумулятивно-гумусового отдела является наличие темно-гумусового горизонта, который сочетается со срединными горизонтами разного строения и генезиса, дающими основание для выделения типов. Почвы формируются на рыхлых, в разной степени карбонатных или бескарбонатных отложениях суглинисто-глинистого, редко супесчаного гранулометрического состава. Допускается присутствие карбонатов в любой части поверхностного темно-гумусового горизонта, но они не рассматриваются как часть аккумулятивно-карбонатного горизонта. Карбонаты в темногумусовом горизонте морфологически не выражены или представлены лабильными паутиноподобными или плесневидными формами, а также в виде налетов. Количество карбонатов невелико, всегда меньше, чем в аккумулятивно-карбонатном горизонте.

Таблица 3.1

## Классификационное положение исследуемых почв

№ скважины	Факторно-генетическая классификация (1997 г.)	Субстантивно-генетическая классификация (2004 г.)
1,8	Лугово-черноземная маломощная малогумусная тяжелосуглинистая	<p><b>Ствол: постлитогенные</b>  <b>Отдел: аккумулятивно-гумусовые</b></p> <p>Тип: агрочернозёмы  Подтип: гидрометаморфизованные  Вид: маломощные средне гумусированные  Разновидность: тяжелосуглинистые</p>
2,3,10	Чернозем выщелоченный пахотный среднемощный малогумусный тяжелосуглинистый	<p>Тип: агрочернозёмы глинисто-иллювиальные  Подтип: типичные  Вид: маломощные средне гумусированные  Разновидность: тяжелосуглинистые</p>
4, 5, 7, 9, 11,12	Чернозем типичный пахотный маломощный малогумусный легкоглинистый	<p>Тип: агрочернозёмы  Подтип: миграционно-мицелярные  Виды:  маломощные средне гумусированные,  среднемощные средне гумусированные,  среднемощные мало гумусированные  Разновидность: легкоглинистые</p>
6	Темно-серая лесная глееватая пахотная среднемощная среднегумусная легкоглинистая	<p><b>Ствол: постлитогенные</b>  <b>Отдел: текстурно-дифференцированные</b></p> <p>Тип: агротёмно-серые  Подтип: глееватые  Вид: среднемощные сильно гумусированные  Разновидность: легкоглинистые</p>

Разнообразие черноземов, связанное с подзонально-фациальными особенностями климата и различиями в современных гидротермических режимах, отражено в серии подтипов, диагностируемых по характеру карбонатного профиля, прежде всего по формам карбонатных новообразований [26].

Диагностическим показателем для почв текстурно-дифференцированных является присутствие в профиле текстурного горизонта. Этот горизонт чаще всего сочетается с элювиальным горизонтом или с гумусово-элювиальным (серые почвы). Ниже залегает субэлювиальный горизонт, который отражает элювиальную деградацию верхней части текстурной толщи и представлен различными сочетаниями бурых (остаточных) элементов текстурного горизонта и осветленного материала. Почвы отдела имеют широкий спектр гумусовых и органогенных горизонтов, включая их агрогенные варианты, что отражает неоднородность климата и условий увлажнения почв и является одной из причин разнообразия типов текстурно-дифференцированных почв. В типах солодей элювиальный и текстурный горизонты сочетаются с аккумулятивно-карбонатным. Основным ареалом текстурно-дифференцированных почв является таежная зона и северная лесостепь Европейской России и Сибири, где эти почвы представлены традиционными типами подзолистых, дерново-подзолистых и серых почв. Они приурочены к рыхлым суглинистым и глинистым отложениям, как относительно однородным по гранулометрическому составу, так и двучленным, в которых более легкий верхний нанос в пределах профиля подстилается более тяжелым [26].

Следующая классификационная единица – тип почвы. Скважины 1 и 8 представлены почвами типа агрочерноземы. Такие почвы диагностируются по наличию в профиле агротемногумусового горизонта, сформировавшегося на месте верхней части гумусового горизонта естественных почв в результате замены природных фитоценозов культурной растительностью. В профиле агрочерноземов сохраняется нижняя ненарушенная часть естественного



темногумусового горизонта, сменяющегося аккумулятивно-карбонатным. В почвах этого типа содержание гумуса колеблется от 3 до 8 – 9%, что не противоречит нашим исследованиям (4,34% - в гумусовом горизонте 1 скважины и 4,00% - в 8 скважине). Исследуемые почвы относятся к подтипу гидрометаморфизованные (квазиглееватый). Диагностический признак для выделения этого подтипа – наличие оливковых и грязно-серых пятен, занимающих менее 50% площади вертикального среза, а также конкреционных и мергелистых форм карбонатных новообразований, связанных с периодическим переувлажнением.

Почвы скважин 2,3,10 представлены типом агрочерноземы глинисто-иллювиальные. Такие почвы отличаются от естественных аналогов наличием в верхней части гумусового профиля агротемногумусового горизонта, сформировавшегося в результате длительного земледельческого использования и содержащего 5-8% (иногда до 9%) гумуса. В нашем исследовании содержание гумуса в верхнем горизонте скважин варьирует от 4,66% в 3 скважине до 5,01-5,04% во 2 и 10 скважинах. Агротемногумусовый горизонт по сравнению с соответствующим горизонтом естественных почв характеризуется пониженным содержанием гумуса. На уровне подтипа данные почвы типичные, так как они не отклоняются от «классических» значений.

Исследуемые почвы в скважинах 4,5,7,9, 11,12, как и в скважинах 1 и 8, представлены типом агрочерноземов, однако, они будут относиться к подтипу миграционно-мицелярных. Основанием для выделения этого подтипа служит наличие в аккумулятивно-карбонатном горизонте белых или желтоватых прожилок и трубочек, образованных выделениями карбонатов кальция по макропорам (псевдомицелий) и свидетельствующих о длительном периоде миграции почвенных растворов и постепенном пересыхании почвенного профиля.

Скважина 6 представлена почвами типа агротемно-серых. Они отличаются от природных аналогов наличием темногумусового

агрогоризонта, ниже которого залегает сохранившаяся нижняя часть естественного темногумусового горизонта. В случае малой мощности исходного темногумусового горизонта и полного его включения в агрогоризонт, последний может непосредственно залегать на субэлювиальном горизонте, который является диагностическим при разделении агротемно–серых почв и глинисто-иллювиальных черноземов. В исследуемых почвах содержание гумуса в верхнем горизонте равно 5,61%.

По классическим представлениям, реакция среды слабокислая, иногда нейтральная, в горизонте, содержащем карбонаты, – слабощелочная. В исследуемой почве реакция верхних горизонтов – слабокислая, в нижележащих горизонтах – нейтральная, ниже 80 см – щелочная. На уровне подтипа данная почва – глееватая. Основанием для определения ее к данному подтипу послужило наличие сизоватых или зеленоватых тонов окраски, занимающих менее 50% площади вертикального среза, и охристо-ржавых пятен, конкреций и примазок, свидетельствующих о перераспределении оксидов железа в условиях периодического переувлажнения.

Следующая классификационная единица – род почв. Он выделяется по степени насыщенности поглощающего комплекса, по наличию в почвенном профиле карбонатов и гипса, а также по химизму засоления почв. Роды по насыщенности почвенного поглощающего комплекса основаниями бывают ненасыщенные и насыщенные; по наличию в почвенном профиле карбонатов бывают карбонатсодержащие и бескарбонатные; по наличию в почвенном профиле гипса - гипссодержащие и безгипсовые. Роды по химизму (типу) засоления выделяются по соотношению анионов и катионов [26].

Низшие таксоны диагностики почв – это вид, разновидность и разряд. Виды выделяются по мощности горизонтов, глубине нахождения признака; для почв органогенного ствола – по степени выраженности и качественным характеристикам процесса торфонакопления. В классификации почв 2004 года существует разделение на почвы с серогумусовым и светлогумусовым

горизонтами и почвы с темногумусовым горизонтом [26]. Критерии разделения почв на виды отображены в таблице 3.2.

