

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

ФАКУЛЬТЕТ ГОРНОГО ДЕЛА И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ
Кафедра географии, геоэкологии и безопасности жизнедеятельности

**ЛИТОГЕОХИМИЧЕСКИЙ ФОН В ПОЛУГИДРОМОРФНЫХ
УСЛОВИЯХ ДОЛИНЫ РЕКИ ЕРИК**

Выпускная квалификационная работа
студентки очной формы обучения
направления подготовки 05.03.02 «География»
4 курса группы 81001202
Чуриловой Эллины Александровны

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

БЕЛГОРОД 2016

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1. Геолого-геоморфологические особенности Белгородской области, влияющие на почвообразование.....	5
1.1. Склоновый тип рельефа на территории Белгородской области.....	5
1.2. Почвообразующие и подстилающие породы Белгородской области.....	8
1.3. Геохимические особенности почв Белгородской области.....	10
2. Объекты и методы исследования.....	15
2.1. Общая характеристика исследуемого участка.....	15
2.2. Объекты исследования.....	17
2.3. Методы и методики исследования.....	23
3. Гранулометрические и геохимические особенности почвообразующих и подстилающих пород на склоне долины реки Ерик..	27
3.1. Гранулометрический состав пород.....	27
3.2. Накопление и рассеивание элементов в полугидроморфных условиях долины реки Ерик	35
3.3. Гидроморфизм почв и его проявление на исследуемом участке.....	40
Заключение.....	44
Список использованной литературы.....	45

ВВЕДЕНИЕ

Преобладающую часть Белгородской области занимает склоновый тип местности: на долю плоских участков крутизной до 1° приходится около 21% площади области [25]. Наличие склонов способствует эрозионному расчленению территории и приближению к поверхности различных пород, на которых формируются почвы. В связи с этим представляет интерес изучение особенностей почвообразующих пород в условиях склонового рельефа. В настоящее время слабо изучены геохимические особенности почвообразующих пород в условиях склонового рельефа.

Цель исследования – выявить литогеохимические особенности почвообразующих пород в условиях склонового рельефа и изучить закономерности распределения в них химических элементов.

Задачи: 1) рассмотреть склоновый тип рельефа Белгородской области; 2) познакомиться с почвообразующими и подстилающими породами Белгородской области; 3) принять участие в экспедиции по изучению почвенного покрова опытного участка и освоить методики определения изучаемых показателей; 4) выявить гранулометрические и геохимические особенности почвообразующих и подстилающих пород.

Объект исследования – почвообразующие и подстилающие породы на склоне долины реки Ерик.

Предмет исследования – их гранулометрический состав и геохимические особенности.

Основные методы, использованные в работе: научно-поисковый, экспедиционный, описания, измерения, картографический, математико-статистический.

Результаты исследования были представлены на следующих конференциях Международная научная конференция XVIII Докучаевские чтения «Деградация почв и продовольственная безопасность России»,

посвященная Международному году почв (Санкт-Петербург, 2015 г.), Международная XXII конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов 2015» (Москва, 2015 г.), III Международная конференция молодых ученых «Геоэкология и рациональное недропользование: от науки к практике» (Белгород, 2015), Международная конференция XIX Докучаевские чтения «Почва – зеркало ландшафта», посвященная 170-летию со дня рождения В.В. Докучаева (Санкт-Петербург, 2016 г.). Они были опубликованы в трёх тезисах [33, 34, 35] и двух статьях [31, 32].

Работа выполнена в 2014-2016 гг. на кафедре географии, геоэкологии и безопасности жизнедеятельности НИУ «БелГУ». Полевой этап проводился в сентябре 2014 года.

1. ГЕОЛОГО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ПОЧВООБРАЗОВАНИЕ

1.1. Склоновый тип рельефа на территории Белгородской области

Особенности природных условий Белгородской области обусловлены её географическим положением ее в лесостепной и степной зонах Среднерусской возвышенности. На севере территория области граничит с Курской, на востоке – с Воронежской областями РФ, на юге – с Луганской и Харьковской, на западе – с Сумской областями Украины. Площадь Белгородской области составляет 2713,4 тыс. га, из них на пашню приходится – 1654,4 тыс. га (61 %), пастбища – 347,6 тыс. га (12,8 %), сенокосы – 68,1 тыс. га (2,5 %), леса и прочие земли – 316,5 тыс. га (22,7 %) [27].

Белгородская область представляет собой возвышенную равнину, приподнятую в северной части и имеющую слабо выраженные уклоны на запад — юго-запад и восток — юго-восток. По характеру рельефа на территории области выделяется пять типов местности: плакорный, склоновый, надпойменно-террасовый, пойменный и зандровый.

Плакорный тип местности чаще всего встречается на западном склоне. Это плоские и пологоволнистые водораздельные равнины, покрытые черноземами и серыми лесными почвами без заметных признаков эродированности [27]. Рельеф его характеризуется мягкими очертаниями и лишь местами усложнен ложбинами стока, суффозионными западинами, где сформировались в основном неэродированные почвы. Преобладающую часть области занимает склоновый тип местности (табл. 1.1).

Склоновый или приречный тип местности – наклонные поверхности с пересеченным рельефом, смытыми почвами, нагорными и байрачными лесами. Как правило, к нему приурочена сеть свежих оврагов. Используя

Таблица 1.1

Распределение земель Белгородской области по крутизне склонов [27]

	Крутизна склонов						
	0-1°	1-2°	2-3°	3-5°	5-8°	8-10°	Свыше 10°
Площадь, тыс. га	558	520	820	439	193	87	96
% к территории области	21	19	30	16	7	3	4

склоновый тип местности в сельском хозяйстве есть необходимость в проведении противоэрозионных мероприятий [27].

Анализ литературы показал, что 30% площади земель области расположено на склонах крутизной более 3°. Вследствие этого значительное развитие в границах области получила овражно-балочная сеть. Количество действующих оврагов на 1 км² колеблется от 0,5 (Старооскольский район) до 1,1 (Волоконовский, Губкинский, Корочанский районы) (рис. 1.1).

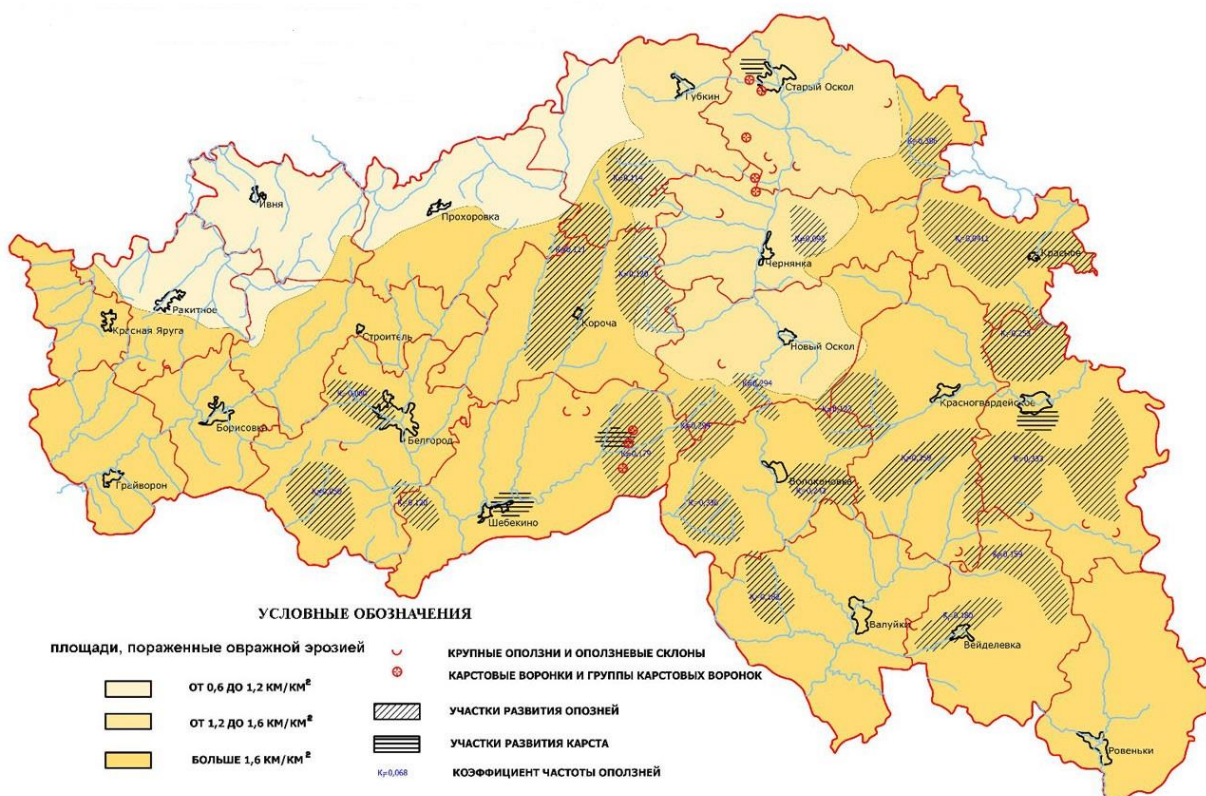


Рис.1.1. Карта пораженности территории Белгородской области эрозией и другими экзогенными процессами [2]

На территории области много речных долин, образованных реками Северским Донцом, Осколом, Ворсклой, Сеймом, Псёлом, Тихой Сосной, Айдаром и их притоками. Общей закономерностью в строении речных долин является четко выраженная их асимметрия. У истоков реки области протекают по днищам равноклонных балок. При придвижении вниз по течению правый коренной берег становится высоким, крутым, а левый – выполаживается и понижается. Вследствие этого образуется надпойменно-террасовый тип местности – слабо эродированные лёссовые и песчаные надпойменные террасы рек. Характерны сосновые боры и суборы, местами – развеваемые пески [16].

Пойменный тип местности представляет собой заливаемые в половодье участки речных долин, покрытые лугами и мелколиственно-широколиственными лесами; в притеррасных понижениях пойм часто встречаются черноольшаники, образованные черной ольхой (*Alnus glutinosa*). Пойменные луга дают высокие урожаи сена [16].

На левобережье реки Оскол в бассейнах рек Убля, Котел, Меловатка и Геросим залегают изолированные массивы флювиогляциальных песчаных отложений, образующих водораздельные зандры. Зандровый тип местности – это песчаные равнины водно-ледникового происхождения, с малопродуктивными, часто заболоченными почвами, покрытыми сосновыми борами. Среди других типов местности этот тип выделяется незначительной распаханностью [27].

Господство склонового типа рельефа приводит к тому, что территория Белгородской области относится к числу самых эродированных областей в Центрально-Черноземной зоны России [10]. Наиболее эродированным районом области считается Красногвардейский район.

Развитие эрозионных процессов ведет к деградации почвы, снижению плодородия почв, что является огромной проблемой для сельского хозяйства. С 1981 года в Красногвардейском районе начали внедрять ландшафтную систему земледелия на контурно-мелиоративной основе [10].

Эта система определяла дифференцированное размещение севооборотов различной почвозащитной направленности, выделяя ландшафтные полосы с учётом степени смыва почв, крутизны склонов, интенсивности хозяйственного использования земель.

Основой данной ландшафтной системы стало оконтуривание склонов системой лесополос. Это позволяет зарегулировать интенсивный сток, сократить потери смыва почв, что позволяет повысить экологическую устойчивость агроландшафтов [10].

Для почвенного покрова Белгородской области хозяйственная деятельность человека сказалась в интенсивности распашки почв, что привело к таким негативным последствиям как смена естественного растительного покрова культурным, применение минеральных удобрений, пестицидов и ядохимикатов, уплотнении пахотного слоя, снижении содержания гумуса. Активная вырубка лесов и привела к уменьшению свойств серых лесных свойств.

1.2. Почвообразующие и подстилающие породы Белгородской области

Почвообразующие (материнские) породы – горные породы, из которых формируется почва. Почвообразующими породами могут быть любые породы. Подстилающая порода – горная порода, лежащая под материнской породой и отличающаяся от неё в литологическом отношении.

Наиболее распространенными почвообразующими породами в Белгородской области являются лессовидные суглинки и глины, лёссы, третичные глины, элювиальные отложения мела, аллювиальные и делювиальные отложения, пески и супеси [27].

