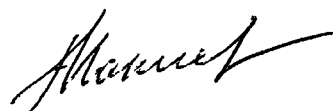


На правах рукописи



Макиев Аслан Дзарахметович

**Агрогенная трансформация черноземов типичных
предгорий Центрального Кавказа**

03.00.27 – почвоведение

Автореферат
диссертации на соискание
ученой степени кандидата
биологических наук

Ростов-на-Дону – 2005

Работа выполнена на кафедре геоэкологии и землеустройства Северо-Осетинского государственного университета

Научный руководитель: доктор сельскохозяйственных наук, профессор Бясов К. Х.

Официальные оппоненты: доктор сельскохозяйственных наук, профессор Кумахов В. И.
кандидат биологических наук,
доцент Морозов И. В.

Ведущая организация: Северо-Кавказский НИИ горного и предгорного сельского хозяйства (СКНИИГПСХ)

Защита диссертации состоится « 19 » ноября 2005 г в 15 часов на заседании диссертационного совета Д 212.208.16 по биологическим наукам при Ростовском государственном университете (344006, г. Ростов-на-Дону, ул. Большая Садовая, 105, РГУ, биолого-почвенный факультет, аудитория 204.)

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке РГУ (3444006, г. Ростов-на-Дону, ул. Пушкинская, 148).

Автореферат разослан «19» октября 2005 г

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат биологических наук



Кравцова Н.Е.

2006-4
22376

2216904
3

Общая характеристика работы

Актуальность. В результате сельскохозяйственного использования в почве происходят глубокие, а порой необратимые процессы, переводящие почвенную среду в иное качественное состояние. В связи с этим исследование процессов агрогенной трансформации почв на современном этапе развития сельского хозяйства весьма актуальны. Направление и интенсивность этих изменений для черноземов типичных предгорий Центрального Кавказа не установлены, что затрудняет или делает невозможным применение научно обоснованных мероприятий по предотвращению ухудшения свойств почвы.

Чернозем типичный предгорий Центрального Кавказа не образует четкой географической области, залегая, чаще всего, в комплексе с черноземами выщелоченными, и, вероятно в силу этого, его генезис и свойства изучены недостаточно.

Цель исследований – выявить закономерности агрогенной трансформации черноземов типичных предгорий Центрального Кавказа.

В задачи исследований входило в сравнительном аспекте – на целине и на пашне – изучить:

- морфологические признаки черноземов типичных;
- физико-химические свойства черноземов типичных;
- общие физические и водно-физические свойства черноземов типичных;
- охарактеризовать агрогенные изменения свойств черноземов типичных.

Положения, выносимые на защиту:

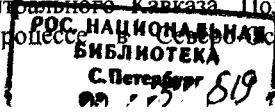
1. В пахотных черноземах типичных предгорий Центрального Кавказа формируется агрогенный профиль.

2. При вовлечении черноземов типичных предгорий Центрального Кавказа в сельское хозяйство изменяются основные химические процессы, что приводит к различиям физико-химических свойств почв целины и пашни.

3. Сельскохозяйственное использование черноземов типичных предгорий Центрального Кавказа привело к изменению в негативную сторону физических и водно-физических показателей.

Научная новизна исследований. Впервые были изучены физические, водно-физические и физико-химические свойства целинных и пахотных черноземов типичных предгорий Центрального Кавказа. Дана характеристика изменений, произошедших в результате сельскохозяйственного использования черноземов типичных.

Практическая значимость исследований. Результаты исследования расширили сведения о генетических свойствах чернозема типичного предгорий Центрального Кавказа. Данные, полученные в ходе работы, можно использовать для решения задач мониторинга почв, мелиорации почв, разработке систем земледелия и мероприятий по сохранению и повышению плодородия почв. Они позволяют судить о направленности почвообразования при сельскохозяйственном использовании черноземов типичных и могут служить теоретической и практической основой для разработки адаптивных систем земледелия в предгорной зоне Центрального Кавказа. Полученные результаты используются в учебном процессе.



государственном университете.

Апробация работы. Материалы диссертации докладывались на научных конференциях: молодых ученых, аспирантов, и студентов агрономического факультета (Горский аграрный университет, Владикавказ, 2001); 7-ой Пушкинской школе-конференции молодых ученых «Биология – наука 21 века» (Пушино, 2003); заседаниях кафедры геоэкологии и землеустройства СОГУ (2002–2004).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 6 научных работ общим объемом 0,618 п.л., личный вклад автора – 70%.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 5 глав и выводов. Общий объем 145 страниц машинописного текста, в том числе 17 таблиц, 16 рисунков. Список литературы включает 150 источников, из них 3 – работы зарубежных авторов.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1. Обзор литературы

В главе рассмотрены история и результаты изучения почв Северного Кавказа, в том числе в республике Северная Осетия – Алания. Проанализировано общее направление эволюции, основные свойства и характеристики черноземов предгорий Центрального Кавказа, а также закономерности географического распределения почв предгорий Центрального Кавказа.

2. Общая характеристика факторов почвообразования предгорий Центрального Кавказа

В данной главе приводится характеристика основных факторов почвообразования предгорий Центрального Кавказа. Рассмотрены: физико-географическое положение, основные климатические параметры, растительность, почвообразующие породы, рельеф и гидрографическая сеть предгорий Центрального Кавказа.

3. Объект и методы исследования

Фактический материал, на основании которого выполнена настоящая работа, получен в ходе экспедиционно-полевых и лабораторных исследований в период с 2001 по 2003 годы.

Объектом исследований были черноземы типичные мицеллярно-карбонатные среднегумусные тяжелосуглинистые на карбонатных лессовидных глинах и суглинках предгорий Центрального Кавказа. По субстантивно-генетической классификации изучаемые почвы относятся к постлитогенным аккумулятивно-гумусовым почвам. Тип: черноземы миграционно-мицеллярные.

На ключевых участках были заложены 8 парных разрезов и 20 полуям. Было выбрано три ключевых участка в наиболее типичных районах распространения черноземов типичных предгорий центрального Кавказа. На каждом ключевом участке были заложены разрезы на целине и на пашне.

Расстояние между участками целины и пашни – 300—500 м. Срок интенсивного использования черноземов типичных около 60 лет. Разрезы можно разделить на две группы: первая группа – это разрезы, заложенные на водоразделах, вторая группа – разрезы на склонах различной крутизны (2–5°). В первой группе проявление эрозионных процессов не отмечено. Во второй черноземы слабо и средне эродированы. На ключевых участках была дана характеристика условий почвообразования, описаны характер рельефа, видовой состав растительности, почвообразующие породы, гидрологические условия и местные особенности климата.