Таблица 3.2

## Критерии разделения почв на виды [26]

Виды по мощности гумусовых горизонтов, см	Виды по содержанию гумуса в гумусовом горизонте, %
Мелкие < 30	Очень слабо гумусированные < 0,5
Маломощные 30-50	Слабо гумусированные 0,5-1,5
Среднемощные 50-80	Мало гумусированные 1,5-3,0
Мощные 80-120	Средне гумусированные 3,0-5,0
Сверхмощные > 120	Сильно гумусированные 5,0-8,0
	Тучные > 8,0

По мощности гумусовых горизонтов исследуемые почвы относятся к маломощным (скважины 1-4,7-8,10-12), так как мощность гумусовых горизонтов в них от 30 до 50 см, и к среднемощным (скважины 5,6,9), так как мощность гумусовых горизонтов в них варьируется от 50 до 80 см.

По содержанию гумуса в гумусовом горизонте почвы 9 скважины относятся к виду мало гумусированных (содержание гумуса <3%), к средне гумусированным относятся почвы 1-5, 7-9, 10-12 (содержание гумуса варьирует от 3,38-5,04%), почвы скважины 6 относятся к виду сильно гумусированных (содержание гумуса равняется 5,61%).

Выделение почв на уровне разновидностей позволяет показать независимо от генетической принадлежности почв их гранулометрический состав. По гранулометрическому составу выделяются разновидности: песчаная, супесчаная, легкосуглинистая, среднесуглинистая, тяжелосуглинистая, глинистая [26]. Определение гранулометрического состава исследуемых почв проводилось в Центре агрохимической службы "Белгородский". Согласно полученным данным, почвы скважин 1,2,3,8,10 – тяжелосуглинистые, а скважин 4-7, 9,11,12 – легкоглинистые.

Разряд почв показывает генетический тип почвообразующих пород. Почвы первой скважины развиты на аллювиальном суглинке, 2,3 – на покровном суглинке, 6 скважины – на покровной глине, 4,5,7-12 – на лессовидном суглинке. Разновидности и разряды не входят в иерархическую систему таксономических единиц [26].

В своей работе мы проводим обсуждение результатов на основе традиционной классификации. Это обусловлено тем, что до сих пор почвенные исследования в Белгородской области проводятся на основе классификации 1977 года [3, 33, 35, 36, 37, 50, 53], к тому же названия новых почв сложны для восприятия и нужна особая подготовка, чтобы ориентироваться в потоке терминологической новизны. Также, по мнению В.Ф. Валькова и др. [6], новая классификация нуждается в дополнении и на данном этапе внедрение этой классификации в учебный процесс ВУЗов преждевременно.

### 3.2. Педогеохимические особенности исследуемых почв

Состояние окружающей природной среды является важнейшим фактором, определяющим жизнедеятельность человека и общества. Высокие концентрации многих химических элементов и соединений, обусловленные техногенными процессами, обнаружены в настоящее время во всех природных средах: атмосфере, воде, почве, растениях [46].

Распределение микроэлементов в профиле, концентрация и миграция в почвах зависят от совокупности условий их формирования и свойств. Сложное сочетание факторов почвообразования и большая пестрота почвенного покрова обусловили существенные различия почв в поведении микроэлементов в них [51]. При почвообразовании происходит некоторое перемещение тяжелых металлов в профиле почвы. Наблюдается биогенная аккумуляция ряда физиологически важных для растительности элементов – Mn, Zn, отчасти Cu. В почвах с элювиально-иллювиальным профилем

(дерново-подзолистые, серые лесные, солоды, солонца и др.) элювиальный горизонт обедняется тяжелыми металлами, тогда как иллювиальный обогащается. Нередко фиксируются небольшие аккумуляции ТМ в верхней части карбонатного горизонта, где в депонировании ТМ принимают участие глинные минералы и гумусовое вещество [60]. Нормативной базой для оценки состояния загрязнения почв микроэлементами служат нормативы региональных фонов, кларки, ПДК (ОДК) [46].

### 3.2.1. Накопление и рассеяние исследуемых элементов

Кларк (по А.Е. Ферсману) – это нормальное содержание элемента в системе, позволяющее фиксировать любое отклонение от нормы (концентрацию или рассеяние), вызванное миграцией элементов [20]. В почвах миграция химических элементов приводит к значительному их перераспределению: некоторые элементы концентрируются, некоторые – рассеиваются. Для оценки миграции химических элементов применяется показатель «кларк концентрации».

Кларк концентрации (КК) – это отношение содержания элемента в конкретном объекте к его кларку в литосфере [41]. Наиболее полные сводки кларков и оригинальные оценки среднего содержания элементов в разных типах горных пород и земной коре принадлежат А.Е. Ферсману (1933), А.П. Виноградову (1949, 1956, 1962), американскому учёному С.Р. Тейлору (1964), советскому учёному А.А. Беусу (1972, 1980) [20]. В работе были использованы значения, приводимые А.П. Виноградовым [7], они представлены в таблице 3.3.

Таблица 3.3

Кларки почвы для исследуемых микроэлементов [7]

Элементы	MnO / (Mn)	Cu	Pb	Zn	Cr	Ba	Sr
Кларк почвы, мг/кг	850 / (658,75)	20	10	50	190	500	300

В результате рентгенофлуоресцентного анализа нами было получено содержание в почве исследуемых химических элементов в мг/кг. Генетические горизонты изучаемых почв мы разделили на органо-минеральные и минеральные. Полученные данные мы сопоставили с кларками почв по А.П. Виноградову, приведёнными в таблице 3.3, тем самым получив коэффициент концентрации.

Органо-минеральные горизонты (гумусовые) содержат значительное количество органической массы различной степени разложения (до 30% по объему), которая находится преимущественно в механической смеси с минеральной частью и легко от нее отделяется [29]. В наших исследованиях это гумусовый пахотный горизонт  $A_p$ , гумусовый подпахотный –  $A_{pp}$  и переходный гумусовый – АВ.

Минеральные горизонты – это горизонты средней части профиля. К минеральным горизонтам относятся [5]:

$A_2$  – подзолистый (горизонт вымывания);

G – глеевый горизонт;

B – иллювиальный (горизонт вымывания);

Bf– железисто-иллювиальный;

Bh– гумусово-иллювиальный горизонт;

Bfh - железистогумусово-иллювиальный горизонт;

Bca– карбонатно-иллювиальный горизонт;

Bt– глинисто-иллювиальный горизонт.

На рисунке 3.1 показан коэффициент концентрации элементов по отношению к кларку почвы в исследованных почвах. Установлено, что наиболее значительно накапливаются Pb ( $K_k = 1,8-2,1$ ), Cu ( $K_k = 1,7-2,0$ ), Zn ( $K_k = 1,1-1,5$ ), а рассеиваются – Cr ( $K_k = 0,5-0,6$ ), и Mn ( $K_k = 0,3-0,6$ ).

Содержание Mn в органо-минеральных горизонтах лугово-черноземной почвы и черноземов выше, чем в почвообразующих породах: 500-528 мг/кг в сравнении с 201-304 мг/кг. Аналогичная закономерность отмечена для Zn: 63-75 мг/кг против 39-55 мг/кг. В то же время для темно-серой лесной

глеевой почвы закономерность для Zn иная: его содержание в верхнем горизонте почвы практически не отличается от содержания в породе (59 и 63 мг/кг соответственно).