Лёссы представлены желто-бурыми иловато-крупнопылеватыми средними суглинками (содержание физической глины от 39,1% до 44,8%). Их светлая окраска связана с тем, что минеральные зерна и агрегаты покрыты тонкими пленками извести. Наиболее светлоокрашенные лёссы образовались

в сухом, холодном климате. Яркую окраску имеют лёссы более теплого и влажного климата, где важную роль в окраске играют пленки гидроксидов железа. В отличие от лёссов лессовидные суглинки и глины встречаются повсеместно. Наиболее характерными физико-химическими свойствами лессовидных пород является слабощелочная реакция среды, достаточно высокая сумма поглощенных оснований и карбонатность [26].

В Белгородской области лёссы встречаются в западной части области (Ракитянский, Краснояружский, и Борисовский районы). Их площадь составляет 7,3 тыс. га. На этих породах обычно формируются чернозёмы типичные, выщелоченные и обычные [27].

В Старооскольском районе на границе с Воронежской областью залегают элювиальные карбонатные покровные глины. Они характеризуются палево-желтой окраской с коричневатым оттенком и мощностью 15-20 м. Содержание физической глины 72-83 %.

На востоке и юго-востоке области встречаются третичные глины. Для них характерна зеленовато-оливковая окраска и значительная карбонатность. Глины представляют собой мелкозернистые рыхлые породы, обладающие способностью образовывать с водой пластичное тесто, сохраняющее после высыхания приданную ему форму. В составе глин преобладают частицы диаметром менее 0,005 мм [26]. Содержание физической глины в этих породах колеблется от 61 до 82 %.

На склонах выступают продукты разрушения мела (элювий), их площадь составляет 97,6 тыс. га (фракция физической глины 43-64 %). На них сформировались черноземы остаточно-карбонатные смытые низкого плодородия [27].

Пески и супеси на территории области занимают площадь 59,9 тыс. га. Они являются породами флювиогляциального, реже древнеаллювиального происхождения. Это рыхлые, бесструктурные породы. В механическом составе преобладает фракция песка 80-96 %. Пески и супеси являются наименее ценными в агрономическом отношении почвообразующими

породами, на них сформировались бедные почвы легкого механического состава.

Древнеаллювиальные отложения на территории области занимают 69,6 тыс. га, они встречаются, как правило, на первой надпойменной террасе и являются древними отложениями рек (содержание физической глины 36-65 %). На них сформировались черноземно-луговые и лугово-черноземные почвы высокого естественного плодородия.

В поймах рек почвообразующими породами являются современные аллювиальные отложения, площадь которых составляет 129,9 тыс. га. Для этих пород характерна горизонтальная слоистость. В толще аллювия встречаются ржаво-охристые, сизые пятна, иногда прослойки торфа. По днищам балок почвообразование происходит на аллювиально-делювиальных отложениях; на них сформировались почвы резкой степени намывости.

1.3. Геохимические особенности Белгородской области

Впервые на особое значение химических элементов в почве указал В.И. Вернадский. Он одним из первых отметил значение биохимических процессов в почве и взаимосвязь с биосферой [4].

Изучение микроэлементов в почвах имеет длительную историю. Появление первых сведений о микроэлементах в почвах относится к концу XIX – началу XX века. В 1872 году К.А. Тимирязев впервые доказал необходимость цинка для высших растений, в 1897 году Г. Бертран дал формулировку микроэлементам и определил их необходимость для живых организмов в почвенной среде [19].

Микроэлементами являются группа элементов, которые содержатся в почве и растениях в микроколичествах ($< n \cdot 10^{-3} \%$). К этой группе относятся бор, марганец, молибден, медь, цинк, кобальт, йод, фтор и др. [23]. Все остальные элементы встречающиеся в почвах и растениях относятся к группе макроэлементов.

Микроэлементы в почвах содержатся в различных соединениях. Их недостаток в почвах, главным образом, может привести к снижению уровня урожайности растений. В настоящее время особое внимание уделяется изучению содержания и форм соединений микроэлементов в почвах и живых организмах.

Содержание и распределение микроэлементов в почве зависит от химического состава почвообразующих пород, условий почвообразования, антропогенных факторов. Заметное обогащение почв определёнными микроэлементами может наблюдаться недалеко от рудных месторождений, внесением в почву пестицидов, а также в результате загрязнения. Один из основных способов регулирования баланса элементов питания в почвах сельскохозяйственного назначения – это внесение минеральных удобрений [30]. Содержание микроэлементов в материнских породах зависит от гранулометрического состава.

На подвижность микроэлементов и форм их соединений в почвенном профиле могут оказывать влияние окислительно-восстановительные условия, реакция среды, содержание в почвах органического вещества и углекислого газа [23]. Например, изменение окислительно-восстановительного состояния почв сказывается на микроэлементах с переменной валентностью, так марганец при окислении переходит в нерастворимые формы. Реакция среды сказывается на подвижности микроэлементов, например, в кислой среде увеличивается подвижность меди, цинка, марганца, кобальта. А при увеличении содержания углекислого газа в почвах увеличивается подвижность марганца, никеля и бария.

В последнее время стал чаще использоваться термин «тяжелые металлы». Тяжелые металлы – это группа химических элементов, имеющих плотность более 5 г/см^3 . Сам термин был заимствован из технической литературы, где металлы делятся на тяжелые и лёгкие [1].

Представление об их токсичности является заблуждением, к этой группе относят такие элементы как марганец, железо, медь, цинк, т.е. те

элементы, которые необходимы живым организмам. В сельском хозяйстве некоторые из них называют микроэлементами. Таким образом, термины «микроэлементы» и «тяжелые металлы» характеризуют одни и те же элементы, но используются в различных значениях.

Имеется ещё одна группа металлов, за которыми закрепилось значение «тяжелые» в смысле токсичные – это ртуть, кадмий, свинец [1]. Это наиболее опасные загрязнители окружающей среды, используемые человеком в промышленности.

Как указано в предыдущем разделе, почвообразующими породами Белгородской области являются лессовидные суглинки и глины, лёссы, третичные глины, элювиальные отложения мела, аллювиальные и делювиальные отложения, пески и супеси. В породах тяжелого механического состава микроэлементов гораздо больше, чем в породах лёгкого состава [28].

По данным С.В. Лукина и Р.М. Хижняка можно рассмотреть географические закономерности распространения цинка, меди, свинца на территории Белгородской области [13].

Наиболее высокое валовое содержание цинка характерно для Вейделевского, Волоконовского, Новооскольского районов. Наименьшее содержание этого элемента наблюдается в районах, расположенных в лесостепной зоне: Краснояружский, Грайворонский, Борисовский, Ракитянский, Яковлевский, Прохоровский, Губкинский, Старооскольский.

Наибольшей концентрацией меди характеризуются так же почвы Вейделевского, Волоконовского, Новооскольского районов. Меньше всего меди наблюдается в Борисовском, Грайворонском, Ракитянском, Ивнянском районах.

В Ровеньском, Новооскольском, Волоконовском, Вейделевском, Алексеевском районах в почвах наблюдается максимальное содержание свинца, а наименьшее – в почвах Краснояружского, Ракитянского, Старооскольского районах.

Таким образом, можно сказать, что на территории Белгородской области наиболее высоким валовым содержанием микроэлементов отличаются почвы степной зоны, представленные чернозёмами типичными. Самые низкие показатели характерны для западной лесостепной зоны области, которая представлена чернозёмами типичными и выщелоченными.

По данным Чекмарёва П.А., Лукина С.В., Сискевича Ю.А [29] в Белгородской области повышенное содержание подвижных форм калия связано с использованием калийных и органических удобрений.

Для почвообразующих пород, по данным С.В. Меленцовой и С.В. Лукина [15], можно выделить следующую закономерность: содержание подвижных форм меди и цинка с глубиной повышается. Наблюдаются определенные тенденции к увеличению с глубиной марганца и уменьшению концентраций бора и железа.

Низкое содержание этих элементов в пахотном и подпахотном слое можно объяснить развитием эрозионных процессов и увеличением площадей сильноосмытых почв. В настоящее время молодые эрозионные формы рельефа в пределах агроландшафтов занимают 74% территории Белгородской области [11].

Также причинами низкой концентрации элементов в почвах сельскохозяйственного назначения могут являться: уменьшение использования органических и минеральных удобрений, вынос элементов с урожаем.

Один из самых распространённых загрязнителей – это тяжелые металлы. Эта проблема возникла с началом технической революции, хотя закрытие старых предприятий с устаревшей техникой и строительство экологически чистых заводов уменьшают выбросы тяжелых металлов, места загрязненные предыдущей человеческой деятельностью остались [6].

Глобальное загрязнение тяжелыми металлами не является постоянным и в последние годы снижается, в то время как региональное – охарактеризовать сложно.

В настоящее время детально изучают миграции и поведение микроэлементов в верхних слоях почвы. Геохимические же особенности почвообразующих и подстилающих пород изучены слабо. В то время, как именно почвообразующие породы определяют содержание того ли иного элемента в верхних слоях почвы.

2. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИСЛЕДОВАНИЯ

2.1. Общая характеристика участка

Исследования проводились на опытном участке ФГБНУ «Белгородский НИИСХ» (рис.2.1).

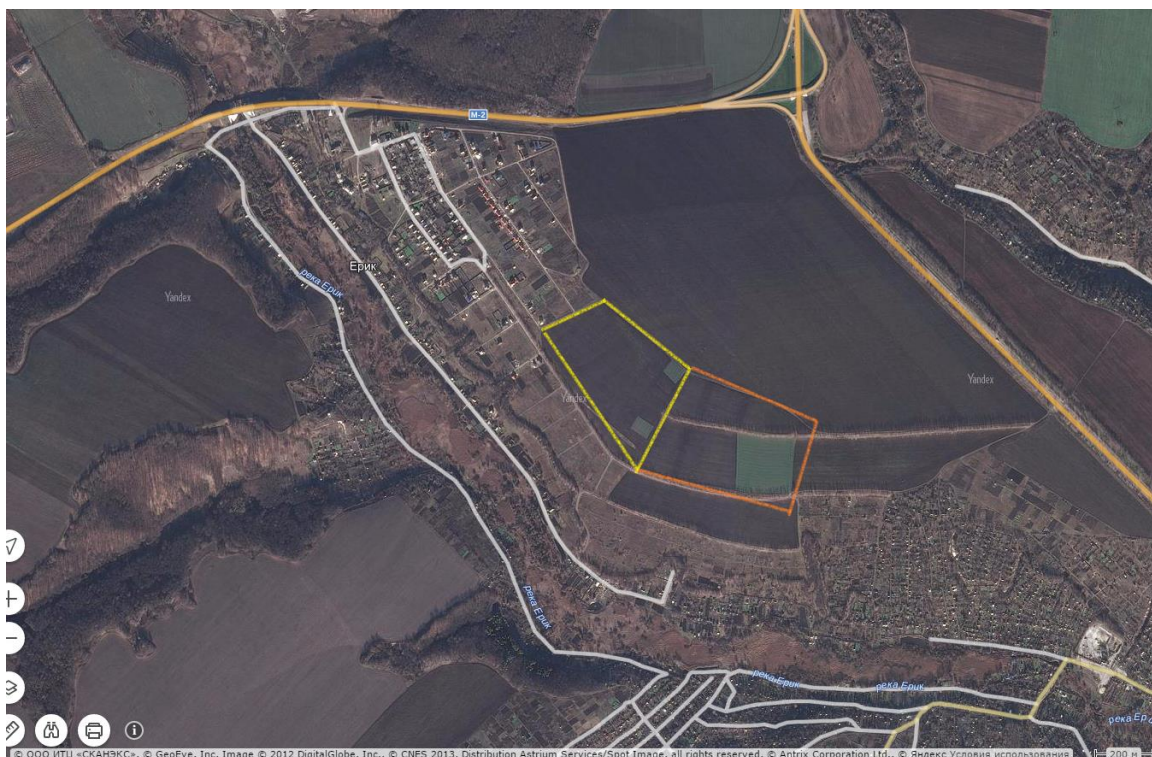


Рис.2.1. Район исследования – склон долины р. Ерик (основа снимка заимствована с сайта: <https://maps.yandex.ru>): желтый цвет – граница зональной системы земледелия; оранжевый – почвозащитной системы земледелия

Район исследования расположен на территории Белгородского района Белгородской области, в 7 км к северо-северо-западу от города Белгорода. Территориально участок на 300 м удален от села Ерик. Он располагается на Среднерусской возвышенности склоне юго-западной экспозиции долины реки Ерик [25]. Общий вид участка представлен на рисунке 2.2.