Были проведены морфологические, физические и физико-химические исследования по общепринятым методикам (Аринушкина, 1972; Розанов, 1983; Вадюнина, Корчагина, 1973). В том числе: морфологическое описание профиля по общепринятой методике; плотность почвы – режущим цилиндром (объем 500 см³) по горизонтам в двукратной повторности, с пересчетом на абсолютно сухую почву; гумус валовой – по методу Тюрина в модификации ЦИНАО; содержание карбонатов по Кудрину; pH водной вытяжки потенциометрическим методом; гранулометрический состав почвы по методу Качинского (подготовка почвы с пиррофосфатом натрия); микроагрегатный состав по методу Качинского; водопрочность агрегатов по Саввинову; структурный состав «сухим» просеиванием; плотность твердой фазы пикнометрическим методом (с использованием воды); максимальная гигроскопичность по методу Николаева; гигроскопичность почвы – термостатно-весовым методом.

Таблица 1

**Изменение морфологических свойств черноземов типичных при
сельскохозяйственном использовании**

Морфологические свойства	Целина	Пашня
Мощность горизонта A+B, см	65—75	62—75
Окраска горизонта		
A	Темно-серая, во влажном состоянии – черная	Темно-серая с буровато-белесым оттенком
A ₁	Темно-серая	Серая с белесым оттенком
AB	Серая с бурыми пятнами	Палево-бурая с сероватыми пятнами
Линия вскипания от 10 %, HCl, см	45—55	45—55
Белоглазка, мицелий, см	80—100	85—100
Структура		
Горизонт A	комковато-порошистая	глыбисто-комковатая
Горизонт AB	зернисто-комковатая	комковатая

По результатам проведенных исследований были рассчитаны следующие величины: общая пористость; влажность завядания растений (коэффициенты 1,34 и 1,5), запасы различных форм влаги по горизонтам и в метровом слое почвы.

Изучение морфологических свойств почвы на целине и на пашне показало, что пашня от целины унаследовала только мощность гумусового горизонта и гранулометрический состав (табл. 1) В черноземе типичном предгорий Центрального Кавказа при вовлечении в сельскохозяйственное использование отмечены следующие изменения:

1 При вовлечении чернозема типичного в пашню происходит мегаморфоз почвы, что выражается в потере первоначальных признаков и приобретении новых, характерных для деградированных почв

2. Окраска гумусового горизонта по сравнению с целиной менее насыщена, появляется буроватый оттенок.

3. Отчетливо наблюдается деградация структурного состояния горизонтов $A_{\text{пах}}$ и A_1 .

Следовательно, при вовлечении чернозема типичного предгорий Центрального Кавказа в сельскохозяйственное использование формируется агрогенный профиль, характеризующийся наличием особого пахотного слоя с глыбисто-комковатой структурой и более светлой, чем на целине, окраской.

4. Общие физико-химические свойства

4.1. Гумусное состояние черноземов типичных. Общая черта в характеристике гумусного состояния черноземов предгорий Центрального Кавказа — не высокое содержание гумуса в верхних горизонтах и глубокое его проникновение по профилю, что обуславливает практически повсеместное распространение мощных и среднемощных видов черноземов. Однако в ряде случаев содержание гумуса может достигать 6,5—7,0%.

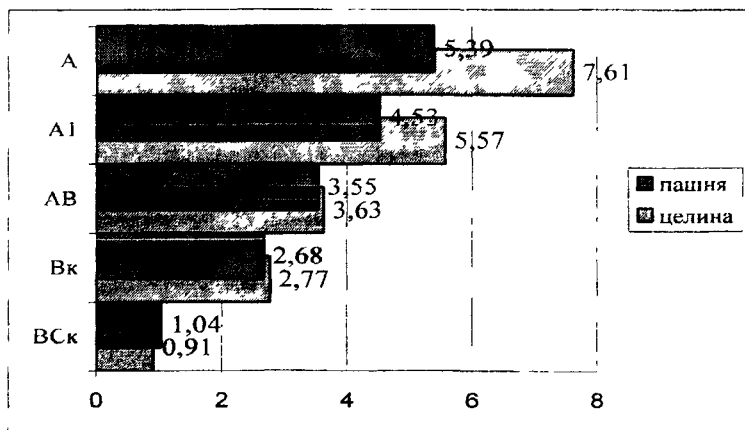


Рис. 1. Содержание гумуса в черноземе типичном, %

Следует отметить, что фиксируемое содержание гумуса в пахотных почвах значительно ниже, чем в целинном аналоге. Черноземы в том виде, какими их исследовал В.В. Докучаев, сейчас можно найти только на мелких, неудобных для обработки, участках земли.

Обзор литературы не выявил достаточного количества экспериментальных данных по черноземам Северного Кавказа, на основании которых можно было бы раскрыть основные закономерности изменения содержания гумуса. Но то, что содержание гумуса в почве при распашке снижается, подтверждают многие ученые. При дальнейшем использовании почвы процессы гумификации и минерализации протекают с одинаковой интенсивностью, наступает своеобразное равновесие, происходит стабилизация содержания гумуса.

Нами установлено, что содержание гумуса на целине и на пашне четко различается. Так, вовлечение чернозема типичного в сельское хозяйство привело к потере гумуса в горизонте $A_{\text{пах}}$. В верхнем гумусово-аккумулятивном горизонте целины гумуса содержится 7,6 %, в пахотном горизонте – 5,39 %. В горизонте A_1 на целине 5,57 %, а на пашне – 4,43 % (рис.1).

Выявленные в гумусовых профилях целинного и пахотного чернозема типичного различия позволяют предположить, что пахотный горизонт является особой зоной выветривания. В этом горизонте идет своеобразный почвообразовательный процесс, с более интенсивным разрушением минеральной и органической частей почвы.

Из этого мы заключили, что пахотные черноземы типичные предгорий Центрального Кавказа подверглись дегумификации. Ее масштабы достигают 40 % от первоначального запаса органических веществ чернозема типичного. При этом следует отметить, что зафиксированное содержание гумуса в пахотном черноземе типичном можно принять как равновесное, то есть содержание гумуса около 5,4 % является минимальным.

4.2. Физико-химическая характеристика черноземов типичных. Фациальным отличием является миграция карбонатов в профиле черноземов, которая сопровождается образованием карбонатного горизонта ниже гумусового и выделением карбонатных новообразований миграционного типа (прожилки, мицелий, паутинка).

Физико-химическая характеристика чернозема типичного предгорий центрального Кавказа отражена в таблице 2. Поглотительная способность черноземов отличается высоким уровнем. Для горизонта A черноземов данной территории характерна величина 35–40 мг-экв/100 г почвы.

Сравнение физико-химических характеристик целины и пашни выявило различия. Так, в пахотном черноземе типичном выявлено увеличение суммы обменных оснований в горизонте A до 34,9 мг-экв на 100 г почвы. Данное различие можно объяснить усилением в пахотном черноземе процессов выветривания минеральной части. Черноземы рассматриваемого региона

выщелочены от водорастворимых солей. Преобладают гидрокарбонаты и органическое вещество.