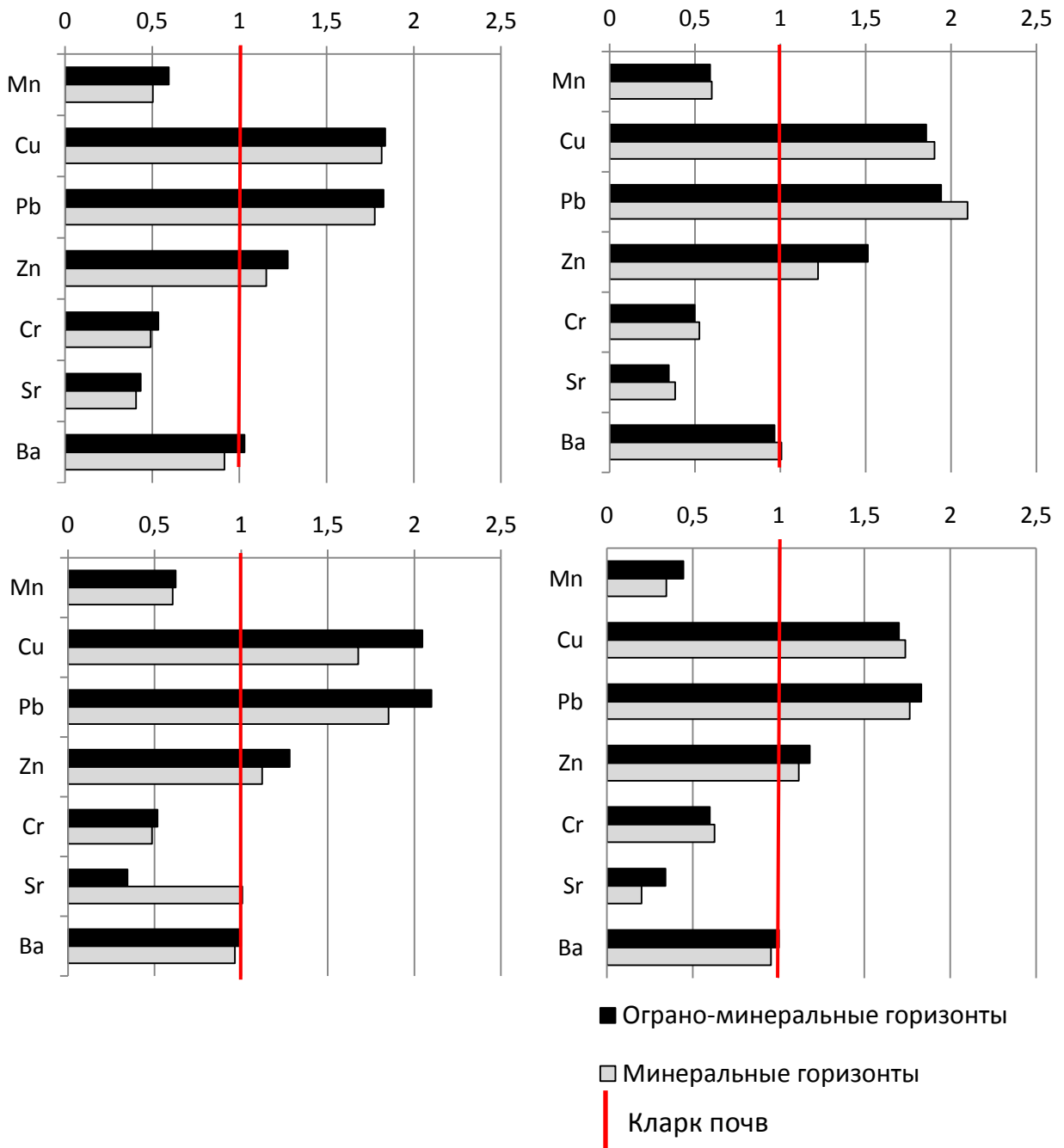


Рис.3.1. Коэффициент концентрации элементов (КК) по отношению к кларку почвы (по А.П. Виноградову) в лугово-черноземной почве (А), в черноземе выщелоченном (Б), черноземе типичном (В), темно-серой лесной почве (Г)

Содержание халькофильных элементов в органо-минеральных горизонтах в 1,1-1,5 раза выше, чем в породах: для Cu оно составляет 34-40 мг/кг в сравнении с 14-29 мг/кг, а для Pb – 18-21 мг/кг и 13-16 мг/кг, соответственно. Вновь выделяется темно-серая лесная глееватая почва, в которой содержание халькофильных элементов в органо-минеральных горизонтах практически совпадает с содержанием в породе.

Согласно публикациям, для Cr характерно отсутствие биогенной аккумуляции в гумусовом горизонте и равномерное распределение по профилю [19]. Уровень хрома в почвах варьирует значительно и зависит от состава материнской породы, на которой были сформированы почвы [59]. В органо-минеральных горизонтах исследуемых почв также не выявлено накопления Cr, что соответствует опубликованным закономерностям поведения элемента. Его содержание составило 99-119 мг/кг, а в породах – 109-120 мг/кг.

Содержание Sr, согласно [68], может изменяться в широких пределах: 6-2010 мг/кг в верхнем слое почвы и 8-3120 мг/кг в подпочве. Среднее содержание Sr при этом составляет 89 мг/кг и 95 мг/кг, соответственно. В исследуемых почвах содержание Sr в органо-минеральных горизонтах варьирует в пределах 103-130 мг/кг, а в породах – 152-318 мг/кг, что в общем и целом совпадает с опубликованными данными. Для европейских почв установлена слабая корреляция между содержанием Sr и CaO [68]. В исследуемых почвах и породах такой взаимосвязи не обнаружено.

Четких различий между содержанием Ba в органо-минеральных горизонтах исследуемых почв и в почвообразующих породах не выявлено: 483-515 мг/кг и 463-494 мг/кг, соответственно.

Кларковое отношение Ba : Sr равно 1,7 [9]. Для исследуемых почв и пород оно составляет 3,9-4,9 для органо-минеральных горизонтов, 1,6-7,9 для минеральных горизонтов и 1,5-3,1 для почвообразующих пород.



### 3.2.2. Оценка загрязнения почв

Для оценки степени загрязнения почв химическими веществами в России используется показатель “предельно допустимая концентрация” (ПДК). Согласно [39], ПДК в почве представляет собой комплексный показатель содержания химических веществ в почве, безвредных для человека; критерии, используемые при обосновании ее уровня, отражают возможные пути воздействия загрязнителя на контактирующие среды, биологическую активность почвы и процессы ее самоочищения.

На территории Российской Федерации действуют гигиенические нормативы ГН 2.1.7.2041-06 [17], которые устанавливают предельные допустимые концентрации химических веществ в почве разного характера землепользования (табл.3.4).

Таблица 3.4

ПДК исследуемых микроэлементов [17]

Элементы	Mn	Pb	Cr	Sr
ПДК, мг/кг	1500	32	100	600

Предельно допустимые концентрации Ва в Российской Федерации не нормированы. В связи с этим рекомендуется использовать значение ПДК по зарубежным источникам, равное 625 мг/кг [32].

Обращает на себя внимание явное противоречие между фоновым валовым содержанием хрома в почве и ПДК этого элемента. Как отмечается в [35], кларк хрома в почве в 2 раза выше значения ПДК. В разных источниках приводятся разные значения ПДК хрома: 100 мг/кг [17,35] или 200 мг/кг [9]. В своей работе мы использовали первое из приведенных значений, так как оно использовалось авторами цитируемой работы для почв Белгородской области, а также отражено в официальном источнике [17].

Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве (гигиенические нормативы ГН 2.1.7.2511-09) [18], разработаны расчетным методом. Величины ОДК, разработанные для химических веществ природного происхождения, повсеместно присутствующих в почвах, обоснованы для трех литогеохимических групп почв (табл.0). В основу группировки положены основные свойства почв, определяющие их буферность, в том числе устойчивость к химическому загрязнению. Это гранулометрический состав и кислотно-щелочные свойства, преобладающие в тех или иных почвах [18].

Таблица 3.5

## ОДК исследуемых микроэлементов [18]

Группа почв	ОДК, мг/кг	
	Cu	Zn
Песчаные и супесчаные	33	55
Кислые (суглинистые и глинистые), pH KCl<5	66	110
Близкие к нейтральным, нейтральные (суглинистые и глинистые), pH KCl>5,5	132	220

Часто для оценки рисков загрязнения почв учитывают степень защищенности почвенных экосистем, например незначительный риск – защищено 95 % почвенных организмов, опасное состояние – не защищено до 50 % почвенных организмов [64].

Результаты оценки показали, что в органо-минеральных и минеральных горизонтах всех исследуемых почв концентрация Cr находится на уровне ПДК или превышает ее в 1,1-1,3 раза. Значения Sr превышают ПДК в 3,2-3,3 раза единично в скважине № 12 на глубине 80-300 см (рис.3.2).

