

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный аграрный университет»

В. И. Терпелец, Ю. С. Плитинь

ГУМУСНОЕ СОСТОЯНИЕ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО В АГРОЦЕНОЗАХ АЗОВО-КУБАНСКОЙ НИЗМЕННОСТИ

Монография

Краснодар
КубГАУ
2015

УДК 631.445.4:631.472.5(470.62)

ББК 40.3

Т35

Рецензенты:

Н. М. Тишков – доктор сельскохозяйственных наук
(ГНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
масличных культур имени В. С. Пустовойта»)

В. Н. Слюсарев – доктор сельскохозяйственных наук, профессор
(ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный аграрный университет»);

Терпелец В. И.

Т35 Гумусное состояние чернозема выщелоченного в агроценозах
Азово-Кубанской низменности: монография / В. И. Терпелец,
Ю. С. Плитинь. – Краснодар : КубГАУ, 2015. – 127 с.

ISBN 978-5-94672-905-5

В книге представлены данные многолетнего комплексного мониторинга гумусного состояния чернозема выщелоченного Азово-Кубанской низменности в агроценозах полевого севооборота, выявлены адаптивные технологии и даны предложения по воспроизводству его плодородия и повышению продуктивности земельных угодий.

Монография рассчитана на широкий круг читателей: студентов бакалавриата и магистратуры, аспирантов, научных сотрудников, специалистов в области сельского хозяйства, агроэкологии, биологии.

УДК 631.445.4:631.472.5(470.62)

ББК 40.3

ISBN 978-5-94672-905-5

© Терпелец В. И.,
Плитинь Ю. С., 2015
© ФГБОУ ВПО «Кубанский
государственный аграрный
университет», 2015

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	5
1 ГУМУСНОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВ В АГРОЦЕНОЗАХ СТЕПИ И ЛЕСОСТЕПИ.....	7
1.1 Влияние сельскохозяйственного использования почв на их гумусное состояние.....	7
1.2 Изменение баланса гумуса в почвах агроценозов....	19
1.3 Влияние гумусного состояния черноземов на продуктивность земельных угодий.....	24
2 УСЛОВИЯ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ.....	30
2.2 Геоморфология, климат и агроклиматические условия в годы проведения исследований.....	30
2.3 Гидрология, растительность и почвообразующие породы.....	37
3 ХАРАКТЕРИСТИКА ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО ПО РЕЗУЛЬТАТАМ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА.....	39
3.2 Морфометрические показатели.....	39
3.3 Гранулометрический состав и агрофизические свойства.....	41
3.4 Физико-химические свойства.....	43
4 МОНИТОРИНГ ГУМУСНОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР С ПРИМЕНЕНИЕМ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.....	46
4.1 Изменение гумусного состояния чернозема выщелоченного при сельскохозяйственном использовании.....	46
4.1.1 Содержание и запасы гумуса.....	46
4.1.2 Состав гумуса.....	63

4.1.3	Баланс гумуса.....	77
4.2	Влияние гумусного состояния чернозема выщелоченного на урожайность и качество озимой пшеницы.....	84
5	ЭФФЕКТИВНОСТЬ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ НА ЧЕРНОЗЕМЕ ВЫЩЕЛОЧЕННОМ.....	89
5.1	Биоэнергетическая оценка эффективности агротехнологий.....	89
5.2	Экономическая эффективность агротехнологий.....	91
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	97
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	100
	ПРИЛОЖЕНИЕ.....	123

ПРЕДИСЛОВИЕ

Почвенный покров Краснодарского края характеризуется значительным разнообразием, что обусловлено уникальностью природных условий региона. Наибольшую площадь среди почв края, составляющую 4084 тыс. га (54,1 % от площади почв), занимают высокоплодородные почвы – черноземы обыкновенные, типичные и выщелоченные, сформировавшиеся в основном на Азово-Кубанской низменности Западного Предкавказья. Сельскохозяйственные угодья на этих почвах составляют 3148,6 тыс. га, в том числе, под пашней находится 2959,5 тыс. га (78,1 % от площади пашни). Черноземы выщелоченные распространены в южной части Азово-Кубанской низменности, прилегающей к правобережью реки Кубань, на площади 240,7 тыс. га (пашня составляет 160,2 тыс. га). Черноземы региона имеют огромное производственное значение. Однако длительная интенсивная эксплуатация их привела к дисбалансу между потенциальным и эффективным плодородием, с последующими негативными экологическими последствиями. За последние 30–40 лет черноземы Азово-Кубанской низменности потеряли в верхнем слое более 30% гумуса от его исходного содержания, что значительно ухудшило их агрофизические, агрохимические и микробиологические свойства [9, 10, 11, 44, 48, 90, 116, 198, 205].