Степень промытости, естественно, отражается на реакции почвенного раствора, которая в верхних горизонтах, чаще всего, слабощелочная, вниз по профилю pH увеличивается. Сильнощелочные условия могут возникнуть в нижних горизонтах черноземов, что связано с геохимическим подтоком веществ от грунтовых вод. Однако гумусовый профиль не содержит вредных щелочных и нейтральных солей. Реакция водной суспензии типичного чернозема предгорий Центрального Кавказа в верхних горизонтах нейтральная, и с глубиной плавно повышается до щелочной.

Таблица 2

Физико-химические свойства черноземов типичных

Генети- ческий горизон т	Глубина взятия образца. см	Гумус. %	мг-экв на 100 г почвы			рН водн. вытяжки
			Са ²⁺	Mg ²⁺	Сумма	
Целина						
A _{пах}	0—8	7,61	26,6	3,8	30,4	7,6
A ₁	10—20	5.57	25,0	4.6	29.6	7.6
B ₁	35—45	3,63	25,6	5,2	30,8	7,6
B ₂	55—65	2,77	25,8	7,8	33.6	7.6
BC _к	75—85	0.91	25.0	7.2	32.2	8.2
C _к	100—110	-	-	-	-	8.2
Пашня						
A _{пах}	0—26	5.39	29,5	4,9	34,4	7.4
A	26—36	4.53	30,8	4,1	34.9	7.4
B	40—50	3.55	26.8	5.2	32,0	7.4
B _к	60—70	2.68	24,0	8,0	32,0	8,2
BC _к	90—100	1,04	24,0	8,1	32,1	8,2
C _к	115—125	-	-	-	-	8.2

4.3. Валовой состав черноземов типичных. Валовой химический состав рассматриваемых почв характеризуется равномерностью распределения оксидов по профилю, что присуще черноземному типу почвообразования. Отмечено характерное для типичного чернозема некоторое уменьшение содержания оксида кальция в горизонте А. Распределение по профилю двуокиси кремния и полуторных окислов также довольно равномерное (табл. 3).

Результаты анализа валового состава не показали его резких изменений в пахотной почве по сравнению с целинным аналогом. По результатам валового анализа нами были рассчитаны следующие величины: коэффициент выноса-накопления, коэффициент миграции (Гаврилюк, 1955), показатель выноса (-) и накопления (+) компонентов валового состава в процентах от материнской породы (Роде, 1971). Результаты расчетов показали, что при вовлечении чернозема в пашню наблюдается снижение величины

коэффициента миграции, что говорит об усилении процессов выщелачивания (миграции). В верхнем гумусовом горизонте на целине $K_b=0,74$, в горизонте A_1 наблюдается некоторое повышение до 0,814. Ниже по профилю значение коэффициента составляет 0,71—0,72. Значения коэффициента на пашне имеют некоторые отличия. Коэффициент выщелачивания в верхнем гумусовом горизонте составляет 0,62, в горизонте A_1 равен 0,61. Вниз по профилю значение коэффициента несколько возрастает и составляет 0,66—0,67.

Таблица 3

Валовой состав чернозема типичного предгорий Центрального Кавказа

Горизонт глубина, см	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O
Целина								
A_{пах} 0—10	67,00	16,47	6,43	0,68	2,25	1,75	2,00	1,80
A₁ 26—36	66,90	17,05	6,55	0,63	2,77	1,80	1,98	1,78
B 55—65	66,91	18,90	7,10	0,60	2,65	1,80	2,10	1,75
BC 78—88	66,91	18,93	6,65	0,60	2,50	2,00	2,17	1,70
C 125—135	66,90	18,65	8,70	0,62	3,35	2,80	2,30	1,45
Пашня								
A_{пах} 0—20	67,19	17,48	6,19	0,69	1,99	1,71	2,15	1,60
A₁ 25—35	67,20	17,50	6,01	0,64	1,99	1,75	2,15	1,50
B 50—60	67,06	17,36	5,98	0,61	2,16	1,75	2,30	1,52
BC 80—90	67,08	17,55	5,39	0,63	2,13	1,84	2,45	1,62
C 120—130	66,58	17,08	5,28	0,59	3,84	1,97	2,30	1,60

Судя по динамике этого коэффициента, на пашне наблюдается некоторое усиление процессов выщелачивания валового кальция и магния из горизонтов **A+B**, вероятно, это происходит за счет карбонатной формы этих элементов. Причина заключается в особенности выпадения атмосферных осадков в зоне распространения чернозема типичного предгорий Центрального Кавказа. Максимальные значения приходятся на май и июнь, в период минимального покрытия почвы растениями. Это способствует промачиванию профиля и переносу в нижележащие горизонты пашни карбонатов. Интенсивность процесса зависит от общей динамики погодных условий и характера хозяйственного использования чернозема типичного предгорий Центрального Кавказа.

Расчет показателей выноса (-) и накопления (+) основных компонентов валового состава чернозема типичного предгорий Центрального Кавказа показал накопление Al_2O_3 по всему профилю чернозема на пашне, в то время как на целине наблюдается вынос этого элемента, и только в горизонте **B** целинного участка отмечено некоторое накопление, примерно такая же картина и по Fe_2O_3 . Это свидетельствует о том, что в целинных условиях процессы внутрипочвенного выветривания (in situ) наблюдаются только в средней части профиля чернозема типичного, где для этого создается

оптимальное сочетание температурных условий и режима влажности. В пахотных черноземах идет усиление процесса внутрипочвенного выветривания и трансформационные процессы захватывают верхнюю часть профиля. Способствовать усилению процессов внутрипочвенного выветривания может рыхлое сложение пахотного слоя, что облегчает поступление воды и воздуха в почву, а также внесение минеральных удобрений.

Однако обнаруженные различия между целиной и пашней в валовом составе минеральной части почвы находятся на уровне тенденции, и в целом, не выходят за пределы, характерные для черноземного типа почвообразования.

5. Физические свойства чернозема типичного

5.1. Гранулометрический и микроагрегатный состав. На территории региона преобладают черноземы тяжелосуглинистого и легкосуглинистого гранулометрического состава. Тяжелый гранулометрический состав становится причиной того, что при утрате пахотным слоем зернисто-комковатой структуры уровень плодородия значительно снижается.