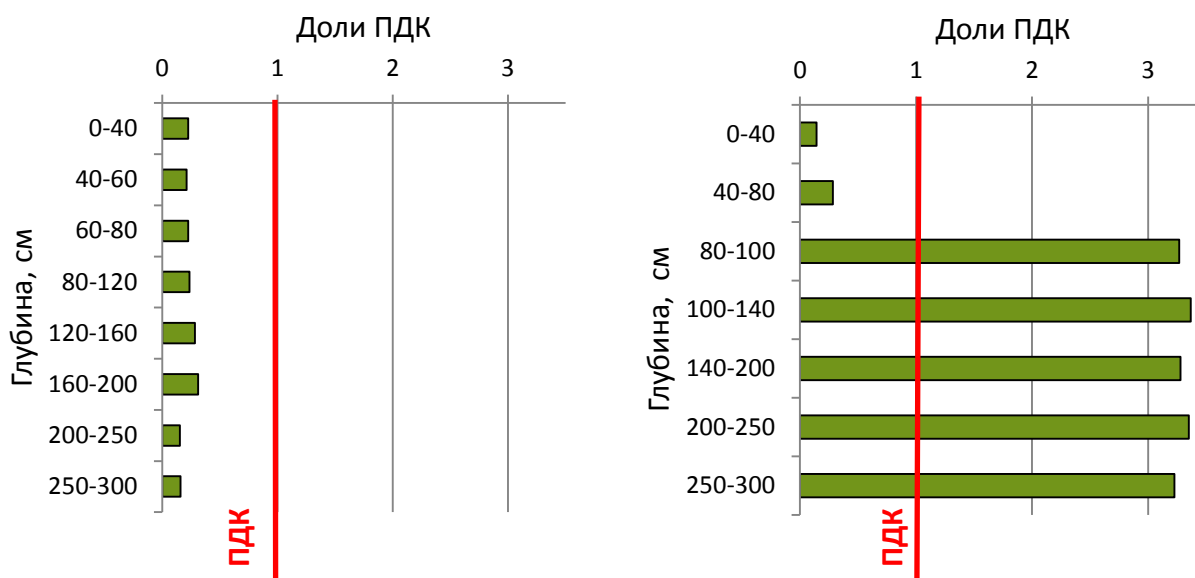


Рис.3.2. Содержание Sr в долях ПДК в черноземе типичном на лессовидных суглинках: А – скважина 10, Б –скважина 12

### 3.2.3. Сопоставление концентраций исследуемых элементов с региональной фоновой концентрацией

По мнению некоторых ученых [10], нормы ПДК не учитывают частичного природного генезиса поллютантов, в результате чего на территории положительной геохимической аномалии опасность завышается, а на площади отрицательной природной аномалии – занижается, поэтому для выявления степени загрязнения почв необходимо учитывать региональный фон и провинциальные природные условия. В связи с этим мы рассчитали превышение фоновой региональной концентрации в пахотном слое почв для 6 элементов (рис. 3.3), так как для Sr данные о фоновых значениях в почвах Белгородской области отсутствуют.

Для пахотного слоя почв отмечены следующие закономерности: превышение фона по Sr в 2,7 раза и Pb в 2,1 раза (лугово-черноземная почва); по Sr в 2,1 раза и Zn, Pb, Cu – в 1,8-2,1 раза (чернозем выщелоченный); по Pb, Cu, Sr в 2 и более раз (чернозем типичный); по Sr и Pb в 2 раза (темно-серая лесная глееватая почва).

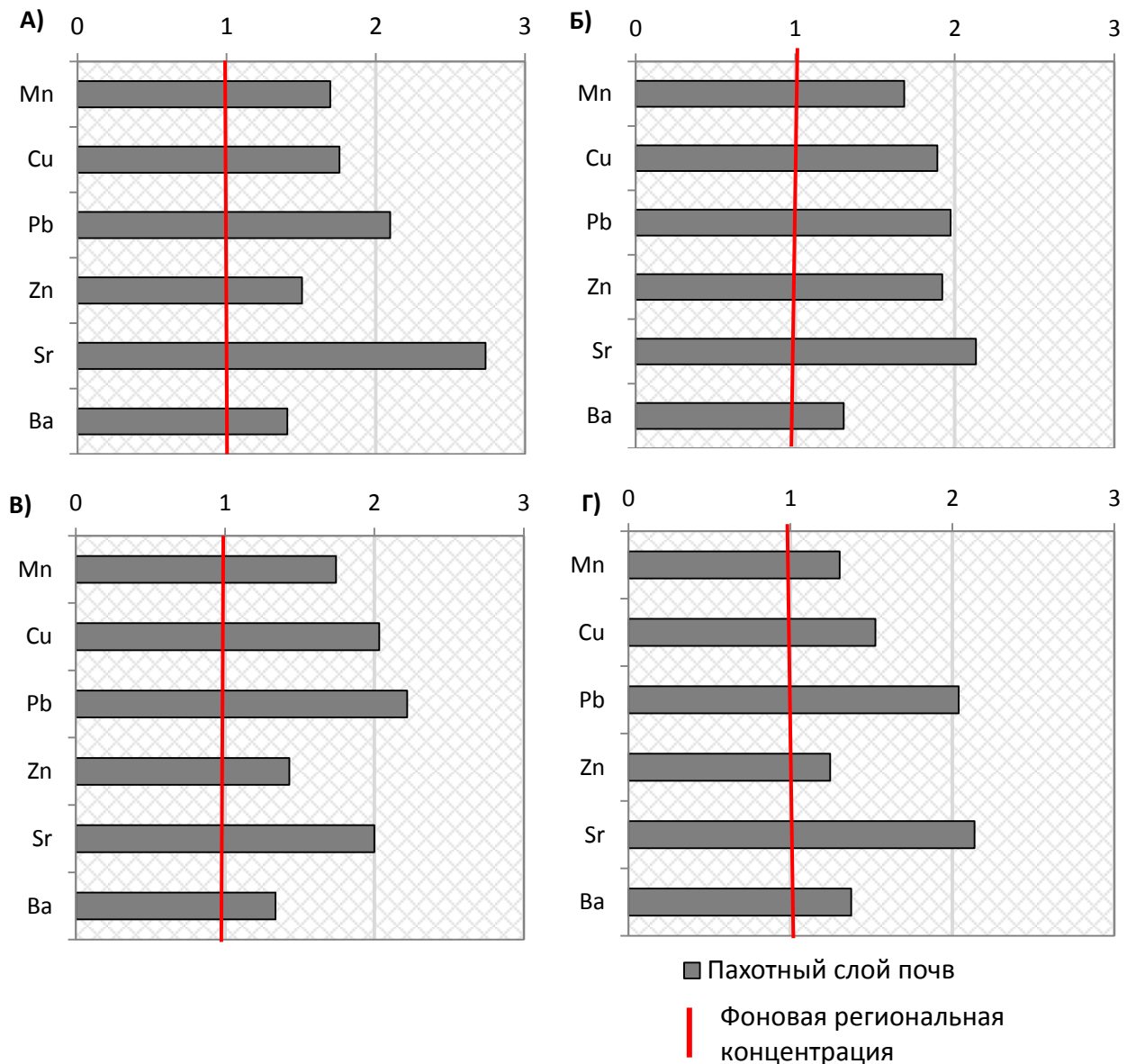


Рис.3.3. Превышение фоновой региональной концентрации в пахотном слое лугово-черноземной почвы (А), чернозема выщелоченного (Б), чернозема типичного (В), темно-серой лесной (Г)

Можно предполагать, что накопление Sr в пахотном слое почв связано с внесением фосфорных удобрений, где он является примесью. По данным [4], фосфорные удобрения являются существенным источником стронция, так как содержат от 0,5 до 4% данного элемента. Повышенное содержание свинца может быть связано с его стабильностью в органических почвах, где средний срок его сохранения исчисляется сотнями или тысячами лет [9].

### 3.2.4. Комплексный показатель суммарного загрязнения почв

Для оценки уровня химического загрязнения почв был проведен расчет комплексного показателя суммарного загрязнения почв ( $Z_c$ ), разработанный с учетом геохимических и геогигиенических исследований [39]:

$$Z_c = \sum_{t=1}^n (K_{ci} + \dots + K_{cn}) - (n - 1), \quad (1)$$

где  $K_{ci}$  – коэффициент концентрации  $i$ -го компонента загрязнения, определяется как отношение  $C_i/C_{fi}$ ,

$C_i$  – фактическое содержание определяемого вещества в почве, мг/кг;

$C_{fi}$  – региональное фоновое содержание вещества в почве, мг/кг;

$n$  – число определяемых суммируемых веществ.