Рис. 2.2. Опытный участок ФГБНУ «Белгородский НИИСХ» (Фото автора)

Исследуемый участок является базовым объектом агроэкологического мониторинга. В опыт агроэкологического мониторинга включено две системы земледелия: обычная (зональная) и почвозащитная (ландшафтная). Обычная (зональная) система земледелия подразумевает использование почвы под пропашной пятипольный севооборот с чередованием культур: горох, озимая пшеница, сахарная свекла, ячмень, кукуруза.

Почвозащитная система земледелия подразумевает дифференцированное использование склона. Верхнюю часть склона (крутизной 1-3°) занимают зернопропашным севооборотом, а нижнюю – зернотравяным. По контуру склона на рубеже 3 и 5° располагаются лесополосы с валами-канавами [12].

Исследуемый участок подвержен антропогенному воздействию – распашке. В микрорельефе четко выражены борозды от вспашки. Крутизна склонов 1-3 и 3-5°. На рубеже склона в 3 и 5° посажены лесополосы. Эрозия на участке не выражена. Поверхность полностью задернована.

Почвообразующие породы исследуемого участка представлены покровными глинами, лессовидными суглинками, аллювиальными отложениями разной степени оглеения.

2.2. Объекты исследования

Полевой этап исследования проводился в сентябре 2014 года. Для отбора образцов было заложено 12 скважин на участках с обычной и ландшафтной системах земледелия на склонах крутизной 1-3° и 3-5°, т.е. по 3 скважины на каждом варианте. При этом, две скважины были глубиной до 3 м и одна – 5 м.

Таким образом, было получено 4 варианта опыта: 1) обычная система земледелия, крутизна 1-3°; 2) обычная система земледелия, крутизна 3-5°; 3) ландшафтная система земледелия, крутизна 1-3°; 4) ландшафтная система земледелия, крутизна 3-5°.

В поле было проведено морфологическое описание слоев почвообразующих и подстилающих пород. Ниже для примера приведены некоторые описания скважин.

Скважина № 1 была заложена 06.09.2014 в Белгородской области на опытном участке ФГБНУ «Белгородский НИИСХ» на склоне речной долины Среднерусской возвышенности. В микрорельефе представлены борозды от вспашки, поверхность почвы имеет сплошное задернение, эрозия не выражена. Участок относится к обычной системе земледелия. Координаты заложения N 50°42,839' E 36°31,235'. Юго-западная экспозиция склона, крутизной 3-5°. Формула профиля скважины: Ap-App-B-BCca-G₁ca-G₂ca-G₃ca-G₄ca-G₅ca-G₆ca-G₇ca-G. Описание слоёв представлено в таблице 2.1.

Скважина № 4 была заложена 06.09.2014 в Белгородской области на опытном участке ФГБНУ «Белгородский НИИСХ» на склоне речной долины Среднерусской возвышенности. В микрорельефе представлены борозды от

вспашки, поверхность почвы имеет сплошное задернение, эрозия не выражена. Участок относится к обычной системе земледелия. Координаты заложения N 50°42,887' E 36°31,249'. Юго-западная экспозиция склона, крутизной 1-3°. Формула профиля скважины: Ap-AB-Вса-С₁са-С₂са-С₃са-С₄са-С₅са-Г₁са-Г₂са-Г₃са-Г₄са. Описание слоёв представлено в таблице 2.2.

Скважина № 7 была заложена 07.09.2014 в Белгородской области на опытном участке ФГБНУ «Белгородский НИИСХ» на склоне речной долины Среднерусской возвышенности. В микрорельефе представлены борозды от вспашки, поверхность почвы имеет сплошное задернение, эрозия не выражена. Участок относится к ландшафтной системе земледелия. Координаты заложения N 50°42,761' E 36°31,405'. Юго-западная экспозиция склона, крутизной 3-5°. Формула профиля скважины: Ap- В- ВСса- С₁са-С₂са- С₃са- Г₁са- Г₂са- Г₃са- Г₄са- Г₁- Г₂. Описание слоёв представлено в таблице 2.3.

Скважина № 12 была заложена 07.09.2014 в Белгородской области на опытном участке ФГБНУ «Белгородский НИИСХ» на склоне речной долины Среднерусской возвышенности. В микрорельефе представлены борозды от вспашки, поверхность почвы имеет сплошное задернение, эрозия не выражена. Участок относится к ландшафтной системе земледелия. Координаты заложения N 50°42,845' E 36°31,543'. Юго-западная экспозиция склона, крутизной 1-3°. Формула профиля скважины: Ap-App-В₁са-В₂са-С₁са-С₂са-С₃са-С₄са-С₅са-С₆са-Г. Описание слоёв представлено в таблице 2.4.

Таблица 2.1

Морфологическое описание скважины № 1

Генетические горизонты и их мощность, см	Морфологическое описание: гранулометрический состав, окраска, новообразования, включения, эдафон, характер вскипания, прочие особенности
0-20 Ар	Тяжелый суглинок, окраска чёрная, биоформы: многочисленные остатки растений, немногочисленные корни, не вскипает
20-40 Арр	Тяжелый суглинок, окраска черная, биоформы: редкие остатки растений, немногочисленные корни, не вскипает
40-60 В	Тяжелый суглинок, темно-серая окраска с редкими палевыми вкраплениями, биоформы: единичные остатки растений, редкие корни, не вскипает
60-80 ВСса	Лёгкая глина, окраска неоднородная: на палевом фоне темно-ржавые вкрапления, железистые и карбонатные новообразования, вскипание среднее
80-100 G ₁ са	Тяжелый суглинок, неоднородная окраска: на зеленовато-палевом фоне палевые и белые пятна, карбонатные новообразования, эдафон: единичные корни, вскипание бурное
100-120 G ₂ са	Средний суглинок, окраска зеленовато-палевая с белыми пятнами, карбонатные новообразования, эдафон: единичные корни, вскипание бурное
120-140 G ₃ са	Средний суглинок, окраска зеленовато-палевая с белыми пятнами, карбонатные новообразования, эдафон: единичные корни, вскипание среднее
140-160 G ₄ са	Средний суглинок, окраска зеленовато-палевая с белыми пятнами, карбонатные новообразования, эдафон: единичные корни, вскипание неоднородное: среднее и бурное
160-180 G ₅ са	Средний суглинок, окраска темно-ржавая, карбонатные и железистые новообразования, эдафон: единичные корни, вскипание слабое, видны блестящие зерна кварца
180-200 G ₆ са	Средний суглинок, окраска темно-ржавая, карбонатные и железистые новообразования, эдафон: единичные корни, вскипание слабое, видны блестящие зерна кварца
200-250 G ₇ са	Средний суглинок, окраска темно-ржавая, карбонатные и железистые новообразования, эдафон: единичные корни, вскипание среднее, видны блестящие зерна кварца
250-300 G	Средний суглинок, неоднородная окраска: на зеленовато-палевом фоне желтые вкрапления, железистые новообразования, эдафон: единичные корни, не вскипает

Таблица 2.2

Морфологическое описание скважины № 4

Генетические горизонты и их мощность, см	Морфологическое описание: гранулометрический состав, окраска, новообразования, включения, эдафон, характер вскипания, прочие особенности
0-20 Ar	Лёгкая глина, черная, биоморфы: немногочисленные остатки растений, эдафон: немногочисленные корни, не вскипает
20-40 AB	Лёгкая глина, черная с легкой буроватостью, биоморфы: немногочисленные остатки растений, эдафон: немногочисленные корни, не вскипает
40-60 Bca	Лёгкая глина, неоднородная окраска: на темно-сером с буроватостью фоне палевые вкрапления, эдафон: редкие корни, вскипание среднее
60-80 C ₁ ca	Лёгкая глина, палевая окраска, карбонатные новообразования, эдафон: единичные корни, вскипание бурное
80-100 C ₂ ca	Лёгкая глина, палевая окраска, многочисленные карбонатные новообразования, эдафон: единичные корни, вскипание бурное
100-120 C ₃ ca	Лёгкая глина, палевая окраска, многочисленные карбонатные новообразования, эдафон: единичные корни, вскипание бурное
120-140 C ₄ ca	Лёгкая глина, палевая окраска, многочисленные карбонатные новообразования, эдафон: единичные корни, вскипание бурное
140-160 C ₅ ca	Лёгкая глина, палевая окраска, многочисленные карбонатные новообразования, эдафон: единичные корни, вскипание бурное
160-180 G ₁ ca	Тяжелый суглинок, неоднородная окраска: зеленовато-палевая со ржавыми пятнами, железистые и карбонатные новообразования, вскипание среднее
180-200 G ₂ ca	Тяжелый суглинок, неоднородная окраска: зеленовато-палевая с немногочисленными ржавыми пятнами, железистые и карбонатные новообразования, вскипание среднее
200-250 G ₃ ca	Тяжелый суглинок, неоднородная окраска: на зеленовато-палевом фоне белые и ржавые пятна, железистые и карбонатные новообразования, вскипание неоднородное: от слабого до очень бурного
250-300 G ₄ ca	Тяжелый суглинок, неоднородная окраска: на зеленовато-палевом фоне белые и ржавые пятна, железистые и карбонатные новообразования, вскипание неоднородное: от слабого до очень бурного

Таблица 2.3

Морфологическое описание скважины № 7

Генетические горизонты и их мощность, см	Морфологическое описание: гранулометрический состав, окраска, новообразования, включения, эдафон, характер вскипания, прочие особенности
0-20 Ар	Лёгкая глина, окраска черная, эдафон: редкие корни, не вскипает
20-40 В	Лёгкая глина, неоднородная окраска: на буро-сером фоне неясные палевые вкрапления, эдафон: редкие корни, не вскипает
40-60 ВСса	Лёгкая глина, неоднородная окраска: на палевом фоне бурые вкрапления, карбонатные новообразования, вскипание бурное
60-80 С ₁ са	Лёгкая глина, палевая окраска, карбонатные новообразования, эдафон: единичные корни, вскипание бурное
80-100 С ₂ са	Лёгкая глина, палевая окраска, карбонатные новообразования, эдафон: единичные корни, вскипание бурное
100-120 С ₃ са	Лёгкая глина, неоднородная окраска: на палевом фоне многочисленные белые вкрапления, карбонатные новообразования, вскипание бурное
120-140 G ₁ са	Тяжелый суглинок, окраска неоднородная: на зеленовато-палевом фоне светло-бурые вкрапления и бурые пятна, карбонатные новообразования, вскипание неоднородное: от слабого до бурного
140-160 G ₂ са	Средний суглинок, неоднородная окраска: на зеленовато-палевом фоне ржавые и белые пятна, карбонатные и железистые новообразования, вскипание среднее
160-180 G ₃ са	Средний суглинок, неоднородная окраска: на зеленовато-палевом фоне ржавые и белые пятна, карбонатные и железистые новообразования, вскипание среднее
180-200 G ₄ са	Средний суглинок, неоднородная окраска: на зеленовато-палевом фоне ржавые и белые пятна, карбонатные и немногочисленные железистые новообразования, вскипание слабое
200-250 G ₁	Средний суглинок, темнее предыдущего, железистые новообразования, не вскипает
250-300 G ₂	Средний суглинок, зеленовато-палевая окраска, железистые новообразования, не вскипает

Таблица 2.4

Морфологическое описание скважины № 12

Генетические горизонты и их мощность, см	Морфологическое описание: гранулометрический состав, окраска, новообразования, включения, эдафон, характер вскипания, прочие особенности
0-20 Ар	Лёгкая глина, чёрный, эдафон: редкие корни, не вскипает
20-40 Арр	Лёгкая глина, чёрный, эдафон: редкие корни, не вскипает
40-60 В ₁ са	Лёгкая глина, окраска неоднородная- буровато-серый с палевыми вкраплениями, карбонатные новообразования, эдафон: редкие корни, вскипает от среднего до бурного
60-80 В ₂ са	Лёгкая глина, неоднородная окраска: сизовато-серый с палевыми вкраплениями, карбонатные новообразования, эдафон: редкие корни, вскипание от среднего до бурного
80-100 ВСса	Лёгкая глина, окраска палевая с серыми вкраплениями, карбонатные новообразования, эдафон: единичные корни, вскипание бурное
100-120 С ₁ са	Лёгкая глина, окраска палевая, карбонатные новообразования, вскипание бурное
120-140 С ₂ са	Лёгкая глина, окраска палевая, карбонатные новообразования, вскипание бурное
140-160 С ₃ са	Лёгкая глина, окраска палевая, встречаются прослойки зеленоватого и темно-бурого цвета, чётко выделяются белые прослойки карбонатных новообразований, вскипание бурное
160-180 С ₄ са	Лёгкая глина, окраска палевая, встречаются прослойки зеленоватого и темно-бурого цвета, чётко выделяются белые прослойки карбонатных новообразований, вскипание бурное
180-200 С ₅ са	Лёгкая глина, окраска палевая, встречаются прослойки зеленоватого и темно-бурого цвета, чётко выделяются белые прослойки карбонатных новообразований, вскипание бурное
200-250 С ₆ са	Тяжелый суглинок, на зеленовато-палевом фоне ржавые пятна и белые вкрапления, железистые новообразования, вскипание слабое
250-300 G	Тяжелый суглинок, окраска зеленоватая с редкими вкраплениями ржавых пятен, вскипание отсутствует

2.3. Методы и методики исследования

В сентябре 2014 года был проведён экспедиционный этап работы. В поле было заложено 12 скважин и 6 разрезов (рис. 2.3). Был проведён отбор образцов и их морфологическое описание.