Таблица 4

Гранулометрический состав черноземов типичных

Генетический горизонт	Глуби на взятия образ ца, см	Диаметр фракций, мм, содержанис, %							
		1- 0,25	0,25- 0,05	0,05- 0,01	0,01- 0,005	0,005- 0,001	<0,001	>0.01	<0,01
Целина									
А _д	0-15	0,31	16,49	28,19	30,57	4,16	20,28	44.99	55.01
А	15-25	1,04	11,60	33,28	29,19	4,16	20,80	45.92	54.08
В	40-50	0,62	12,02	31,20	29,52	6,24	20,40	43.84	56,16
ВС	80-90	0,52	7,96	31,20	31,60	4,16	24,56	39.68	60,32
С _к	140- 150	0,41	8,07	31,20	30,70	3,74	26,64	39.68	60,32
Пашня									
А _{пах}	5-15	0,52	11,12	30,28	16,48	20,80	20,80	41.92	58,08
А	25-35	0,52	11,22	30,28	16,32	20,69	20,80	41.92	58,08
В	40-50	-	8,48	31,20	19,56	20,64	20,10	39.68	60,32
ВС	70-80	0,21	10,36	29,04	19,56	20,72	20,10	39.60	60,40
С _к	110- 120	0,21	9,00	30,36	20,80	20,80	20,12	39.52	60,48

При учете соотношения гранулометрических фракций обнаруживается, что в большинстве случаев черноземы являются пылеватыми суглинками и глинами. Следовательно, черноземы предгорий Центрального Кавказа повторяют свойства материнских пород. Механическое перемещение

тонкодисперсных фракций по профилю черноземов не наблюдается. В целом однородность гранулометрического состава черноземов по всему профилю соответствует однородности валового состава и обусловлена однотипным составом пород (табл. 4).

Гранулометрический состав черноземов типичных на лессовидных суглинках и глинах отличается своеобразием, заключающемся в преобладании пылеватых фракций, на долю которых приходится более половины всей почвенной массы, в том числе на долю крупной пыли не менее 30%. В то же время в них практически отсутствует фракция размером 1—0,25 мм. В соответствии с классификацией Н. А. Качинского (1958) эти черноземы относятся к суглинкам тяжелым пылеватым.

Из данных гранулометрического анализа видно, что доминантной фракцией является пыль, как в целине, так и на пашне. Суммарно на долю фракций пыли приходится до 60%. Фракция пыли обладает рядом отрицательных физических свойств, поэтому при утрате благоприятной структуры в пахотном горизонте они становятся глыбистыми, плотными, что снижает их плодородие.

Распределение механических фракций по профилю равномерное, что характерно для чернозема типичного. Фракция крупной пыли (0,05—0,01 мм) плохо поддается оструктурированию, но зато обладает рядом положительных свойств, а именно: слабой связностью, хорошей капиллярностью, водоподъемной способностью, умеренной водопроницаемостью. Содержание ее в горизонтах пахотного и целинного чернозема примерно одинаковое и составляет 28—33%.

Фракция средней пыли (0,01—0,005 мм) характеризуется Н.А. Качинским как неблагоприятная в агрономическом смысле. Эти частицы в расчлененном состоянии не обладают положительными физическими свойствами песка и в то же время они являются «пассивной» частью при образовании почвенной структуры. Содержание этой фракции в целинном черноземе типичном в 1,5 раза выше, чем в пашне и составляет в горизонте A_d 30,5 %, не изменяясь по профилю. В пашне происходит уменьшение этой фракции за счет ее разрушения и пополнения фракции мелкой пыли.

Фракция мелкой пыли (0,005—0,001 мм) обладает также рядом отрицательных физических свойств: водопроницаемость незначительная, не обладает коагуляционной способностью, однако для нее характерно значительное обогащение гумусом. Содержание частиц данной фракции в профиле целины незначительное — всего 3—6%, но в профиле пашни ее доля составляет около 21%. Происходит это частично за счет диспергации частиц мелкого и среднего песка, но преимущественно поставляет материал средняя пыль, что также свидетельствует об усилении наличия процессов внутрисочвенного выветривания в пахотных вариантах чернозема типичного предгорий Центрального Кавказа. В целом, анализ гранулометрического состава характеризует чернозем типичный, как почву с изначально удовлетворительными физическими свойствами.

Илистые частицы (меньше 0,001 мм) благодаря большой поверхностной энергии и высокой способности к коагуляции, являются

структурообразующим фактором. Содержание этой фракции среднее (до 20%), что сглаживает отрицательные свойства пылеватой фракции данной почвы на фоне высокого содержания гумуса.

В целом, черноземы типичные на преобладающей территории предгорий Центрального Кавказа близки по гранулометрическому составу, что обусловлено формированием их на одинаковых по генезису почвообразующих породах. Однако сельскохозяйственное использование приводит к резкому увеличению доли фракции тонкой пыли за счет фракции средней пыли, что придает чернозему типичному пахотному ряд отрицательных физических свойств.

Анализ микроагрегатного состава черноземов типичных выявил различия в содержании отдельных фракций (табл. 5). На целине максимальное количество приходится на фракцию 1 0,25 мм: около 50%. На пашне максимум приходится на фракцию 0,25 0,05 мм — около 54%. Явные различия обнаружены по фракции крупной пыли (0,05—0,01 мм): так на целине в среднем 11%, а на пашне — 1,7%. Из полученных данных видно, что на пашне повышается доля пыли, которая превышает 55%, в то время как на целине суммарное содержание микроагрегатов пылеватых фракций не превышает 50%.

Данные гранулометрического и микроагрегатного анализа позволяют определить способность почвы к структурообразованию, вычислить противозерозионную стойкость почвы и другие характеристики. Соотношение данных гранулометрического и микроагрегатного состава позволяет судить о потенциальной способности почвы к агрегированию, о состоянии плазмы и водоустойчивости почвенной структуры.

Полученные результаты, представленные в таблице 6, говорят о том, что чернозем типичный Предгорий Центрального Кавказа изначально обладает низкой противозерозионной стойкостью.

Таблица 5

Микроагрегатный состав черноземов типичных

Генетический горизонт	Глубина взятия образца, см	Диаметр фракций, мм, содержание, %				
		1 0,25	0,25— 0,05	0,05— 0,01	0,01— 0,005	<0,005
Целина						
A _д	0—15	55,43	32,07	11,50	0,45	0,55
A	15—25	48,24	38,85	11,50	0,86	0,55
B	40—50	48,31	38,36	10,70	0,86	0,77
Пашня						
A _{пах}	5—15	43,37	53,09	1,88	0,83	0,83
A	25—35	41,60	54,30	1,66	1,04	1,40
B	40—50	41,33	55,34	1,67	1,04	0,70

Фактор дисперсности показывает, что вовлечение чернозема типичного в пашню привело к понижению водоустойчивости структуры в верхнем

гумусовом горизонте. По сравнению с целиной данный показатель выше на пашне в 2 раза, но в горизонте **В** мы наблюдаем выравнивание данного показателя.

Это обстоятельство позволяет заключить, что причиной повышения фактора дисперсности в горизонте **А** пахотного чернозема типичного является высокая агротехническая нагрузка.

Таблица 6

Агрофизические характеристики черноземов типичных (n=4)

Горизонт	Фактор дисперсности	Фактор потенциальной агрегированности	ППС
A_д	2,64	0,85	0,32
A _{пах}	4,09	0,79	0,19
A_г[*]	2,64	0,86	0,32
A _г	6,73	0,84	0,13
В[*]	3,83	0,89	0,23
В	3,46	0,84	0,25

* жирным шрифтом выделены данные по целинному участку

Изучив гранулометрический и микроагрегатный состав целинного и пахотного чернозема типичного, мы заключили, что чернозем типичный предгорий Центрального Кавказа изначально обладает средними агрофизическими характеристиками. Поэтому данные почвы необходимо поддерживать на том уровне, к которому стремится целинный аналог.