Оценка степени опасности загрязнения почв комплексом металлов по показателю  $Z_c$  проводится по оценочной шкале, приведенной в таблице 3.6.

Таблица 3.6

Ориентировочная оценочная шкала опасности загрязнения почв по суммарному показателю загрязнения ( $Z_c$ ) [39]

Категории загрязнения почв	Величина $Z_c$	Изменения показателей здоровья населения в очагах загрязнения
Допустимая	Менее 16	Наиболее низкий уровень заболеваемости детей и минимальная частота встречаемости функциональных отклонений
Умеренно опасная	16 - 32	Увеличение общей заболеваемости
Опасная	32 - 128	Увеличение общей заболеваемости, числа часто болеющих детей, детей с хроническими заболеваниями, нарушениями функционального сердечно-сосудистой системы
Чрезвычайно опасная	Более 128	Увеличение заболеваемости детского населения, нарушение репродуктивной функции женщин

Согласно методическим указаниям по оценке городских почв при разработке градостроительной и архитектурно-строительной документации [40], показатель загрязнения почв  $Z_c$  рассчитывается на формуле:

$$Z_c = \sum_{t=1}^n K_c - (n - 1), \quad (2)$$

где  $K_c = C_i/C_{fi}$  – коэффициент концентрации  $i$ -го химического элемента;  
 $C_i$  – фактическое содержание  $i$ -го хим. элемента в почвах и грунтах, мг/кг;  
 $C_{fi}$  – фоновое содержание, содержание  $i$ -го хим. элемента в почвах, мг/кг;  
 $n$  – число учитываемых элементов с  $K_c > 1$  [40];

Согласно письму Министерства охраны окружающей среды и природных ресурсов РФ [45],  $Z_c$  равно:

$$Z_c = C(i)_{\text{факт}} / C(i)_{\text{фон}}, \quad (3)$$

где  $C(i)_{\text{факт}}$  – фактическое содержание  $i$ -го токсиканта в почве;  
 $C(i)_{\text{фон}}$  – значение регионально-фоновое содержания в почве  $i$ -го токсиканта [45].

Согласно Постановлению Правительства от 19 июля 2012 г. № 736 [44], суммарный показатель содержания в почве загрязняющих веществ  $Z_c$ , определяют как сумму отношений фактического содержания каждого загрязняющего вещества, концентрация которого превышает установленное для химических веществ нормативы ПДК, к величине его норматива ПДК:

$$Z_c = \sum_{t=1}^n \frac{C(i)_{\text{факт}}}{C_{\text{ПДК}}}, \quad (4)$$

где  $C(i)_{\text{факт}}$  – фактическое содержание загрязняющего вещества в почве, превышающее норматив ПДК;

$C_{\text{ПДК}}$  – предельно допустимая концентрация  $i$ -го загрязняющего вещества в почве [44].

Таким образом, мы видим, что существует множество формул для определения показателя суммарного загрязнения почв  $Z_c$ , что затрудняет оценку данного показателя. По мнению некоторых авторов [24], «наличие двух формул уже залог разночтений». В наших исследованиях была использована формула (1), приведенная в Методических указаниях МУ 2.1.7.730-99 [39], которые являются нормативно-методической базой для осуществления государственного санитарно-эпидемиологического надзора за санитарным состоянием почв.

В пахотном слое изучаемых почв величина  $Z_c$  изменялась от 3,5 до 9,0, то есть загрязнение пахотного слоя можно считать допустимым ( $Z_c < 16$ ).

### 3.2.5. Сравнение педогеохимической ситуации в различных ландшафтных условиях

Существующая схема опыта позволяет сравнить системы в разных ландшафтных условиях (на склонах крутизной 1-3° и 3-5°), на двух системах земледелия (зональная и ландшафтная), а также с различными ландшафтами в геохимическом отношении. По [16], эти ландшафты относятся к трансэлювиальным и трансэлювиально-аккумулятивным. Упомянутые ландшафты были выделены М.А. Глазовской в 2002 году как дополнительные группы элементарных ландшафтов в зависимости от условий рельефа и водного режима. Для трансэлювиальных ландшафтов характерен привнос элементов из атмосферы и с боковым твердым и жидким стоком, вынос – в вертикальном направлении и по склону. Они соответствуют выпуклым вершинам и верхним, частям склонов.

Трансэлювиально-аккумулятивные ландшафты – приурочены к нижним частям вогнутых склонов и к пологим склонам. Это области выноса и частичной аккумуляции продуктов жидкого и твердого стока.

В таблице 3.7 представлены результаты оценки геохимических различий в изученных системах земледелия в разных ландшафтных условиях.

Таблица 3.7

Оценка геохимических различий в изученных системах земледелия  
в разных ландшафтных условиях

	Mn	Cu	Zn	Sr	Pb	Cr	Ba
<b>X<sub>ср</sub></b>							
А	792,08	66,02	102,69	202,49	30,13	209,31	968,93
Б	454,46	38,33	58,71	99,10	18,38	108,37	495,61
В	550,00	41,95	87,39	100,22	23,03	99,43	485,65
Г	569,37	39,72	70,80	146,34	22,70	112,97	531,57
<b>d – фактическая разность между средними</b>							
А-Б	337,62	27,69	43,97	103,39	11,75	100,94	473,32
В-Г	19,37	2,24	16,59	46,12	0,34	13,54	45,92
А-В	242,08	24,07	15,29	102,27	7,09	109,89	483,28
Б-Г	114,91	1,39	12,09	47,24	4,32	4,59	35,95
<b>НСР – наименьшая существенная разность</b>							
А-Б	82,73	4,67	4,68	15,51	2,92	9,34	18,09
В-Г	84,44	2,51	61,46	84,53	6,56	18,37	64,38
А-В	80,81	3,81	52,84	27,05	4,67	4,67	18,44
Б-Г	75,60	3,62	11,96	64,15	3,84	17,06	51,76
<b>Вывод</b>							
А-Б	значимы	значимы	значимы	значимы	значимы	значимы	значимы
В-Г	не значимы	не значимы	не значимы	не значимы	не значимы	не значимы	не значимы
А-В	значимы	значимы	не значимы	значимы	значимы	значимы	значимы
Б-Г	значимы	не значимы	значимы	не значимы	значимы	не значимы	не значимы

Примечания:

А – Зональная система, склон 1-3°;      Б - Зональная система, склон 3-5°

В – Ландшафтная система, склон 1-3°;      Г - Ландшафтная система, склон 3-5°



С вероятностью 95% можно утверждать, что содержание изучаемых микроэлементов в зональной системе земледелия на склоне крутизной 1-3° выше, чем на склоне крутизной 3-5°. Это может быть связано с выраженностью процессов эрозии в условиях склона 3-5°.

В условиях ландшафтной системы земледелия различия в содержании элементов на склоне 1-3° и 3-5° не значимы, поэтому мы можем предполагать затухание процессов эрозии при контурно-мелиоративной организации территории и зернотравяном севообороте.

Сравнение склонов крутизной 1-3° на различных системах земледелия показало, что в условиях зональной системы отмечено достоверное повышение содержания Mn, Cu, Sr, Pb, Cr и Ba, в эту группу не входит Zn. В связи с тем, что геоморфологические условия практически одинаковые, то можно предполагать, что на исследуемом участке наблюдается исходная неоднородность почвенного покрова. Было установлено, что на ландшафтной системе земледелия господствует чернозем типичный, а зональная система земледелия представлена темно-серой лесной глееватой почвой и черноземом типичным. В связи с тем, что pH темно-серой лесной глееватой почвы чаще ниже, чем у чернозема типичного, то с этим может быть связано поведение содержания микроэлементов.