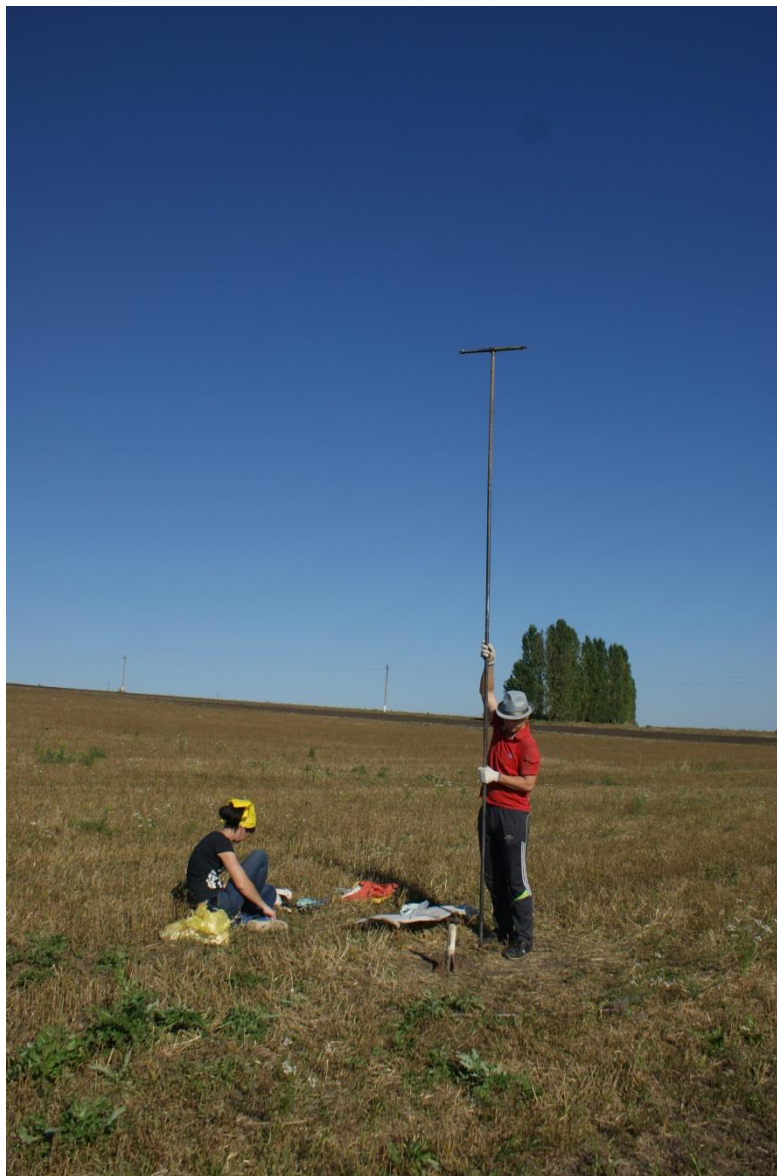


Рис. 2.3. Бурение пятиметровой скважины (Фото Гаджикеримовой А.Г.)

Для изучения геохимических особенностей почвообразующих и подстилающих пород использовался рентгенофлуоресцентный анализ на приборе «Спектроскан-Макс GV». Было проанализировано распределение 15

химических элементов, в том числе 8 макроэлементов ($\text{Fe}_{\text{общ}}$, Al_2O_3 , SiO_2 , P_2O_5 , K_2O , MgO , Na_2O , CaO) и 7 микроэлементов (Mn , Cu , Zn , Sr , Pb , Cr , Ba).

Подготовка образцов к анализу включала следующие этапы:

1. Отбора рабочего образца массой 15-25 г из измельченной почвы методом квартования. Высушенную и измельченную пробу рассыпали на ровной поверхности в виде квадрата с толщиной слоя 2 мм. Квадрат делили диагоналями на четыре треугольника, причем содержимое одной пары противоположных треугольников объединяли вместе, образуя, таким образом первый рабочий образец, а другую пару использовали в качестве второго рабочего образца (дубликата). Если полученный рабочий образец значительно превышал 25 г, то с ним вновь проводили процедуру квартования.

2. Рабочий образец дополнительно измельчали до пудры на оборудовании, не загрязняющем пробу (рис. 2.4).



Рис. 2.4. Измельчение образца до состояния пудры
(Фото Гаджикеримовой А.Г.)

3. Готовый рабочий образец помещают в специальные бюксы, с использованием стерильных предметов. В аппарат образцы загружаются последовательно (рис. 2.5). Принцип работы спектроскана основан на рентгенфлуоресцентном анализе. Анализируемый объект подвергается рентгеновскому излучению. Атомы того или иного химического элемента имеют характерные спектральные линии (для каждого элемента линии индивидуальны). Иначе говоря, по наличию линий можно судить о наличии элементов, а по ярости этих линий можно определить количественно концентрацию элемента.

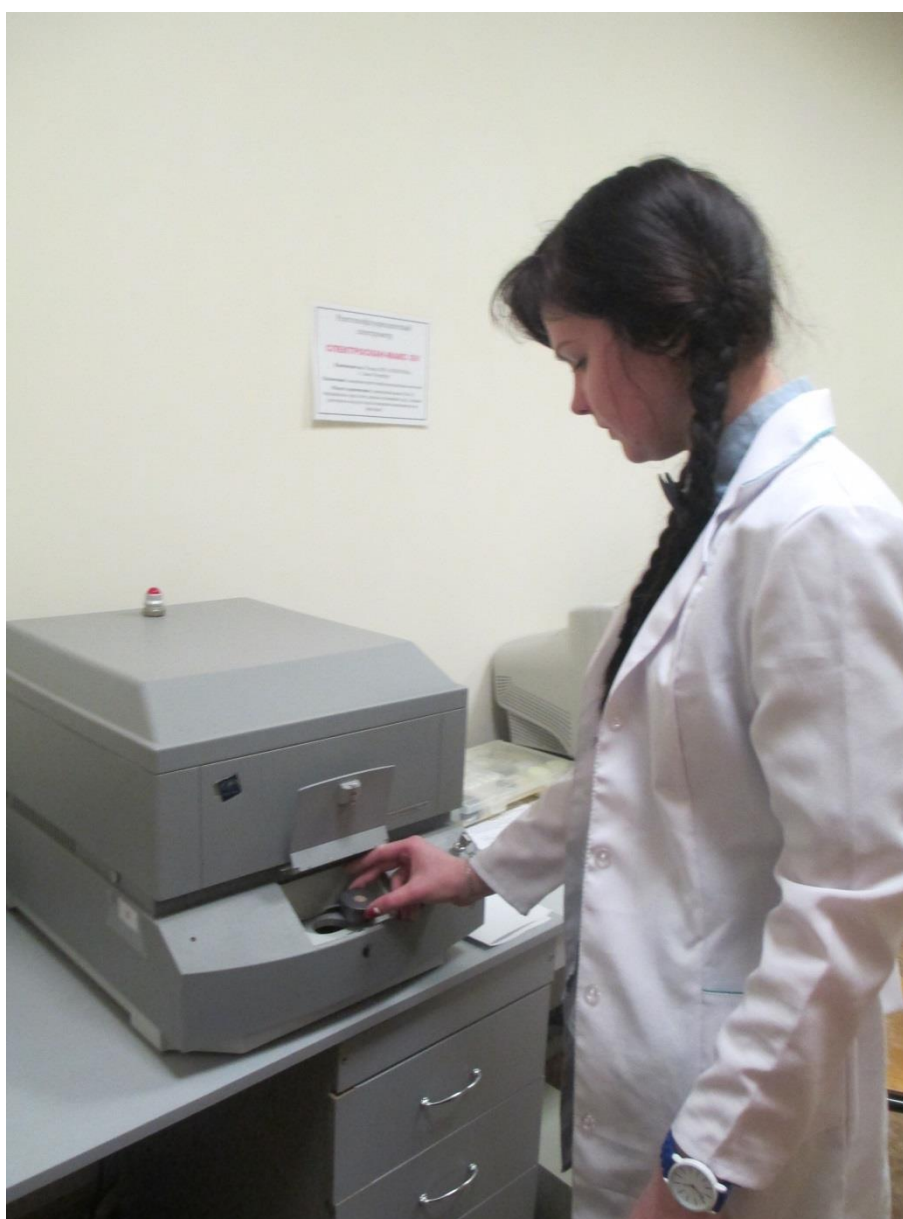


Рис. 2.5. Загрузка образцов в аппарат (Фото Гаджикеримовой А.Г.)

pH водной суспензии мы определяли потенциометрическим методом на приборе «Экотест–120».

В ФГБУ «Центр агрохимической службы «Белгородский» проводились следующие анализы: определение подвижных соединений двух- и трёхвалентного железа по Веригиной-Аринушкиной ГОСТ 27395-87; гигроскопическая влажность, гранулометрический состав по ГОСТ 12536-79.

По учебнику Дмитриева Е.А. [9] были рассчитаны главные статистические параметры: среднее значение, стандартное отклонение, ошибка среднего, коэффициент вариации, дисперсия для следующих математико-статистические методов:

- метод расчёта коэффициента корреляции – позволяет показать степень прямолинейной связи между признаками;
- коэффициент детерминации – показывает долю варьирования одного признака под воздействием другого;
- оценка значимости различий между средними по НСР (наименьшая существующая разность).

3. ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЕ И ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЧВООБРАЗУЮЩИХ И ПОДСТИЛАЮЩИХ ПОРОД НА СКЛОНЕ ДОЛИНЫ РЕКИ ЕРИК

3.1. Гранулометрический состав пород

Почвы формируются на рыхлых отложениях, которые являются продуктами выветривания, т.е. разрушения, преобразования и переотложения исходных плотных пород, и представляют собой смесь минеральных частиц различной крупности, называемых механическими элементами. При этом соотношение частиц разного размера может быть весьма различным в зависимости от характера исходной породы, направления (типа), интенсивности и длительности выветривания, определяя тот или иной гранулометрический состав отложений или элювия породы и соответственно, формирующихся на них почв.

Гранулометрическим (механическим) составом почвы называется массовое соотношение (относительное содержание в процентах) в ее составе твердых частиц (механических элементов) разной крупности, выделяемых в пределах непрерывного ряда определенных условных групп крупности (гранулометрических фракций) [24].

Песчаная фракция (1-0,25 мм) – обломки разных горных пород и минералов. Имеют высокую водопроницаемость, хорошо фильтруют воду, не набухают, не пластичны.

Фракция крупной пыли (0,25-0,001 мм) – мало чем отличается от песчаной фракции и имеет те же свойства.