5.2 Плотность почвы и пористость черноземов типичных. Из результатов исследований видно, что плотность почвы по горизонтам находится в удовлетворительных пределах (табл. 7).

Плотность пахотного горизонта не постоянная и зависит от ряда причин: способа, глубины и давности обработки. Поэтому плотность почвы пахотного горизонта характеризует только ее состояние в данный момент, а плотность подпахотных горизонтов может рассказать о тенденциях, происходящих в почве. Так, плотность сложения пахотного горизонта изучаемых почв составляет 1,17–1,22 г/см³, плотность сложения целинного чернозема типичного Предгорий Центрального Кавказа в пределах 1,1–1,2 г/см³. Следовательно, эту плотность можно считать равновесной, к которой стремится почва в естественных условиях. Плотность подпахотных горизонтов варьирует в пределах от 1,33 до 1,42 г/см³, и является критической для развития корневой системы растений.

Плотность почвы является отвлеченным показателем свойств почвы, так как на оптимальные физические характеристики влияют ряд других факторов, таких, как плотность твердой фазы и гранулометрический состав. Отсюда следует, что плотность сложения не дает полной характеристики, а вот общая пористость дает более полное представление о состоянии сложения

почвы, так как при ее вычислении уже исключено влияние плотности твердой фазы почвы. Общая пористость показывает, какая доля в объеме почвы приходится на суммарный объем пор. Вниз по профилю общая пористость уменьшается, как за счет сокращения меагрегатной пористости, так и вследствие уменьшения пористости агрегатов.

Данные характеризуют типичный чернозем предгорий Центрального Кавказа, как почву с удовлетворительной общей пористостью (52—53%). Чернозем типичный изначально обладает средними показателями. Это усугубляется несовершенством сельскохозяйственных технологий, низкой культурой земледелия, что и приводит чернозем типичный пахотный к неудовлетворительным показателям по всему профилю.

Таблица 7

Общие физические свойства чернозема типичного

Генети- ческий горизонт	Глубина взятия образца, см	Плот- ность твердой фазы, г/см ³	Плот- ность почвы, г/см ³	Общая пористость	
				%	оценка
Целина					
A _д	0—15	2,48	1,20	52	удовлетворительная
A	15 25	2,48	1,20	52	удовлетворительная
B	40—50	2,50	1,36	45	не удовлетворительная
B _к	80 90	2,50	1,36	45	не удовлетворительная
C _к	140—150	2,51	1,23	51	удовлетворительная
Пашня					
A _{пах}	5—15	2,48	1,16	53	удовлетворительная
A	25—35	2,49	1,42	43	не удовлетворительная
B	40—50	2,48	1,39	44	не удовлетворительная
B _к	70—80	2,51	1,37	45	не удовлетворительная
C _к	110—120	2,51	1,20	52	удовлетворительная
Целина					
A _д	0—8	2,49	1,10	55	удовлетворительная
A	10 20	2,49	1,22	51	удовлетворительная
B ₁	35—45	2,50	1,33	46	не удовлетворительная
B _к	55—65	2,50	1,29	48	не удовлетворительная
C _к	100—110	2,51	1,33	46	не удовлетворительная
Пашня					
A _{пах}	5—15	2,48	1,27	49	не удовлетворительная
A	25—35	2,49	1,36	45	не удовлетворительная
B	40 50	2,50	1,27	51	удовлетворительная
B _к	70—80	2,50	1,22	49	не удовлетворительная
C _к	110—120	2,51	1,22	49	не удовлетворительная

5.3 Структурное состояние черноземов типичных. Коэффициент структурности (K_c) определяли по соотношению между суммой агрономически ценных и не ценных агрегатов. При $K_c > 1$ почву можно считать оструктуренной, при $K_c < 1$ слабо оструктуренной, при $K_c < 0.3$ – бесструктурной. Исследования проводились в летний период после уборки урожая.

Результаты показали, что структурное состояние чернозема типичного Предгорий Центрального Кавказа целинного участка находится на высоком уровне (рис. 2,3). Содержание агрономически ценных агрегатов достигает в дерновом горизонте 97%, в гумусово-аккумулятивном горизонте 98%, что обусловило высокие величины коэффициента структурности: 27 и 39 соответственно. Особо обращает на себя внимание высокая оструктуренность гумусового горизонта.

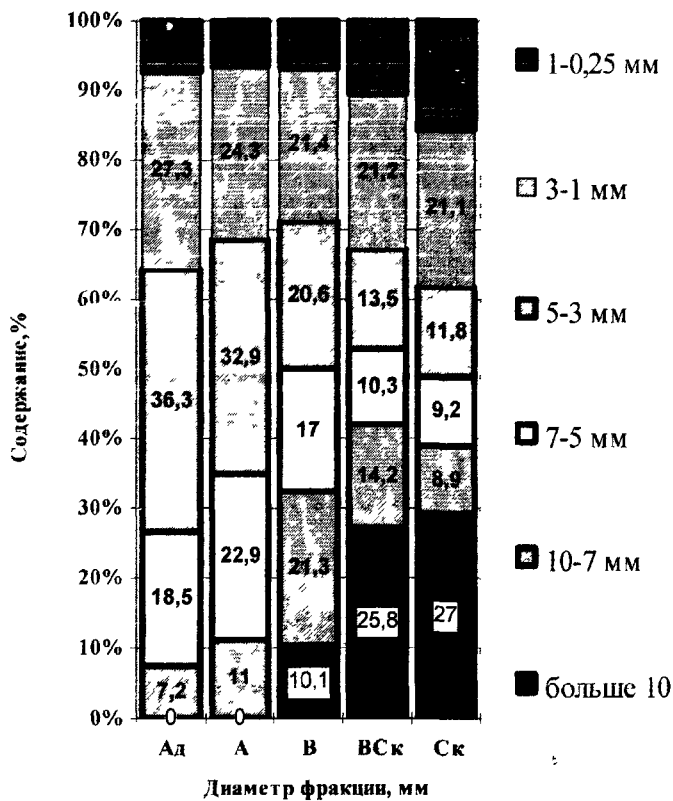


Рис. 2. Структурный состав чернозема типичного (целина)

На пашне картина предстает противоположная. Коэффициент структурности составляет 0,92 в пахотном горизонте, это подтверждается и

морфологическими исследованиями. Но необходимо отметить, что в подпахотном горизонте происходит некоторое повышение коэффициента структурности.

Из полученных данных следует, что изучаемые пахотные почвы обладают крупно-комковатой структурой. Это говорит о том, что пахотный чернозем типичный имеет тенденцию к физической деградации.

Количество крупных комков резко уменьшается от горизонта А к горизонту С. Так в пахотном горизонте доля агрегатов диаметром больше 10 мм около 65%, а уже на глубине 30—40 см – всего около 25%. В агрономическом отношении данные почвы являются мало благоприятными.