На склоне крутизной 3-5° сравнение систем земледелия показало, что в зональной системе земледелия достоверно повышено содержание Mn, Zn, Pb; превышение концентраций остальных элементов не доказано. Почвенный покров неоднороден и представлен лугово-черноземной почвой и черноземом выщелоченным в зональной системе земледелия и черноземом типичным и лугово-черноземной почвой в ландшафтной системе земледелия. Таким образом, на исследуемом участке затруднено сравнение систем земледелия, так как не соблюдается принцип единственности различий. С одной стороны, разные системы земледелия расположены на склонах различной экспозиции (см.рис.2.1): ландшафтная система земледелия – на склоне юго-юго-западной экспозиции, а зональная – на склоне западной

экспозиции. С другой стороны, неоднородность факторов почвообразования привела к формированию различных типов почв, что обсуждалось выше.

### 3.3. Влияние свойств почв на их геохимические особенности

Согласно информации раздела 1, мы могли ожидать наличие связи между марганцем и кислотно-щелочными свойствами почвы, а также, в связи с его накоплением в верхнем слое почв, вследствие фиксации органическим веществом, с количеством гумуса. Для бария характерна адсорбция на глинистых частицах, в связи с чем можно ожидать наличие взаимосвязи между барием и гранулометрическим составом почв. Растворимость соединений бария зависит от кислотно-щелочных свойств почв, в связи с чем мы ожидаем наличие корреляционной связи бария с рН почв. Для меди характерна биоаккумуляция в верхних горизонтах почвы, что дает основания предполагать наличие связи между данным микроэлементом и содержанием гумуса. Цинк характеризуется высокой миграционной способностью в кислой среде, что предполагает наличие связи с кислотно-щелочными свойствами почвы.

Оценка тесноты корреляционной связи между изучаемыми микроэлементами представлена в таблице 3.8. Обнаружена тесная прямая связь между Mn и Cu ( $r=0,79$ ), между остальными микроэлементами достоверная связь либо отсутствует (Pb-Cr, Zn-Cr, Sr-Cr, Sr-Mn, Ba-Mn), либо обнаружена слабая связь. С вероятностью 95% можно говорить о том, что 62% варьирования Mn обусловлено варьированием Cu.

В таблице 3.9 приведена оценка тесноты корреляционной связи между изучаемыми микроэлементами и рН почв. Установлено, что кислотно-щелочные свойства почв влияют на содержание исследуемых элементов следующим образом: слабая обратная связь обнаружена между значениями рН и содержанием Mn, Cu, Pb; слабая прямая связь – между значениями рН и содержанием Sr.

Таблица 3.8

Оценка тесноты корреляционной связи между изучаемыми микроэлементами

Пары микроэлементов	Коэффициент корреляции $r$	Коэффициент детерминации $D$ , %	Степень взаимосвязи
Mn-Cu	0,79	62	Тесная прямая связь
Zn-Cu	0,64	41	Слабая прямая связь
Pb-Cu	0,61	36	
Pb-Mn	0,59	34	
Zn-Mn	0,55	30	
Zn-Pb	0,46	21	
Ba-Zn	0,40	16	
Ba-Sr	0,28	8	
Pb-Sr	0,26	7	
Cu-Sr	-0,51	27	Слабая обратная связь
Cr-Mn	-0,46	21	
Zn-Sr	-0,28	8	
Cr-Cu	-0,23	5	

Таблица 3.9

Оценка тесноты корреляционной связи  
между изучаемыми микроэлементами и рН почв

Компоненты	Коэффициент корреляции $r$	Коэффициент детерминации $D$ , %	Степень взаимосвязи
pH-Mn	-0,39	15	Слабая обратная связь
pH-Cu	-0,37	14	
pH-Pb	-0,20	4	
pH-Sr	0,19	4	Слабая прямая связь

На основе анализа литературы, мы предполагали наличие связи между кислотнo-щелочными свойствами почв и содержанием марганца, цинка и бария. Между барием и рН почв не выявлено достоверной связи, таким образом, можно говорить о том, что в диапазоне рН, характерном для исследованных почв, содержание бария не зависит от кислотнo-щелочных свойств. Так как в литературе встречается указание на влияние кислой среды на содержание Ва в почве [62], мы провели корреляционный анализ только для тех горизонтов, в которых рН < 7. Была установлена достоверная весьма тесная прямая связь ( $r=0,99$ ). С вероятностью 95% можно утверждать, что 98% варьирования содержания бария в кислой среде обусловлено варьированием значений рН. Связь между цинком и рН не достоверна, что не подтверждает мнения о высокой миграционной способности цинка в кислой среде. Однако была установлена достоверная слабая обратная связь между марганцем и кислотнo-щелочными свойствами ландшафта ( $r= -0,39$ ), что согласуется с общепринятыми представлениями.

В таблице 3.10 приведены результаты оценки влияния гранулометрического состава на содержание исследуемых элементов. Обнаружена весьма тесная прямая связь между содержанием физической глины и Mn ( $r=0,85$ ) и тесная прямая связь между содержанием физической глины и Cu ( $r=0,83$ ). Между содержанием илистой фракции и изучаемыми микроэлементами обнаружены следующие закономерности: тесная прямая связь с Cu ( $r=0,82$ ) и Mn ( $r=0,80$ ).

С вероятностью 95% можно утверждать, что 73% варьирования количества Mn обусловлено варьированием содержания глинистой фракции в почвах, 68% варьирования содержания Cu также связано с варьированием содержания физической глины. Варьирование илистой фракции на 67% определяет варьирование количества Cu и на 65% – Mn.

Таким образом, влияние физической глины обусловлено, преимущественно, наличием в ее составе илистой фракции.

Таблица 3.10

## Оценка тесноты корреляционной связи

между изучаемыми микроэлементами и гранулометрическим составом почв

Компоненты	Коэффициент корреляции $r$	Коэффициент детерминации $D, \%$	Степень взаимосвязи
Физическая глина -Mn	0,85	73	Весьма тесная прямая связь
Физическая глина -Cu	0,83	68	
Илистая фракция -Cu	0,82	67	Тесная прямая связь
Илистая фракция -Mn	0,80	65	
Илистая фракция -Zn	0,60	37	
Физическая глина -Zn	0,59	35	Слабая прямая связь
Илистая фракция -Pb	0,58	34	
Физическая глина -Pb	0,58	34	
Физическая глина -Cr	-0,40	16	
Илистая фракция -Cr	-0,35	12	Слабая обратная связь

Мы предполагали наличие корреляционной связи между барием и гранулометрическим составом почв, однако связь между барием и содержанием илистых частиц или физической глины не достоверна. Таким образом, наши результаты не подтверждают данные, имеющиеся в литературе.

На основе анализа литературы мы ожидали наличие связи между содержанием гумуса и медью, а также содержанием гумуса и марганцем, что связано с характерной для этих микроэлементов биоаккумуляцией в верхних горизонтах почвы. Однако, нам не удалось установить достоверную корреляционную связь между количеством гумуса и содержанием исследуемых элементов. Данный факт противоречит некоторым данным, представленным в литературе [66,70], что может быть связано с недостаточностью объема выборки.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время в Белгородской области происходит активное внедрение ландшафтных систем земледелия. Представляет интерес изучение их влияния на почвенный покров и свойства почвы. Проведенные исследования дали новые данные о геохимических особенностях почв в условиях ландшафтной системы земледелия. По результатам проделанной работы можно сделать следующие выводы:

1. В связи с размещением исследуемого участка в условиях склонового рельефа, на нем наблюдается неоднородность почвообразующих пород и почвенного покрова;

2. В органо-минеральных и минеральных горизонтах почв, по сравнению с кларком почв, наиболее значительно накапливаются свинец, медь и цинк, рассеиваются – хром и марганец. При сравнении элементов с их ПДК обнаружено незначительное превышение содержания хрома в почвах, а также единичное превышение стронция в одной из скважин на глубине 80-300 см;

3. По отношению к региональной фоновой концентрации, в пахотном слое исследуемых почв заметно накопление таких тяжелых металлов, как стронций, свинец и медь. Однако, по результатам оценки коэффициента загрязнения почв  $Z_c$ , загрязнение пахотного слоя поллютантами можно считать допустимым ( $Z_c$  изменяется от 3,5 до 9,0);

4. С вероятностью 95% можно утверждать, что содержание изученных микроэлементов в зональной системе земледелия на склоне крутизной 1-3° выше, чем на склоне крутизной 3-5°, что может быть связано с выраженностью процессов эрозии в условиях склона 3-5°. В ландшафтной системе земледелия такие различия в содержании элементов не выявлены, что может быть положительным результатом затухания процессов эрозии при контурно-мелиоративной организации территории и зернотравяном севообороте.