Фракция средней пыли (0,01-0,005 мм) – содержит слюду. Лучше удерживает влагу. Почвы с преобладанием данной фракции склонны к уплотнению и образованию корки.

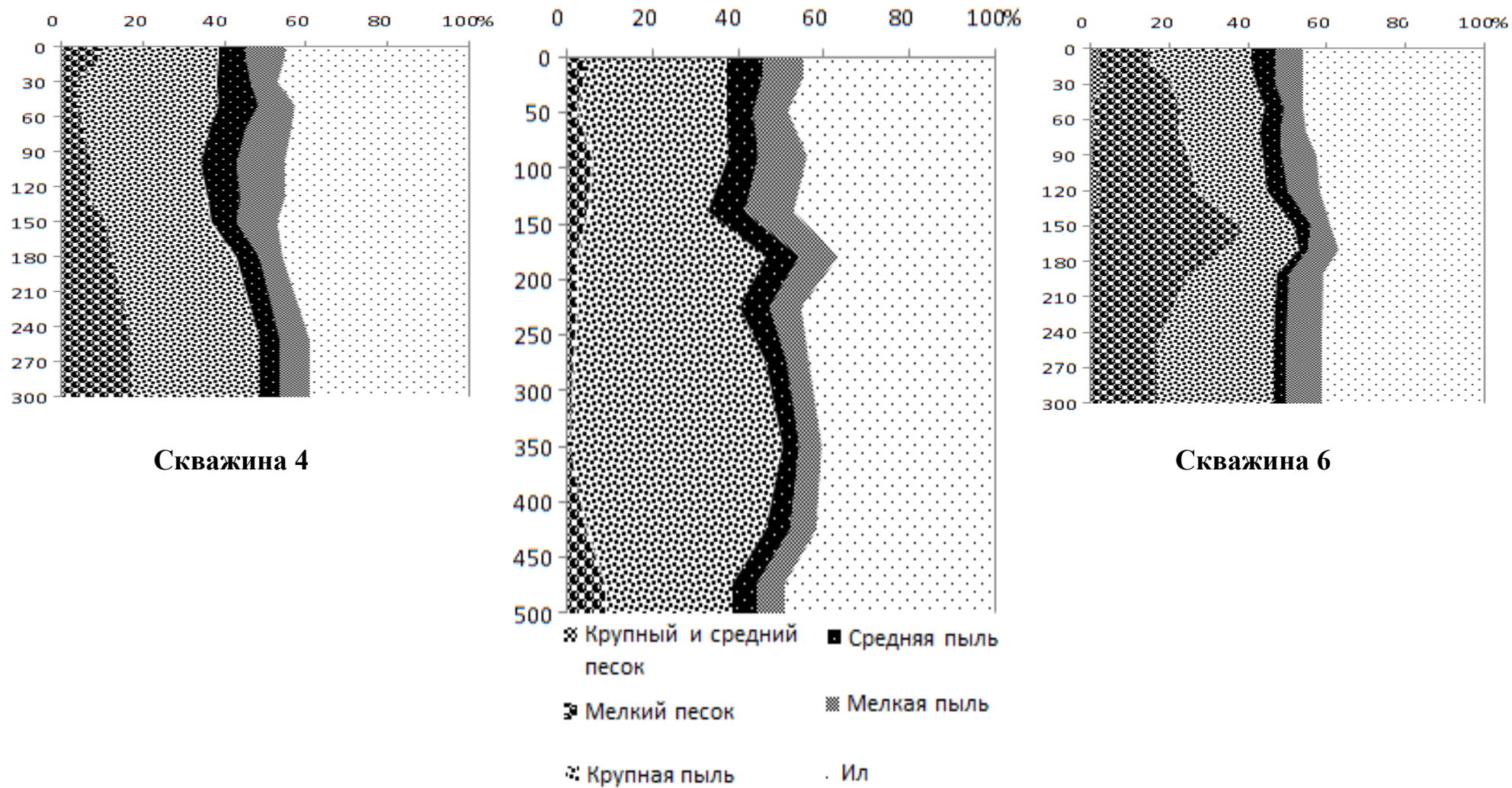
Фракция тонкой пыли (0,005-0,001) – может содержать органические вещества, отсутствуют горные породы. Проявляется способность к

структурообразованию. В почвах с содержанием этой фракции могут проявляться такие свойства как: набухание, низкая водопроницаемость, липкость, трещиноватость.

Ил ($< 0,001$ мм) – состоит из вторичных глинистых минералов, гумусовых и органоминеральных веществ. Свойства данной фракции зависят от состояния дисперсности частиц [3].

Рассмотрим особенности профильного распределения фракций гранулометрического состава в изучаемых породах. На рисунке 3.1. представлена ситуация в зональной системе земледелия на склоне $1-3^\circ$. Породы начинаются с глубины около 1 метра, поэтому мы будем рассматривать эти глубины. Морфологическое описание показало, что в скважине 4 почвообразующей породой являются лессовидные суглинки, подстилаемые аллювиальными отложениями, в скважине 5 – покровная глина подстилается лессовидными суглинками, скважина 6 – покровные суглинки подстилаются аллювиальными отложениями. Гранулометрический состав скважины 4 до глубины 200 см однороден и представлен лёгкой глиной, ниже 200 см – тяжёлый суглинок. В скважине 5 гранулометрический состав неоднородный: с глубины 100 до 160 см представлена лёгкая глина, с 160 до 450 см – тяжёлый суглинок, 450-500 см – лёгкая глина. В скважине 6 гранулометрический состав однороден, все горизонты представлены тяжёлым суглинком.

Рисунок 3.2 показывает ситуацию в зональной системе земледелия на склоне $3-5^\circ$. Морфологическое описание показало, что в скважине 1 представлены аллювиальные отложения, в скважине 2 – покровные суглинки, подстилаемые аллювиальными отложениями, в скважине 3 – покровные суглинки, подстилаемые лессовидными суглинками. Гранулометрический состав пород 1 скважины однороден и представлен лёгкой глиной, за исключением глубины 80-100 см, где представлен тяжёлый суглинок. В скважине 2 гранулометрический состав неоднородный: с 80 до 300 см представлен средний суглинок, с 300 до 350 см – тяжёлый суглинок, с 350 до



Скважина 5

Рис. 3.1. Гранулометрический состав почв и пород в скважинах 4-5 на обычной системе земледелия при крутизне склона 1-3°

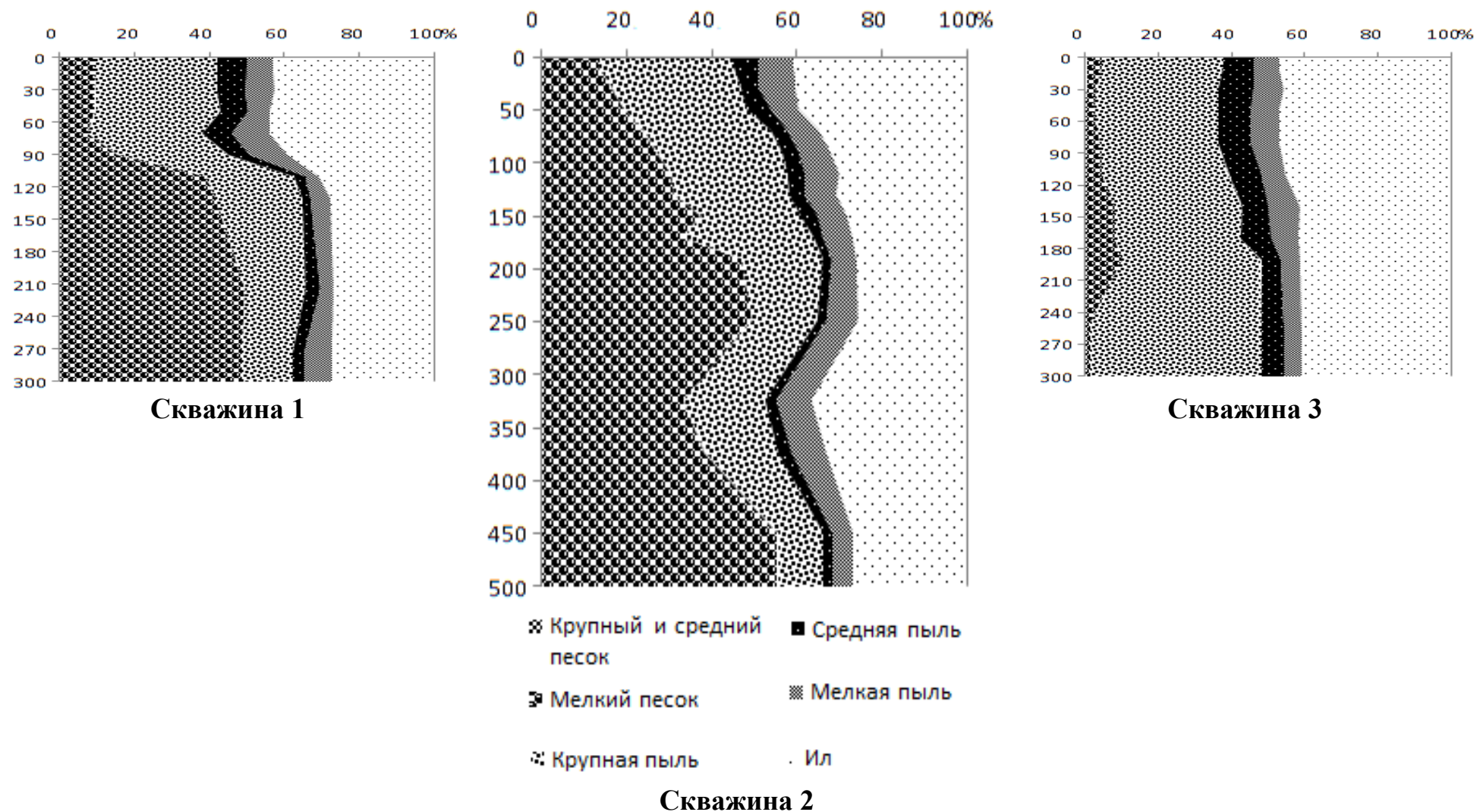


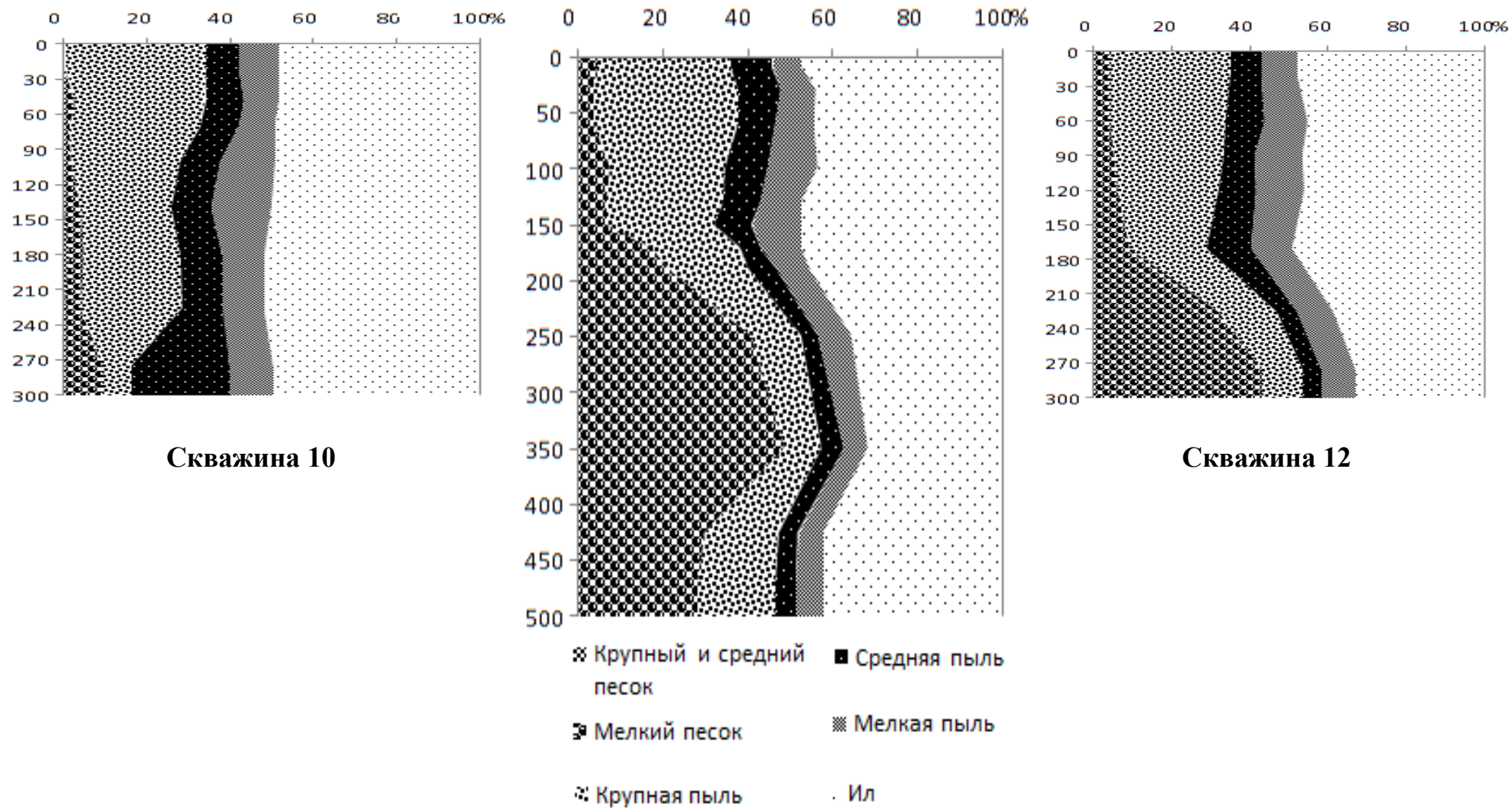
Рис. 3.2. Гранулометрический состав почв и пород в скважинах 1-3 на обычной системе земледелия при крутизне склона 3-5°