Таким образом, при вовлечении чернозема в сельскохозяйственное использование происходит увеличение их плотности, снижение пористости, потеря структурности. Наиболее всего это заметно в пахотном горизонте. К обесструктуриванию чернозем приходит независимо от того, какими показателями структурности он обладал до момента распашки.

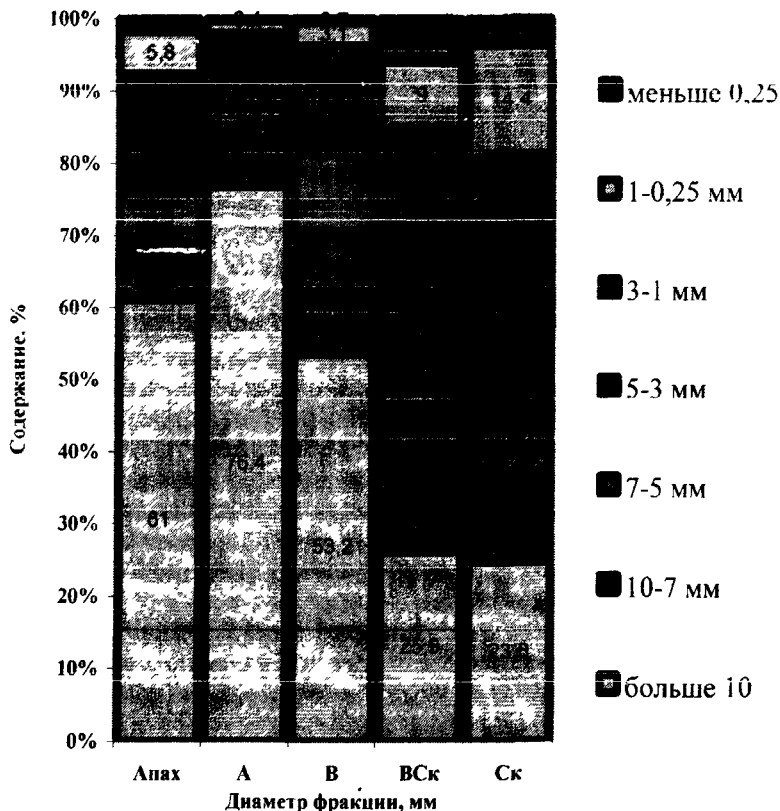


Рис. 3. Структурный состав чернозема типичного (пахня)

Так, из результатов анализов видно (табл.8), что на пашне количество агрегатов наиболее ценных с агрономической точки зрения размеров резко падает, а содержание пылевой фракции при размокании агрегатов увеличивается, превышая 40%. На целине данный показатель не больше 18 — 20 %. Резко — в три раза — снижается и величина коэффициента водопрочности.

Рассмотрев результаты анализов структурно-агрегатного состава черноземов типичных, мы констатируем, что в условиях сельскохозяйственного использования на протяжении долгих лет черноземы претерпевают изменения, которые проявляются в уплотнении почвы, ухудшении аэрации нижних горизонтов, а также в понижении водопрочности структуры.

Таблица 8

Водопрочность агрегатов в черноземе типичном

Глубина, см	Размер агрегатов в мм, содержание в %								К водопр
	>7	7—5	5—3	3—2	2—1	1— 0,25	0,5— 0,25	<0,25	
Целина									
0—10	-	4,2	8,5	17,6	22,4	18,7	10,3	18,3	4,5
30—40	-	10,4	12,6	19,8	23,1	10,2	9,7	14,2	6,0
Пашня									
0—10	-	5,0	5,1	2,8	9,8	17,4	18,6	41,3	1,4
30—40	-	7,2	6,2	8,3	13,6	19,3	18,3	27,1	2,6

5.4 Водно-физические свойства черноземов типичных. Из результатов исследования видно плавное уменьшение гигроскопической влажности от 5,4 до 4,3% по профилю, что связано в основном с уменьшением содержания гумуса (табл.9). Различий между целиной и пашней по этому параметру не обнаружено.

Влажность завядания в типичном черноземе мы рассчитали по максимальной гигроскопичности (МГ), применяя коэффициент 1,34 для зерновых культур сплошного посева и 1,5 для пропашных культур. Влажность завядания в целинном черноземе типичном составила 15—13%, а в пахотном горизонте 16—14%. На пашне наблюдается некоторое повышение влажности завядания.

Нижний предел оптимальной влажности обусловлен исчезновением сплошности свободной влаги, а, следовательно, резким уменьшением подвижности и доступности влаги растениям. Отсюда следует важность данной константы. В изучаемой почве ее величина варьирует от 21 до 17,7%, что связано с изменением физических свойств и содержания гумуса по генетическим горизонтам.

Определение наименьшей влагоемкости (НВ) или верхнего предела оптимальной влажности почвы показало, что среднее значение в целинном черноземе составляет 30%, а пахотном горизонте — 28,5% от веса почвы и

плавню уменьшается вниз по профилю, как на целине, так и на пашне. Это связано, по-видимому, с изменением содержания гумуса, уменьшением пористости и некоторым уплотнением.

Изменения водно-физических свойств не велики, и их динамика находится в зависимости от физических и физико-химических свойств целины и пашни.

Таблица 9

Водно-физические константы черноземов типичных

Генетический горизонт	Глубина, см	Гигроскопическая влага, %	МГ, %	ВЗР для пшеницы	ВЗР для кукурузы	НВ	Нижний предел оптимальной влажности
Целина							
A_d	0-23	5,3	10,2	13,7	15,3	30,0	21,0
A	25-35	5,3	10,1	13,5	15,2	27,7	19,4
B	45-55	4,9	9,6	12,9	14,4	26,8	18,7
B_k	60-70	4,7	9,5	12,7	14,2	25,8	18,0
C_k	100-110	4,3	9,3	12,5	13,9	26,0	18,2
Пашня							
A_{пах}	0-25	5,4	10,8	14,5	16,2	29,1	20,4
A	30-40	5,3	10,4	13,9	15,6	27,3	19,1
B	45-55	4,8	9,8	13,1	14,7	26,4	18,5
B_k	75-85	4,6	9,6	12,9	14,4	26,1	18,3
C_k	100-110	4,5	9,0	12,1	13,5	25,4	17,7

5.5. Соотношение фаз (твердой, жидкой, газообразной) в черноземах типичных. Определение соотношения фаз при НВ выявляет важное свойство почвы — способность обеспечивать растения достаточным количеством воздуха при ее полном увлажнении.

Так, в типичном черноземе соотношение фаз при НВ находится в хороших пределах, как для целины, так и для пашни и обеспечивает процессы аэрации (табл.10).

Такое положение объясняется изначально оптимальным соотношением фаз в целинном черноземе типичном предгорий Центрального Кавказа. Так, на долю газообразной фазы в гумусово-аккумулятивном горизонте приходится около 18% объема. С глубиной по мере уплотнения уменьшается и содержание газообразной фазы, а в горизонте С объем газообразной фазы составляет только 10%, что говорит о затрудненной аэрации.