5. Обнаружена тесная прямая связь между содержанием марганца и меди, слабая обратная связь между значениями рН и содержанием марганца, меди и свинца и слабая прямая связь между рН и содержанием стронция. Выявлена весьма тесная прямая связь между содержанием физической глины и марганца, тесная прямая связь между содержанием физической глины и меди, содержанием илистых частиц и меди, содержанием илистых частиц и марганца.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Авраменко П.М., Лукин С.В. Загрязнение почвы тяжёлыми металлами и их накопление в растениях // Агрехимический вестник. – 1999. – № 2. – С. 21-22.
2. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 142 с.
3. Ахтырцев Б.П., Соловиченко В.Д. Почвенный покров Белгородской области: структура, районирование и рациональное использование. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 1984. – 265 с.
4. Белюченко И.С. Особенности минеральных отходов и целесообразность их использования при формировании сложных компостов // Научный журнал КубГАУ. – 2014 [Электронный ресурс]. – URL: <http://ej.kubagro.ru/2014/07/pdf/54.pdf> (дата обращения 11.03.2016).
5. Биофайл: научно-информационный журнал. – Дата обновления: 18.12.2015.[Электронный ресурс]. – URL: <http://biofile.ru/geo/15060.html> (дата обращения: 10.05.2016).
6. Вальков В.Ф., Казеев К.Ш., Колесников С.И. Достоинства и недостатки новой классификации почв России // Почвоведение. – 2006. – № 5. – С. 621-626.
7. Виноградов А.П. Среднее содержание химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры // Геохимия. – 1962. – № 7. – С. 555-571.
8. Влияние содержания гумуса на средневзвешенный диаметр почвенных агрегатов / Л.Л. Новых, Л.Г. Смирнова, Е.А. Пелехоце, А.Г. Гаджикеримова // Якаевские чтения 2016. Современные научные исследования: исторический опыт и инновации: сб. материалов Междунар. научно-практ. конф., г. Краснодар, 10-11 февраля 2016 г. – Краснодар: ИМСИТ, 2016. – С.174-179.



9. Водяницкий Ю.Н. Биогеохимия загрязненных почв. – М.: Изд-во МГУ, 2014. – 290 с.
10. Водяницкий Ю.Н. Концепция гибкого подхода к оценке ориентировочно допустимой концентрации тяжелых металлов и металлоидов в почве // Бюл. Почвенного ин-та им. В.В. Докучаева. – 2011. – Вып.67. – С.49-66.
11. Водяницкий Ю.Н. Об опасных тяжелых металлах/металлоидах в почвах // Бюл. Почвенного ин-та им. В.В. Докучаева. – 2011. – Вып. 68. – С. 56-82.
12. Гаджикеримова А.Г. Неоднородность почвенного покрова в условиях склонового рельефа (на примере опытного участка ОПХ «Белгородское») // Деграляция почв и продовольственная безопасность России: материалы Междунар. науч. конф. XVIII Докучаевских молодежных чтений; г. Санкт-Петербург, 2-5 марта 2015 г. – СПб.: Издательский дом СПбГУ, 2015. – С. 273-274.
13. Гаджикеримова А.Г. Педогеохимические особенности опытного участка ОПХ «Белгородское» // Ломоносов – 2015: материалы XXII Междунар. науч. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых: секция «Почвоведение»; г. Москва, 13-17 апреля 2015 г. – М.: МАКС Пресс, 2015. – С. 56- 57.
14. Гаджикеримова А.Г. Свойства почвы, отражающие «почву-память» и «почву-момент» // Геоэкология и рациональное недропользование: от науки к практике: материалы III Междунар. науч. конф. молодых ученых; г. Белгород, 6-10 апреля 2015 г. – Белгород: Изд-во ПОЛИТЕРРА, 2015. – С. 24-26.
15. Гаджикеримова А.Г. Эколого-геохимические особенности почв и почвогрунтов долины реки Ерик // Почва – зеркало ландшафта: материалы Междунар. науч. конф. XIX Докучаевских молодежных чтений; г. Санкт-Петербург, 1-4 марта 2016 г. – СПб.: Издательский дом СПбГУ, 2016. – С.24-25.
16. Глазовская М.А. Геохимические основы типологии и методики исследований природных ландшафтов.– Смоленск: Ойкумена, 2002 - 288 с.

17. ГН 2.1.7.2041-06. ПДК химических веществ в почве – М.: Изд-во стандартов, 2006. – 14 с.
18. ГН 2.1.7.2511-09. ОДК химических веществ в почве – М.: Изд-во стандартов, 2009. – 11 с.
19. Голушов П.В., Артищев В.Е., Морабандза К.Б. Эколого-геохимическая характеристика постселитебных геосистем на территории Белгородской области // Современные проблемы науки и образования. – 2015 [Электронный ресурс]. – URL: [www.science-education.ru/](http://www.science-education.ru/) (дата обращения 21.03.2016).
20. Горная энциклопедия. – 2015 [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.mining-enc.ru/> (дата обращения 18.04.2016).
21. ГОСТ 12536-79. Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава – Взамен ГОСТ 12536-67; введ. 1.07.1980. – М.: Изд-во стандартов, 1980. – 20с.
22. Дмитриев Е.А. Математическая статистика в почвоведении: учебник. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. — 328 с.
23. Доклад о состоянии и использовании земель Белгородской области за 2012 год / под ред. Н.Ф. Якушева – Белгород: Управление Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии по Белгородской области, 2013. – 98 с.
24. Достоверность оценки загрязнения почв тяжелыми металлами / А.А. Околелова, Т.М. Минкина, А.С. Мерзлякова [и др.] // Научный журнал КубГАУ. – 2014 [Электронный ресурс]. – URL: <http://ej.kubagro.ru/2014/07/pdf/27.pdf> (дата обращения 21.03.2016).
25. Избранные главы лесной экологии: биогеохимические циклы в экосистемах // Учебно-методический курс дисциплины. – 2007 [Электронный ресурс]. – URL: [http://files.lib.sfu-kras.ru/ebibl/umkd/313/u\\_sam.pdf](http://files.lib.sfu-kras.ru/ebibl/umkd/313/u_sam.pdf) (дата обращения 11.04.2016).

26. Информационно-справочная система по классификации почв России v1.0 – Дата обновления: 19.09.2009. [Электронный ресурс]. – URL: <http://infosoil.ru> (дата обращения: 15.05.2015).
27. Кауричев И.С. Практикум по почвоведению – М.: Агропромиздат, 1986. – 336 с.
28. Классификация и диагностика почв России / Авторы и составители: Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева [и др.]. – Смоленск: Ойкумена, 2004. – 342 с.
29. Классификация почв России – Дата обновления: 28.02.2014. [Электронный ресурс]. – URL: <http://soils.narod.ru> (дата обращения: 12.05.2015).
30. Классификация и диагностика почв СССР. – М.: Колос, 1977. – 220 с.
31. Колчанов Р.А., Колчанова Л.В., Габрук Н.Г. Коэффициент накопления свинца в растениях Белгородской области // Современные наукоемкие технологии. – 2008 [Электронный ресурс]. – URL: [www.rae.ru/](http://www.rae.ru/) (дата обращения 5.05.2016).
32. Копылов И.С. Литогеохимические закономерности пространственного распределения микроэлементов на Западном Урале и Приуралье // Вестник Пермского университета. – 2012. – № 2 (15) – С. 16-34.
33. Корнейко Н.И. Агрохимическое состояние пахотных почв Белгородской области // Успехи современного естествознания. – 2014. – № 9. – С. 120-124.
34. Крыгин С.В. Microsoft excel 2010: учебно-практическое пособие – Нижний Новгород: Академия Правосудия, 2011. – 72 с.
35. Лукин С.В. Мониторинг содержания хрома в сельскохозяйственных культурах и почвах // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – № 6. – С. 54-55.
36. Лукин С.В., Тютюнов С.И., Солдат И.Е. Комплексная оценка эффективности ландшафтной системы земледелия в условиях Белгородской области // Достижения науки и техники АПК. – 2001. – № 1. – С. 14-16.