500 см – средний суглинок. Гранулометрический состав 3 скважины с 100 до 120 см представлен лёгкой глиной, а с 120 до 300 см – тяжёлым суглинком.

Рисунок 3.3 показывает ситуацию в ландшафтной системе земледелия на склоне 1-3°. Морфологическое описание показало, что для скважины 10 и 12 породами являются лессовидные суглинки, а для скважины 11 – лессовидные суглинки, подстилаемые аллювиальными отложениями. Гранулометрический состав 10 скважины на глубинах 80-250 см однороден и представлен лёгкой глиной, глубина 250-300 см представлена средним суглинком. Гранулометрический состав 11 скважины неоднородный: для глубин 120-180 см характерна лёгкая глина, с 180 до 300 см – тяжёлый суглинок, с 300 до 400 см – средний суглинок, с 400 до 500 см – тяжёлый суглинок. В 12 скважине гранулометрический состав так же неоднородный: на глубинах 100-200 см представлена лёгкая глина, с 200 до 300 см – тяжёлый суглинок.

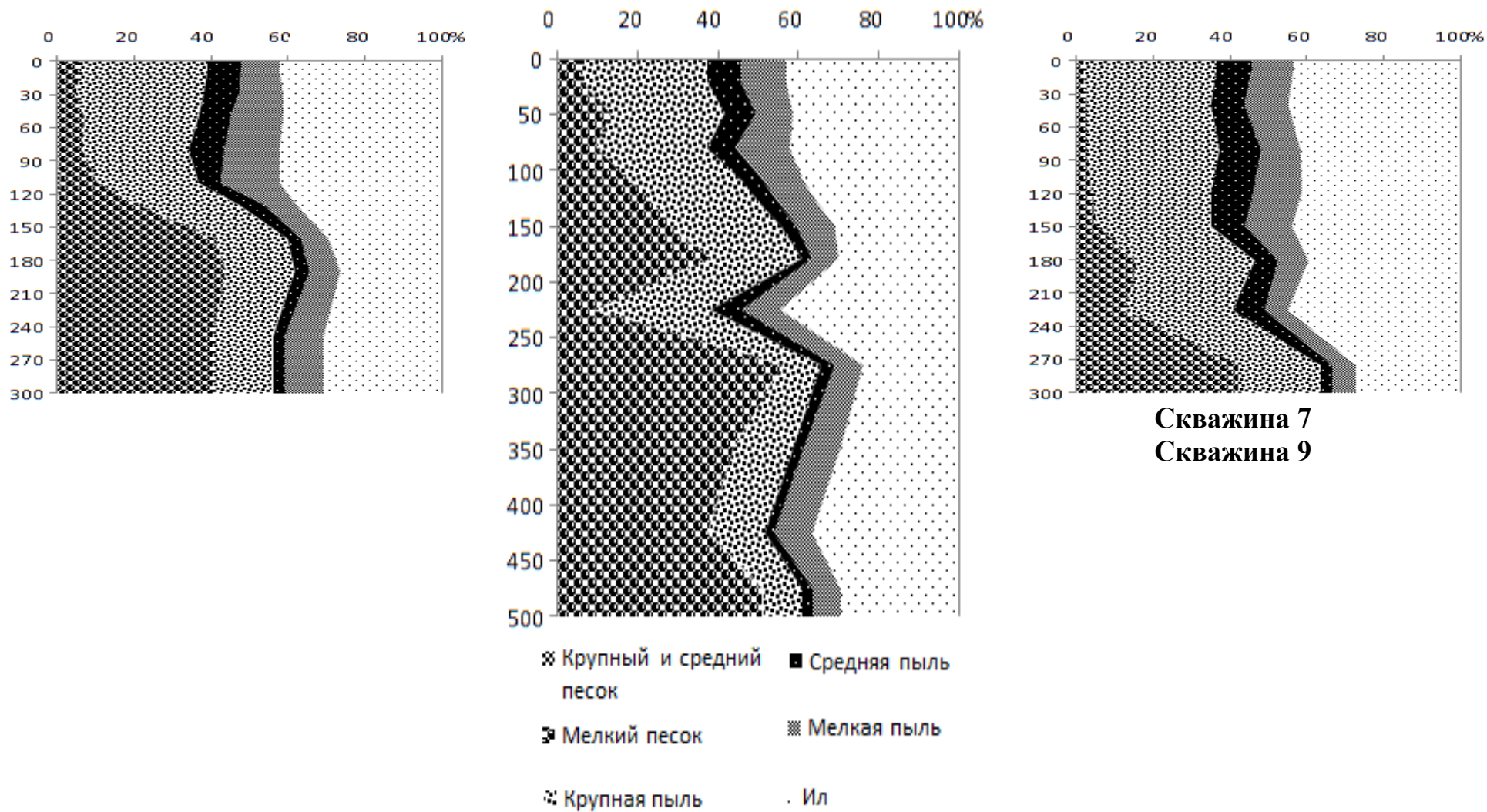
На рисунке 3.4 представлена ситуация в ландшафтной системе земледелия на склоне 3-5°. Морфологическое описание показало, что для скважин 7 и 9 породами являются лессовидные суглинки, а в скважине 8 лессовидные суглинки, подстилаемые аллювиальными отложениями. Гранулометрический состав скважины 7 неоднородный: с 60 до 120 см представлена лёгкая глина, с 120 см до 140 см – тяжёлый суглинок, с 140 до 300 см – средний суглинок. Для скважины 8 гранулометрический состав очень разнообразный: с 100 до 140 см представлен тяжёлый суглинок, с 140 до 200 см – средний суглинок, с 200 до 250 см – лёгкая глина, с 250 до 400 см – средний суглинок, с 400 см до 450 см – тяжёлый суглинок, с 450 до 500 см – средний суглинок. В скважине 9 гранулометрический состав так же неоднородный: с глубины 100 до 160 представлена лёгкая глина, с 160 до 250 см – тяжёлый суглинок, с 250 до 300 см – средний суглинок.

Первый вариант опыта – склон крутизной 1-3° обычной системы земледелия, скважины 4-6. В 4 скважине в почве преобладают фракции



Скважина 11

Рис. 3.3. Гранулометрический состав почв и пород в скважинах 10-12 на ландшафтной системе земледелия при крутизне склона 1-3°



Скважина 8

Рис. 3.4. Гранулометрический состав почв и пород в скважинах 7-9 на ландшафтной системе земледелия при крутизне склона 3-5°

крупной пыли и ила, с глубиной понижается содержание крупной пыли (120-150 см). В породе повышается содержание мелкого песка, крупной пыли, ила и понижается содержание средней пыли. В 5 скважине для почв характерно высокое содержание фракций крупной пыли и ила. С глубины 150 и до 350 см минимальное содержание мелкого песка, в породе оно повышается. Также в породе увеличивается содержание фракций крупного песка и ила. В 6 скважине в почве наибольшее содержание фракции крупного и среднего песка, повышенное содержание крупной пыли и ила. В породах отмечается понижение фракций крупного и среднего песка, средней пыли и незначительное уменьшение ила. Фракции крупной и мелкой пыли в породе увеличиваются.

Для всех скважин этого варианта характерной особенностью является минимальное содержание фракции средней пыли. Сильно отличается содержание фракции мелкого песка. В 4 скважине до 120 см его содержание уменьшается, ниже увеличивается. В 5 скважине с 200 до 400 см содержание фракции мелкого песка самое минимальное (0,64-2,7 %). В 6 скважине на глубинах 150-180 см его содержание самое максимальное (38,58 %).

Второй вариант опыта – склон крутизной 3-5° обычной системы земледелия, скважины 1-3. В 1 и 2 скважинах в почвах преобладают фракции крупной пыли и ила. Для пород 1 и 2 скважин характерны одинаковые тенденции: значительное повышение фракции мелкого песка и понижения – крупной и средней пыли, ила. В скважине 1 с глубины 120 см идет резкое увеличение фракции мелкого песка (39-49,48 %). Во 2 скважине с 100 до 300 см увеличение фракции мелкого песка (30,3-49,51 %), 300-350 см содержание незначительно уменьшается (33,32 %), с 350 до 500 см снова увеличивается (54,37 %). В 3 скважине в почвах преобладает фракция ила. В породах этой скважины наблюдаются тенденции к увеличению фракции крупного песка (32,15-46,77 %), и уменьшению всех остальных. Содержание фракции средней пыли во всех скважинах незначительно 2-4 %, лишь в 3 скважине ее содержание достигает до 9,45 %.

Третий вариант опыта – склон крутизной 1-3° ландшафтной системы земледелия, скважины 10-12. Для почв 10 скважины характерны фракции крупной пыли и ила. В породах увеличивается содержание фракций мелкого песка с 1,56 до 8,66 % и средней пыли с 9,06 до 23,47 %, уменьшается – крупная пыль с 31,39 до 6,83 %. В породах 11 и 12 скважин преобладают фракции мелкого песка и ила, и так же незначительные содержания фракций крупной и средней пыли. В 11 скважине с глубины 150 до 350 см содержание фракции мелкого песка увеличивается с 5,64 до 48,4 %, а с 350 см резкое понижение до 27,85 %. В породах 12 скважины на глубине 180 см резкое увеличение фракции мелкого песка с 9,12 до 42,73%.

Четвёртый вариант опыта – склон крутизной 3-5° ландшафтной системы земледелия, скважины 7-9 (рис. 3.4). Для этих скважин характерно повышение с глубиной содержания фракции мелкого песка и понижения средней пыли. В 7 скважине на глубине 150 см резко увеличивается фракция мелкого песка с 9,59 до 43,5 %, уменьшается содержание средней пыли до 3,11 %. В скважине 8 имеются различные тенденции для фракции мелкого песка: на глубине 150-200 см его содержание увеличивается до 38,04 %; 200-250 см уменьшается до 8,77%; 300 см увеличивается до 43,84 %; до 450 см понижается к значению 37,44 %, и до конца профиля увеличивается до 50,49 %. В скважине 9 с глубины 150 см идёт резкое увеличение фракции мелкого песка (4,03-42,4 %) и уменьшение средней пыли (10,29-2,98 %)

3.2. Накопление и рассеивание элементов в полугидроморфных условиях долины реки Ерик

Исследуемый участок отличается разнообразием почвообразующих пород, что связано со склоновым характером рельефа и действием реки на литологические особенности пород. На рисунке 3.5 показано содержание микроэлементов в почвообразующих породах в сравнении с условным мировым кларком литосферы.