**Соотношения фаз (твердой, жидкой, газообразной) при увлажнении
черноземов типичных до наименьшей влагоемкости (НВ)**

Генетический горизонт	Глубина втаия образца, см	НВ, %	Плотность почвы, г/см ³	Общая пористость, %	Соотношение фаз при НВ. % объем		
					твердой	жидкой	газообразной
Целина							
A _д	0-18	30,0	1,18	53	47	35	18
A	25-35	27,7	1,22	51	49	33	18
B	45-55	26,8	1,28	49	51	34	18
B _к	60-70	25,8	1,32	48	52	34	14
C _к	100-110	26,0	1,38	46	54	36	10
Пашня							
A _{пах}	0-25	29,1	1,14	53	47	34	19
A	30-40	27,3	1,24	50	50	34	16
B	45-55	26,4	1,30	49	51	34	15
B _к	75-85	26,1	1,34	47	53	35	12
C _к	100-110	25,4	1,38	46	54	35	11

5.6 Запасы почвенной влаги различных категорий в черноземах типичных. Запасы различных категорий влаги в черноземе типичном вычислены по результатам определения рассмотренных выше почвенно-гидрологических констант. Эти данные имеют большое значение в оценке гидрологических свойств почв, как в теоретическом, так и в производственном отношении. В таблице 11 приведены запасы влаги, выраженные в миллиметрах водного слоя по генетическим горизонтам и в метровом слое.

Результаты свидетельствуют, что в черноземе типичном соотношения влаги различных категорий благоприятно для развития растений. Содержание недоступной влаги приблизительно одинаковое как для целины, так и для пашни, оно составляет в метровом слое 170 мм недоступной влаги и 173 мм – доступной. Причем доступная влага наполовину представлена высокопродуктивной влагой. Она составила в метровом слое около 100 мм.

Если принять во внимание то, что на пшеничном поле почва за одни сутки теряет 5 мм влаги, то чернозем типичный может обеспечивать растения на протяжении 20 суток, при этом они не будут испытывать нехватку влаги. При дальнейшем снижении влажности почвы растения будут постепенно снижать транспирацию, и замедлять свой рост.

Запасы влаги различных категорий в черноземах типичных (мм)

Генетический горизонт	Мощность горизонта, см	Непродуктивная влага (при ВЗ)	При нижнем пределе оптим. влажности (0,7 НВ)	При верхнем пределе оптим. влажности (при НВ)	Доступная влага	Пересечно продук-тивная влага	Высокопродуктивная влага
Пашня							
$A_{паш}$	$\frac{0-20}{20}$	37,1	56,9	81,4	44,3	19,8	24,5
A	$\frac{20-40}{20}$	27,9	40,2	56,5	28,6	12,3	16,3
B	$\frac{40-58}{18}$	29,7	43,0	61,7	32,0	13,3	18,7
B_к	$\frac{58-100}{42}$	71,6	103,4	143,6	72,0	31,8	40,2
Σ 0—100	$\frac{0-100}{100}$	166,3	243,5	343,2	176,9	77,2	99,7
Целина							
A_c	$\frac{0-25}{25}$	42,4	59,6	85,1	42,7	17,2	25,5
A	$\frac{25-42}{17}$	29,3	40,2	57,5	28,2	10,9	17,3
B	$\frac{42-65}{23}$	39,1	55,3	78,9	39,8	16,2	23,6
B_к	$\frac{65-100}{35}$	60,5	85,8	122,4	61,9	25,3	36,6
Σ 0—100	$\frac{0-100}{100}$	171,3	240,9	340,0	168,7	69,6	99,1

5.7. Характеристика агрогенной трансформации черноземов типичных предгорий Центрального Кавказа. Агрогенное воздействие на почвы носит прямой и косвенный характер и, как правило, приводит к нарушениям почвы, т.е. к изменению состава и свойств почвы как динамической системы, выражающимся в нарушении равновесных экологических процессов. Практически всегда нарушения почвы являются сложными, имеющими черты, полученные в результате как прямого, так и косвенного воздействий. Нарушения или изменения почвы могут быть вызваны и природными процессами – пожарами, сезонными климатическими явлениями, стихийными бедствиями и др. Все это приводит к изменению функционирования почвы как экологической системы.

Совершенно очевидно, что объективная оценка состояния почвы дает исследователю более полное представление о состоянии окружающей среды. Определение степени изменения почвы под воздействием агрогенного фактора даст возможность охарактеризовать направление процесса почвообразования в

изучасмой почве Данная характеристика почвы может быть использована для задач мониторинга почв и моделирования процесса почвообразования в условиях агрогенного воздействия.

Характеристика агрогенной трансформации чернозема типичного предгорий Центрального Кавказа проводилась по набору показателей их свойств, соответствующих принципу «минимальной достаточности», что соответствует основной задаче – определение тенденции изменений свойств чернозема типичного в результате его сельскохозяйственного использования.

Выбор показателей для чернозема типичного, предгорий Центрального Кавказа основывался на следующих позициях:

- Всякая почва представляет собой совокупность исторически сложившихся горизонтов, различающихся физическими свойствами, окраской и общим обликом. Количество, сочетание, степень выраженности и свойства этих горизонтов – устойчивый и характерный признак определенных типов почвы. Совокупность почвенных горизонтов объединяется в понятие почвенный профиль: каждая почва имеет свой, характерный для нее профиль. т.е. последовательность и характер горизонтов.

Таблица 12

Коэффициенты агрогенного изменения почвы

Показатель	Коэффициент деградации				
	1	0,8	0,6	0,4	0,2
Увеличение содержания почвенных агрегатов диаметром более 10 мм, % от эталона	<20	20—40	41 --100	101—200	>200
Увеличение плотности сложения, % от эталона	<10	10 20	21—30	31—40	>40
Уменьшение мощности горизонтов А+В. % от эталона	<3	3—25	26—50	51—75	>75
Уменьшение запасов гумуса в горизонтах А+В. % от эталона	<10	10 20	21—40	41—80	>80

- Почва обладает специфическими физическими свойствами, плотностью сложения и структурой.

- Почва характеризуется рядом химических свойств. Важнейшим из них является накопление в верхней части почвенного профиля гумуса.

Исходя из этого, были выбраны показатели, сравнение которых с соответствующими показателями эталонной почвы (аналоговой целиной) позволили определить степень (коэффициент) изменения черноземов пашни (табл. 12).

Среднеарифметическое значение коэффициентов даст оценку изменений:

- 1—0,8 – изменения отсутствуют;

- 0,8—0,6 – изменения слабо проявляются;
- 0,6—0,4 – средне измененные;
- 0,4— 0,2 – явно измененные.

Рассматриваемые почвы формируются на однородных почвообразующих породах, представленными однородными карбонатными средними лессовидными суглинками. Эта однородность благоприятствует исследованию изменений, произошедших за время использования черноземов как пашни.