37. Лукин С.В., Хижняк Р.М. Географические закономерности распределения микроэлементов в почвах Белгородской области // Достижения науки и техники АПК. – 2012. – № 5. – С.55-58.
38. Методика выполнения измерений массовой доли металлов и оксидов металлов в порошковых пробах почв методом рентгенофлуоресцентного анализа, М049 – П/04. – СПб.: НПО "Спектрон", 2004. – 16 с.
39. Методические указания МУ 2.1.7.730-99: гигиеническая оценка качества почвы населенных мест. – М.: Инф.-изд. центр Минздрава России, 1999. – 25 с.
40. Методические указания по оценке городских почв при разработке градостроительной и архитектурно-строительной документации. – М., 2003. – 33 с.
41. Московченко Д.В., Тигеев А.А., Кремлева Т.А. Ландшафтно-геохимические особенности нижнего Прииртышья // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. – 2011. – № 11 – С. 154-161.
42. Новых Л.Л., Гаджикеримова А.Г., Пелехоце Е.А. Закономерности аккумуляции валовых форм микроэлементов в почвах опытного участка ОПХ «Белгородское» // Современные ландшафтные исследования в контексте оптимизации рационального природопользования: материалы Междунар. научно-практ. конф.; г. Курск, 7-9 октября 2015 г. – Курск: КГУ, 2015. – С. 169-174.
43. Новых Л.Л., Чуйкова Е.Г., Гаджикеримова А.Г., Пелехоце Е.А. Понимание вероятностно-статистической природы явлений как необходимое звено интерпретации результатов корреляционного анализа (на примере связи «содержание гумуса – средневзвешенный диаметр почвенных агрегатов») // Проблемы природопользования и экологическая ситуация в Европейской России и сопредельных странах: материалы VI Междунар. науч. конф.; г. Белгород, 12-16 октября 2015 г. – Белгород, 2015. – С. 272-275.

44. О критериях значительного ухудшения экологической обстановки в результате использования земельных участков из земель сельскохозяйственного назначения с нарушением установленных земельным законодательством требований рационального использования земли: Постановление от 19 июля 2012 г. № 736 // Собрание законодательства РФ. – 2012. – № 30. – Ст. 4290.
45. О порядке определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими веществами: Письмо Министерства охраны окружающей среды и природных ресурсов РФ 27.12.1993 // Министерство охраны окружающей среды и природных ресурсов РФ – 1993. – № 04-25/61-5678. – 31 с.
46. Позняк С.С. Содержание тяжелых металлов Pb, Ni, Zn, Cu, Mn, Zr, Cr, Co и Sn в почвах Центральной зоны Республики Беларусь // Проблемы региональной экологии. – 2011. – №6. – С. 183-189.
47. Пояснительная записка к почвенной карте опытного участка №1 ОПХ «Белгородское» ВИУА (Белгородский район, Белгородская область). – М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, отдел агрохимии почв, 1992. – 42 с.
48. Природные ресурсы и экологическое состояние Белгородской области: Атлас / Ф.Н. Лисецкий, С.В. Лукин, А.Н. Петин [и др.]. – Белгород, 2005. – 179 с.
49. Протасова Н.А., Щербаков А.П. Микроэлементы (Cr, V, Ni, Mn, Zn, Cu, Co, Ti, Zr, Ga, Be, Sr, Ba, B, I, Mo) в чернозёмах и серых лесных почвах Центрального Черноземья. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 2003. – 368 с.
50. Сайт «Белгородская область» портала Губернатора и Правительства Белгородской области – 2015 [Электронный ресурс]. – URL: <http://old.belregion.ru> (дата обращения: 15.05.2015).
51. Свечникова А.А. Закономерности аккумуляции валовых и подвижных форм микроэлементов в почвах Астраханской области // Естественные науки. Проблемы региональной экологии и природопользования. – 2013. – №1. – С. 23-28.

52. Содержание тяжелых щелочноземельных (Sr, Ba) и редкоземельных (Y, La, Ce) металлов в техногенно - загрязненных почвах / Ю.Н. Водяницкий, А.Т. Савичев, А.А. Васильев [и др.] // Почвоведение. – 2010. - № 7. – С. 879–890.
53. Тютюнов С. И., Соловиченко В. Д., Татаринцев Р. Ю. Агроэкология почв Белгородской области // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2004. – № 3. – С. 23-24.
54. Управление Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии по Белгородской области. Государственный мониторинг земель – 2015 [Электронный ресурс]. Дата обновления: 19.05.2015.– URL: <http://to31.rosreestr.ru/kadastr> (дата обращения: 21.04.2016).
55. Царский уход для царя почв // Официальный интернет-портал Министерства сельского хозяйства РФ. – 2016 [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.mcx.ru/news/news/show/21565.htm> (дата обращения 11.05.2016).
56. Четверикова Н.С., Марциневская Л.В. Свинец в агроландшафтах лесостепной зоны ЦЧО // Международный журнал экспериментального образования. – 2013. – № 10. – С. 303-306.
57. Юдович Я.Э. Парадоксы геохимии марганца // Вестник Ин-та геологии Коми НЦ УрО РАН. – 2012. – № 5. –С. 19-24.
58. Adriano D. Trace elements in the terrestrial environment. – New-York – Berlin –Heidelberg–Tokio: Springer-Verlag, 2001. – 796 p.
59. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. – 2015 [Electronic resource]. – URL: <http://www.atsdr.cdc.gov.pdf>. (Date Views 22.03.2016).
60. Andersson A. The distribution of heavy metals and soil material as influenced by the ionic radius // Sved. J. Agr. Res. – 1977. –Vol. 7, № 2. – P. 79–83.
61. Barańkiewicz D., Siepak J. Chromium, Nickel and Cobalt in Environmental Samples and Existing Legal Norms // Polish Journal of Environmental Studies. – 1999. – № 4. – P. 201-208.

62. Canadian Soil Quality Guidelines for the Protection of Environmental and Human Health, Barium // Canadian Council of Ministers of the Environment. – 2013 [Electronic resource]. – URL: <http://ceqg-rcqe.ccme.ca.pdf>. (Date Views 24.03.2016.)
63. Chao S., LiQin J., WenJun Z. A review on heavy metal contamination in the soil worldwide: Situation, impact and remediation techniques // Environmental Skeptics and Critics. – 2014. – № 3(2) – P. 24-38.
64. Ecological Risk Assessment for the Standard Mine Site // Wildlife Risk CalcsV3.xls: HQ Report, 2007. – 154 p.
65. Gadzhikerimova A.G., Novykh L.L., Kornilov A.G. Geochemical features of soils in the industrial area of the mining complex // Scientific Reports on Resource Issues, 2016. V. 1. – P. 379-385.
66. Oviasogiea P., Aghimiena A., Ndiokwereb C. Fractionation and bioaccumulation of copper and zinc in wetland soils of the Niger Delta determined by the oil palm // Chemical Speciation and Bioavailability. – 2011. – № 23 (2). – P. 95-109.
67. Rehm G., Schmitt M. Zinc for crop production. // Regents of the University of Minnesota. – 2016 [Electronic resource]. – URL: [www.extension.umn.edu/agriculture/nutrient-management/micronutrients.pdf](http://www.extension.umn.edu/agriculture/nutrient-management/micronutrients.pdf). (Date Views 25.03.2016).
68. Strontium // A contribution to IUGS/IAGC Global Geochemical Baselines. – 2015 [Electronic resource]. – URL: <http://weppi.gtk.fi/publ/foregsatlas/Sr.pdf> (Date Views 26.03.2016).
69. Wyszowska J. Soil Contamination by Chromium and Its Enzymatic Activity and Yielding // Polish Journal of Environmental Studies. – 2002. – № 11 (1). – P. 79-84.
70. Zhi-Ting Xiong, Hai Wang. Copper Toxicity and Bioaccumulation in Chinese Cabbage (*Brassica pekinensis* Rupr.) // Department of Environmental Sciences, Wuhan University. – 2005. – P. 188-194.