Рис.3.5. Коэффициент концентрации микроэлементов КК по отношению к кларку литосферы по А.П. Виноградову

Установлено, что превышен кларк Cr (Кк 1,3-1,4). Все остальные элементы характеризуются рассеянием, при этом образуется следующий ряд: $Mn > Cu > Sr > Zn > Ba > Pb$, т.е. наибольшим рассеянием отличается марганец, практически не рассеивается и близок к кларку литосферы свинец.

Таким образом, почвообразующие породы исследуемого участка отличаются пониженным содержанием микроэлементов в сравнении с кларком литосферы, за исключением содержания хрома. Сравнение трех типов пород показывает, что минимальными концентрациями всех элементов, кроме хрома, отличаются аллювиальные суглинки, а максимальными – лессовидные суглинки.

На рисунке 3.6 представлено содержание макроэлементов в почвообразующих породах в отношении к кларку литосферы по А.П. Виноградову [5].

Все элементы характеризуются рассеиванием, образуя следующий ряд: $P_2O_5 > Na_2O > MgO > CaO > K_2O > Fe_{общ} > Al_2O_3 > SiO_2$, где наибольшим рассеиванием отличается P_2O_5 , а меньше рассеивается и близок к кларку литосферы SiO_2 .

Отсюда следует, что исследуемые породы отличаются низким содержанием изучаемых макроэлементов в сравнении с кларком литосферы.

Минимальными концентрациями отличаются покровные суглинки и глины, за исключением $Fe_{\text{общ}}$ и SiO_2 . В лессовидных суглинках наблюдается наибольшие концентрации Al_2O_3 , K_2O , CaO .

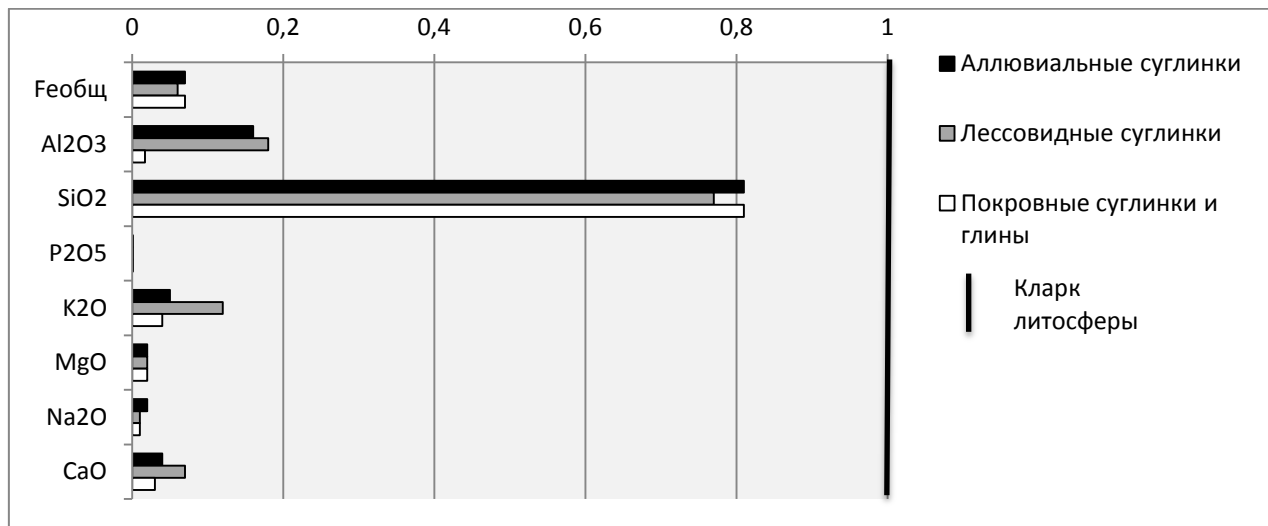


Рис.3.6. Коэффициент концентрации макроэлементов Кк по отношению к кларку литосферы по А.П. Виноградову

Обобщенные результаты элементного состава различных почвообразующих и подстилающих пород представлены в таблицах 3.1-3.2.

Таблица 3.1

Содержание макроэлементов в породах исследуемого участка [32]

Породы	Fe общ	Al_2O_3	SiO_2	P_2O_5	K_2O	MgO	Na_2O	CaO
Неоглеенные n=43	<u>3,25</u> 0,65	<u>10,62</u> 1,25	<u>58,39</u> 2,12	<u>0,07</u> 0,87	<u>4,85</u> 1,94	<u>1,10</u> 0,37	<u>0,85</u> 0,21	<u>3,87</u> 1,11
Оглеенные n=38	<u>3,7</u> 0,74	<u>9,29</u> 1,09	<u>61,94</u> 2,24	<u>0,06</u> 0,75	<u>3,58</u> 1,43	<u>1,12</u> 0,37	<u>0,76</u> 0,19	<u>2,19</u> 0,63

Примечание. Числитель – абсолютное содержание макроэлементов (%), знаменатель – отношение концентрации элементов к кларку литосферы по А.П. Виноградову (КК)

Таблица 3.2

Содержание микроэлементов в породах исследуемого участка [32]

Породы	Mn	Cu	Zn	Sr	Pb	Cr	Ba
Неоглеенные n=43	$\frac{383}{0,38}$	$\frac{31}{0,66}$	$\frac{57}{0,69}$	$\frac{269}{0,79}$	$\frac{18}{1,10}$	$\frac{104}{1,25}$	$\frac{469}{0,72}$
Оглеенные n=38	$\frac{150}{0,15}$	$\frac{23}{0,49}$	$\frac{49}{0,59}$	$\frac{228}{0,67}$	$\frac{13}{0,83}$	$\frac{121}{1,45}$	$\frac{500}{0,77}$

Примечание. Числитель – абсолютное содержание микроэлементов (мг/кг), знаменатель – отношение концентрации элементов по отношению к кларку литосферы по А.П. Виноградову (КК)

Анализ результатов показывает, что литогеохимический фон в неоглеенных породах характеризуется показателями, близкими к кларку литосферы для всех элементов, кроме SiO_2 , содержание которого более чем в 2 раза превышает кларк литосферы. Для MgO , Na_2O , Mn, Cu, Zn, характерно низкое содержание по сравнению с кларком литосферы, особенно для MgO и Na_2O .

В оглеенных горизонтах по сравнению с неоглеенными горизонтами повышается КК для $\text{Fe}_{\text{общ}}$, SiO_2 , Cr, Ba и снижается для Al_2O_3 , P_2O_5 , K_2O , Na_2O , CaO, MgO , Cu, Zn, Sr, Pb. Из этого можно сделать вывод, что в условиях оглеения происходит обеднение породы рядом элементов.

По данным Д.В. Московченко [17], для полугидроморфных условий с господством восстановительной глеевой обстановки характерно интенсивное накопление Cr, Ni, Cu, Co и в меньшей степени – Zn. Эта закономерность установлена им при изучении ландшафтно-геохимических особенностей Приполярного и Северного Урала. По отношению к Cr нами получены аналогичные результаты: среднее содержание Cr в неоглеенных горизонтах составило 104 мг/кг, а в оглеенных – 121 мг/кг. Одной из причин накопления сидерофильных элементов, по мнению Д.В. Московченко с соавторами [18] может являться связь таких элементов с железоорганическими комплексами, осаждающимися на окислительных барьерах.

Сидерофильные элементы – это элементы, которые растворяются в железных сплавах, к их числу относят Fe, Co, Ni, Mo, Ru, Rh, Pd, Re, Os, Ir, Pt.

В то же время содержание Cu и Zn в оглеенных горизонтах ниже, чем в неоглеенных. Таким образом, в конкретных ландшафтных условиях закономерности поведения этих элементов различаются.

Анализ содержания элементов в изученных породах позволял предполагать, что в оглеенных горизонтах накапливаются Cr и Ba, но снижается содержание Mn, Cu, Zn, Sr, Pb. Для подтверждения высказанной гипотезы мы провели математико-статистическую обработку результатов (табл. 3.3).

Таблица 3.3

Статическая оценка распределения микроэлементов в почвообразующих и подстилающих породах на склоне долины р. Ерик [32]

Химический элемент	n	X _{ср} , мг/кг	V, %	НСР 0,95	d	Оценка достоверности результатов
Хром: Неоглеенные породы	43	104	12	7,8	16,0	Достоверно
Оглеенные породы	38	120	18			
Медь: Неоглеенные породы	43	31	5	17,7	9,0	Не достоверно
Оглеенные породы	38	22	6			
Цинк: Неоглеенные породы	43	57	6	18	9,0	Не достоверно
Оглеенные породы	38	48	3			
Стронций: Неоглеенные породы	43	269	27	81,7	41,0	Не достоверно
Оглеенные породы	38	228	20			
Барий: Неоглеенные породы	43	469	2	62	31,0	Не достоверно
Оглеенные породы	38	500	5			
Марганец: Неоглеенные породы	43	383	33	133	234	Достоверно
Оглеенные породы	38	149	46			
Свинец: Неоглеенные породы	43	17	4	8	4	Не достоверно
Оглеенные породы	38	13	6			

Установлено, что изученные элементы характеризуются варьированием от незначительного (Cu, Zn, Ba, Pb) до небольшого (Cr) и среднего (Sr). Коэффициент варьирования для Mn изменяется от среднего в неоглеенных горизонтах до высокого в оглеенных, что согласуется с увеличением подвижности Mn при нарастании гидроморфизма. Оценка достоверности различий между средними содержаниями элементов в неоглеенных и оглеенных горизонтах показала, что с вероятностью 95% можно утверждать наличие достоверного увеличения содержания Cr при развитии в породах глеевого процесса [32].

Также выявлено достоверное понижение содержания Mn при развитии оглеения в породах. В литературе встречаются указания, что в агрочерноземах гидрометаморфизованных в верхней части профиля распределение Mn идет по четко выраженному равномерно-аккумулятивному типу, а в нижней части, с глубины 80 см проявляются признаки регрессивно-аккумулятивного распределения, что, связано с изменением подвижности этого элемента в нижней толще полугидроморфных почв [14]. На исследуемом участке гидрометаморфизованные черноземы являются преобладающими. Для остальных проанализированных элементов речь может идти лишь о тенденции, которая не доказана.

3.3. Гидроморфизм и его проявление на исследуемом участке

В настоящее время на территории Европейской России реальной угрозой земледелию и экологии среды обитания биоты становится интенсивное переувлажнение почв, в первую очередь – черноземов [7]. Нарастающий гидроморфизм черноземов детально изучен на территории Тамбовской области [21]. Все чаще автоморфные почвы степной и лесостепной зон превращаются в деградированные гидроморфные. Основными причинами переувлажнения черноземов являются увеличение

притока пресных инфильтрационных вод вследствие интенсивного ирригационного строительства, увеличение осадков за вегетационный период, применение тяжелой сельскохозяйственной техники, приводящей к образованию водоупорных подпахотных горизонтов [22].

Белгородская область находится в лесостепной и степной зонах, и около 77% ее территории занимают черноземы. Стратегической основой развития земледелия в области является почвозащитное земледелие с контурно-мелиоративной организацией территории. В ФГБНУ «Белгородский НИИСХ» проводятся многолетние исследования по организации агроэкологического мониторинга в ландшафтном земледелии Центрально-Черноземной зоны.

Согласно [25], в почвенном покрове опытного участка в момент его организации господствовали черноземы типичные и выщелоченные. Исследования, проведенные в 1999 году под руководством профессора Л.Г. Смирновой, показали нарастание площадей луговато-черноземных почв на участке с ландшафтной системой земледелия. Таким образом, на исследуемом участке наблюдается вторичный гидроморфизм.

Мы рассмотрели влияние используемых систем земледелия на проявление гидроморфизма в почвах и почвообразующих породах опытного участка.

Известно, что существенное изменение окислительно-восстановительного режима вносит свои коррективы в миграционную способность ряда элементов, особенно с переменной валентностью: трудно- и малорастворимые соединения Fe^{3+} в восстановительной среде переходят в более реакционные и подвижные закисные формы [20]. В связи с этим содержание подвижного железа может отражать степень проявления переувлажнения почв.