Содержание гумуса в верхнем гумусово-аккумулятивном горизонте целинного чернозема типичного предгорий Центрального Кавказа составляет около 7,6 %. В то же время пахотный аналог чернозема содержит в верхнем горизонте (пахотном слое) уже не более 6%. Запасы гумуса в целинном черноземе в горизонтах **A+B** составляют в среднем 450 т/га, а в пахотном аналоге уже не более 360 т/га, что соответствует коэффициенту деградации 0,4. Хотя агрегатный состав почв является динамичным показателем, но он хорошо отражает общее физическое изменение состояния почв. Так, результаты анализов показали, что содержание глыбистой фракции (агрегатов диаметром более 10 мм) в пахотном слое старопашотных черноземов выросло в 2—3 раза по сравнению с целинными аналогами, что соответствует коэффициенту деградации 0,2. Плотность сложения почвы – существенный фактор плодородия. Плотность сложения старопашотного чернозема типичного характеризуется, согласно шкале Качинского, как сильно уплотненная, что соответствует коэффициенту деградации 0,2. Уменьшение мощности почвенного профиля составляет 14% и соответствует коэффициенту 0,8. Это произошло именно при земледельческом использовании черноземов, поскольку процессы эрозии здесь незначительны вследствие спокойного рельефа местности. Таким образом, средне арифметическое значение коэффициентов агрогенного изменения пахотного чернозема типичного составляет:

$$(0,4+0,2+0,2+0,8):4=0,4$$

Коэффициент 0,4 соответствует средне измененной почве. Содержание гумуса в горизонте **A_{пах}** составляет около 5,5—6%, что для данного типа чернозема является минимальным значением. Запасы гумуса в горизонте **A+B** составляют около 360 т/га и характеризуются как средние для чернозема. Уменьшение мощности гумусового горизонта происходит, главным образом, вследствие выпашивания и усадки почвенной массы. Плотность в пахотном горизонте составляет в среднем около 1,30 г/см³, а в подпашном горизонте – достигает 1,45 г/см³. Для чернозема типичного предгорий Центрального Кавказа данная ситуация является критической, так как чернозем типичный теряет первоначальное оптимальное соотношение почвенных характеристик.

Выводы

1. Морфологический анализ целинных и пахотных черноземов типичных показывает деградацию структурного состояния пашни, в особенности горизонтов $A_{пах}$ и A_1 . Почвенная масса пашни консолидируется в прочные блоки, которые измельчаются в процессе обработки почвы. Окраска гумусового горизонта по сравнению с целиной менее насыщена, появляется белесый оттенок. В профиле пахотного чернозема типичного сохраняется нижняя ненарушенная часть естественного гумусового горизонта, сменяющаяся аккумулятивно-карбонатным горизонтом. Следовательно, при вовлечении чернозема типичного предгорий Центрального Кавказа в сельскохозяйственное использование происходит метаморфоз почвы, что выражается в потере первоначальных признаков верхнего гумусово-аккумулятивного горизонта и приобретении новых.

2. При вовлечении черноземов типичных в сельскохозяйственный оборот происходят изменения в физико-химических свойствах. Сумма обменных оснований в горизонте $A_{пах}$ выше, чем на целине, что связано с изменениями в гранулометрическом составе. За время сельскохозяйственного использования черноземов типичных предгорий Центрального Кавказа валовое содержание гумуса в верхнем гумусовом горизонте уменьшилось на 2—3 %. Запасы гумуса в горизонте $A+B$ уменьшились на 40 %.

3. Валовой состав минеральной части почвы на пашне и целине различается мало, однако расчет коэффициентов выноса — накопления показал, что в целинных условиях процессы внутрипочвенного выветривания (*in situ*) наблюдаются только в средней части профиля чернозема типичного, где для этого создается оптимальное сочетание температурных условий и режима влажности. В пахотных черноземах идет усиление процесса внутрипочвенного выветривания, вследствие чего трансформационные процессы захватывают и верхнюю часть профиля.

4. Гранулометрический состав чернозема типичного за время сельскохозяйственного использования не претерпел изменений в соотношении фракций физического песка и физической глины. Однако в составе глинистой части почвы происходит резкое увеличение фракции тонкой пыли за счет фракции средней пыли, что придает чернозему типичному пахотному ряд отрицательных физических свойств.

5. В структурном составе чернозема типичного предгорий Центрального Кавказа при распашке значительно возрастает содержание глыбистой фракции, снижается водопрочность структурных отдельностей, что связано с постоянным механическим воздействием и снижением содержания гумуса.

6. В качестве индикаторов агрогенной трансформации черноземов типичных предгорий Центрального Кавказа предложено использовать показатели, наиболее изменяющиеся при распашке: содержание почвенных агрегатов диаметром более 10 мм, плотность сложения, мощность горизонтов $A+B$, запасы гумуса в $A+B$. Разработанные для расчета коэффициентов деградации придержки по этим показателям позволили вычислить средневзвешенный коэффициент деградации. Его величина (0,4) характеризует

черноземы старопашотные типичные предгорий Центрального Кавказа, как почвы со средней степенью агрогенной трансформации.

Список работ, опубликованных по теме диссертации

- 1 Макиев А.Д., Демин Д.В. Чернозем типичный. Распространение, условия формирования. Физико-химические свойства // Конференции молодых ученых, аспирантов и студентов агрономического факультета ГАУ: Тез. докл. Владикавказ. 2001. - С. 9-10 (50%, 0,02 п.л.)
- 2 Бясов К.Х., Фрисв Т.А., Сикорский М.И., Гобеев М.А., Макиев А.Д. Методические указания к полевой учебной практике по изучению физических свойств почв Владикавказ: Изд-во СОГУ. 2003. - с 30. (25%, 0.313)
- 3 Макиев А.Д., Демин Д.В., Бясов К.Х. Влияние антропогенных факторов на динамику свойств типичного чернозема Центрального Кавказа // Биология – наука XXI века Пушкинская школа-конференция молодых ученых: Тез докл. - Пушкино, 2003. - С. 214 (50%, 0,021 п.л.)
- 4 Демин Д.В., Макиев А.Д. Изучение водопроницаемости лугово-черноземных почв Северной Осетии // Биология – наука XXI века. Пушкинская школа-конференция молодых ученых: Тез. докл. - Пушкино, 2003. - С. 204 (30%, 0,014 п.л.)
- 5 Макиев А.Д. Агрофизическое состояние чернозема типичного предгорий Центрального Кавказа // Труды молодых ученых. - Владикавказ: ВНЦ РАН, 2005. №3. - С. 76-79 (100%, 0.125).
- 6 Макиев А.Д. Агроэкологическое состояние чернозема типичного предгорий Центрального Кавказа // Труды молодых ученых. - Владикавказ: ВНЦ РАН, 2005. №2. - С. 74-76 (100%. 0.125)

№ 20 4 6 0

РНБ Русский фонд

2006-4

22376