Проведенные исследования показали, что в исследуемых почвах среднее содержание подвижного железа было максимальным на участке с обычной системой земледелия при крутизне склона $3-5^\circ$ – 31,0 мг/кг

(табл.3.4). Минимальным этот показатель был на участке ландшафтной системы земледелия с крутизной склона 3-5° – 10,1 мг/кг. В подпочвенных горизонтах содержание подвижного железа в целом выше, чем в почвах, максимум наблюдается на участке с обычной системой земледелия при крутизне склона 3-5° - 45,1 мг/кг, а минимум – на ландшафтной с крутизной 1-3° - 27,3 мг/кг.

Таблица 3.4

Главные статистические параметры содержания подвижного железа по вариантам опыта [31]

Группа	Вариант	N	Хср, мг/кг	V, %
Почва	Обычная система земледелия, крутизна 1-3°	11	29,0	72
	Обычная система земледелия, крутизна 3-5°	11	31,0	65
	Ландшафтная система земледелия, крутизна 1-3°	10	19,9	91
	Ландшафтная система земледелия, крутизна 3-5°	9	10,1	110
Подпочва	Обычная система земледелия, крутизна 1-3°	18	41,8	79
	Обычная система земледелия, крутизна 3-5°	21	45,1	40
	Ландшафтная система земледелия, крутизна 1-3°	17	27,3	93
	Ландшафтная система земледелия, крутизна 3-5°	19	34,8	97

Исследуемый показатель (содержание подвижного железа) характеризуется высоким (подпочва на обычной системе земледелия при крутизне склона 3-5°) или очень высоким варьированием, что может быть обусловлено неоднородностью почвообразующих пород и почв. Наши исследования 2009-2014 гг. показали, что на участке обычной системы земледелия преобладали черноземы типичные, но встречались лугово-черноземные почвы (на склоне 3-5°) и темно-серые лесные грунтово-глееватые (на склоне 1-3°). В условиях ландшафтной системы земледелия преобладали луговато-черноземные почвы и черноземы типичные. В почвообразующих и подстилающих породах выделялось 3-6 горизонтов до

глубины 3 метра и 7-8 горизонтов до глубины 5 метров. Верхняя граница горизонта С располагалась на глубине от 60 до 160 см.

Для выявления закономерностей в содержании подвижного железа в разных экологических условиях мы оценили значимость различий между средними по критерию НСР. Было проведено сравнение между участками с разной крутизной склонов и различными системами земледелия для почвы и подпочвы. С вероятностью 95% мы можем утверждать, что на склоне 3-5° в почве содержание подвижного железа в обычной системе земледелия выше, чем в ландшафтной. Все остальные сравниваемые варианты оказались недостоверными.

Для образования глея в слабокислой среде окислительно-восстановительный потенциал должен быть понижен ощутимо больше, чем в кислой. Восстановление железа возможно при $pH = 7$, однако его переход в раствор и мобилизация в таких условиях остаются малоинтенсивными [8].

Мы провели корреляционный анализ зависимости содержания подвижного железа от pH водной суспензии. Коэффициент корреляции составил 0,11, что не позволяло говорить о наличии связи. В то же время разброс значений pH во всей выборке составил от 6,06 до 8,38. Исходя из предположения о большей подвижности железа в кислой среде, мы исключили из выборки значения pH выше 7 и соответствующие им концентрации подвижного железа. Коэффициент корреляции показателей в такой выборке составил 0,64, т.е. с вероятностью 95% можно утверждать наличие слабой положительной связи между pH и содержанием подвижного железа в почвах с кислой реакцией. Расчет коэффициента детерминации показал, что 41% варьирования содержания подвижного железа, обусловлено варьированием pH .

Почвы с кислой реакцией встречались на участке с обычной системой земледелия. Этот факт приводит к тому, что во всех вариантах прослеживается тенденция большего содержания подвижного железа в почвах, по сравнению с ландшафтной системой.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведённое исследование показало, что в настоящее время большое внимание уделяется изучению геохимических особенностей почв пахотного слоя. Почвообразующие породы изучены значительно слабее. По результатам исследования можно сделать следующие выводы:

1. Для всех вариантов скважин гранулометрический состав пород неоднороден. Распределение фракций по профилю неоднородно, наблюдаются одинаковые тенденции к увеличению содержания фракции мелкого песка и уменьшению фракций средней и мелкой пыли.

2. Сравнение трех типов пород показывает, что для микроэлементов минимальными концентрациями всех элементов, кроме хрома, отличаются аллювиальные суглинки, а максимальными – лессовидные суглинки. Для макроэлементов минимальными концентрациями отличаются покровные суглинки и глины, за исключением $Fe_{\text{общ}}$ и SiO_2 . В лессовидных суглинках наблюдается наибольшие концентрации Al_2O_3 , K_2O , CaO .

3. В оглеенных горизонтах почвообразующих и подстилающих пород наблюдается достоверное повышение содержания Cr и понижение содержания Mn по сравнению с неоглеенными.

4. Почвы с кислой реакцией встречались на участке с обычной системой земледелия. Этот факт приводит к тому, что во всех вариантах прослеживается тенденция большего содержания подвижного железа в почвах, по сравнению с ландшафтной системой.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. – Л.: Агропроимиздат. Ленингр. отд-ние, 1987. – 142 с.
2. Атлас «Природные ресурсы и экологическое состояние Белгородской области»: учебно-справочное картографическое пособие / под ред. Ф.Н. Лисецкого. – Белгород: Изд-во БелГУ, 2005. – 179 с.
3. Вальков В.Ф., Казеев К.Ш., Колесников С.И. Почвоведение: учебник для ВУЗов. – М.: ИКЦ «МарТ», 2007. – 496 с.
4. Вернадский В.И. К вопросу о химическом составе почв // Почвоведение. – 1913. – № 2-3. – С. 1-21.
5. Виноградов А.П. Среднее содержание химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры // Геохимия. – 1962. – № 7. – С. 555- 571.
6. Водяницкий Н.Ю. Биогеохимия загрязненных почв. – М.: Изд. дом «Типография» Россельхозакадемии, 2014. – 288 с.
7. Генезис и деградация черноземов Европейской России под влиянием переувлажнения. Способы защиты и мелиорации / Ф.Р. Зайдельман, Л.В. Степанцова, А.С. Никифорова [и др.]. – Воронеж: Кварта, 2013. – 352 с.
8. Гидроморфизм при постоянном зеркале грунтовых вод на аллювиальных равнинах [Электронный ресурс]. – URL: <http://agrofak.com/pochvovedeniye/glavnye-pochvoobrazovatelnye-proczechy/gidromorfizm-pri-postoyannom-zerkale-gruntovyx-vod-na-allyuvialnyx-ravninax.html> (дата обращения 25.11.2014).
9. Дмитриев Е.А. Математическая статистика в почвоведении. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. – 328 с.
10. Котлярова О.Г., Котлярова Е.Г. Разработка и освоение ландшафтных систем земледелия в хозяйствах Белгородской области // Достижения науки и техники АПК. – 2008. – № 6. – С. 36-38.

11. Лисецкий Ф.Н., Марциневская Л.В. Оценка развития линейной эрозии и эродированности почв по результатам аэрофотосъемки // Земелустройство, кадастр и мониторинг земель. – 2009. – № 10. – С. 39-43.
12. Лукин С.В. Эффективность внедрения адаптивно-ландшафтных систем земледелия // Аграрная наука. – 2004. – № 3. – С. 14-17.
13. Лукин С.В., Хижняк Р.М. Географические закономерности распределения микроэлементов в почвах Белгородской области // Достижения науки и техники АПК. – 2012. – № 5. – С. 55-58.
14. Марганец и цинк в почвах Каменной степи при различной степени гидроморфизма/ Д.И. Щеглов, Н.С. Горбунова, Л.А. Семенова [и др.] // Вестник ВГУ. Серия: химия, биология, фармация. – 2012. – № 2. – С. 220-226.
15. Меленцова С.В., Лукин С.В. Мониторинг микроэлементов в почвах Белгородской области // Достижения науки и техники АПК. – 2006. – № 10. – С. 29-30.
16. Мильков Ф.Н. Природные зоны СССР. – М.: Мысль, 1977. – 296 с.
17. Московченко Д.В. Ландшафтно-геохимические особенности приполярного и северного Урала // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. – 2010. – № 10. – С. 197-209.
18. Московченко Д.В., Тигеев А.А., Кремлёва Т.А. Ландшафтно-геохимические особенности Нижнего Прииртышья // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. – 2011. – № 11. – С. 154-161.
19. Мотузова В.Г. Соединения микроэлементов в почвах: системная организация, экологическое значение, мониторинг. – М.: Эдиториал УРСС, 1999. – 168 с.
20. Назаренко О.Г., Тюрина И.Г., Магомедов Х.Р. Почвенные индикаторы гидрогенной трансформации ландшафтов прибрежной зоны Краснодарского водохранилища // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2011. – № 4 (04). – С. 1-19.

21. Некоторые аспекты проблемы переувлажнения черноземов севера Тамбовской области / Л.В. Степанцова, И.А. Трунов, В.Н. Красин [и др.] // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – 2012. - № 2 (40). – С. 39-48.

22. Николаева С.А., Еремина А.М. Трансформация соединений железа в черноземах в условиях повышенной увлажненности почв // Почвоведение. – 2001. – № 8. – С. 963–969.

23. Почвоведение: учебник для ВУЗов / И.С. Кауричев, Н.П. Панов, Н.Н. Розанов, М.В. Стратонович [и др.] / под ред. проф. И.С. Кауричева. – М.: Агропромиздат, 1989. – 719 с.

24. Почвоведение: учебник для ун-тов в 2 ч. Ч. 1. / под ред В.А. Ковды, Б.Г. Розанова. – М.: Высшая школа, 1988. – 400 с.: ил.

25. 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.

26. Самойлова Е.М. Почвообразующие породы. – М.: Изд-во: МГУ, 1991. – 176с.

27. Соловиченко В.Д. Плодородие и рациональное использование почв Белгородской области. – Белгород: «Отчий край», 2005. – 292

28. Цховребов В.С., Лысенко И.О. Изменение содержания микроэлементов под озимой пшеницей в результате реминерализации чернозёма выщелоченного // Научный журнал КубГАУ. – 2012. – № 77(03). – С. 1-10.

29. Чекмарёв П.А., Лукин С.В., Сискевич Ю.А. Мониторинг калийного режима чернозёмов ЦЧР // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – № 8. – С. 3-6.

30. Четверикова С.Н., Лукин С.В., Марциневская Л.В. Мониторинг плодородия чернозёмов лесостепной зоны // Научные ведомости БелГУ. Серия: Естественные науки. – 2011. – № 9 (104). – С. 184-190.

31. Чуйкова Е.Г., Чурилова Э.А. Влияние системы земледелия на проявление гидроморфизма в почве и подпочве // Геоэкология и рациональное недропользование: от науки к практике: Материалы III Междунар. науч. конф. молодых учёных (г. Белгород, 6-10 апреля 2015 г.). – Белгород: Изд-во ПОЛИТЕРРА, 2015. – С. 117-119.

32. Чурилова Э.А., Пелехоце Е.А. Литогеохимический фон в полугидроморфных условиях долины реки Ерик // Геоэкология и рациональное недропользование: от науки к практике: материалы III Междунар. науч. конф. молодых учёных (г. Белгород, 6-10 апреля 2015г.). – Белгород: Изд-во ПОЛИТЕРРА, 2015. – С. 119-122.

33. Чурилова Э.А. Особенности почвообразующих и подстилающих пород на склоне долины реки Ерик // Деградация почв и продовольственная безопасность в России: материалы Междунар. науч. конф. XVIII Докучаевские молодежные чтения (Санкт-Петербург, 2-5 марта 2015 г.). – СПб.: СпбГУ, 2015. – С. 339-340.

34. Чурилова Э.А. Геохимические особенности почвообразующих пород на склоне долины реки Ерик // Ломоносов-2015: XII Междунар. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых (Москва, 13-17 апреля 2015 г.). – М.: Макс Пресс, 2015. – С. 83-84.

35. Чурилова Э.А. Тенденции изменения содержания подвижного железа в почвах: сложности интерпретации результатов // Почва – зеркало ландшафта: материалы Междунар. науч. конф. XIX Докучаевские молодежные чтения (Санкт-Петербург, 1-4 марта 2016 г.). – СПб.: СпбГУ, 2016. – С. 313-314.