Результаты многолетних исследований, представленные в монографии, проводились в системе агроэкологического мониторинга в типичном равнинном агроландшафте южной части Азово-Кубанской низменности. Объектом исследований являлся чернозем выщелоченный, занятый культурами одиннадцатипольного зернотравяно-пропашного севооборота. Полевые культуры возделывались различными технологиями в течение двух ротаций, вторая ротация проводилась с 2003 по 2013 гг. Чередование сельскохозяйственных культур в полевом севообороте следующее: подсолнечник – озимая пшеница – кукуруза на зерно – озимая пшеница – сахарная свекла – озимая пшеница – люцерна 1-го года с подсевом ярового ячменя – люцерна 2-го года – люцерна 3-го года – озимая пшеница – озимый ячмень. В длительном многофакторном полевом опыте изучались следующие факторы: уровень плодородия (А), система применения удобрений (В), система защиты растений (С), система основной обработки почвы

(D). Фактор А включал четыре уровня плодородия чернозема выщелоченного: исходный, естественный фон (A_0), средний (A_1), повышенный (A_2) и высокий (A_3) путем внесения в него при A_1 – 200 кг/га P_2O_5 и 200 т/га навоза, A_2 – доза удобрений удваивалась, фона A_3 – утраивалась. Диапазоны доз удобрений в факторе В – система удобрений, определены на основе балансового метода с учетом планируемой урожайности, требуемого качества продукции, заданных темпов повышения плодородия почв, благоприятного состояния окружающей среды: B_0 – без удобрений, B_1 – минимальная доза удобрения (91 кг/га д. в. НРК и 4,5 т/га полуперепревшего навоза), B_2 – средняя доза (удваивалась) и B_3 – высокая доза (возрастала в четыре раза к B_1). В третьем факторе применялись следующие системы защиты растений: C_0 – без применения средств защиты, C_1 – биологическая система защиты от вредителей и болезней, C_2 – интегрированная система защиты растений от сорняков, C_3 – интегрированная система защиты растений от вредителей, болезней и сорняков. Исследования проводились на фоне четвертого фактора – системы основной обработки почвы: D_1 – безотвальная (почвозащитная), D_2 – зональная (рекомендуемая) и D_3 – отвальная с глубоким рыхлением почвы до 70 см дважды в ротацию (за 11 лет).

Схема исследований была представлена частью выборки из полной схемы длительного многофакторного полевого опыта (4 x 4 x 4) x 3 и включала 12 вариантов из 48 с условным координированием агротехнологий: 000 (экстенсивная технология), 111 (бесpestицидная), 222 (экологически допустимая), 333 (интенсивная) – на трех изучаемых системах основной обработки почвы (D_1 , D_2 , D_3) Площадь делянки: общая – 105 м², учетная – от 34,0 до 47,6 м² в зависимости от культуры звена севооборота. Повторность опыта трехкратная, расположение делянок систематическое.

Поэтому, для рационального и эффективного использования высокоплодородных черноземов Краснодарского края необходимы мониторинговые исследования их гумусного состояния и свойств в агроценозах с целью внедрения адаптивных агротехнологий, обеспечивающих воспроизводство их плодородия и повышение продуктивности земельных угодий.

1 ГУМУСНОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВ В АГРОЦЕНОЗАХ СТЕПИ И ЛЕСОСТЕПИ

1.1 Влияние сельскохозяйственного использования почв на их гумусное состояние

Природа дает земледельцу разнообразные почвы по агрономическому плодородию в зависимости от типа естественной растительности. Разные пути формирования почв и их плодородия начинают вливаться в единое русло под агроценозами в связи с воздействием культурных растений на почву и с однотипным направлением биологического круговорота веществ. Многие факты, полученные при изучении свойств почвы в прикорневой зоне свидетельствуют об активном воздействии культурных растений на характер почвообразования. Например, около корней пшеницы, трав, ржи, овса обнаружено повышенное содержание водорастворимого гумуса, подвижного калия, обменно-поглощенного аммония. Повышенным выделением углекислоты и большой активностью ферментов подчеркивается высокая биохимическая активность прикорневой зоны. Также общее содержание гумуса увеличивается в зоне ризосферы, здесь идет его синтез. За счет увеличения количества гуматов кальция, алюминия, железа изменяется состав фракций [25, 34, 48, 62, 96, 121, 140, 175, 190, 211, 217, 221, 231].

Как важнейший фактор развития плодородия почв биологический круговорот веществ продолжается при смене естественной растительности на культурную.

На гумусное состояние почв неодинаковое действие оказывают севообороты и культуры входящие в них [46, 96, 101].

В результате многолетних исследований установлено, что содержание гумуса на дерново-подзолистых почвах [127] при бессменном выращивании сельскохозяйственных культур ниже, чем в севообороте. Под многолетними травами и льном, размещенными по пласту отмечено накопление гумуса, но к концу ротации севооборота содержание гумуса уменьшается. Введение севооборотов также улучшило состав гумуса: уменьшилось содержание фульвокислот (ФК), увеличилось абсолютное количество гуминовых кислот (ГК), в результате этого соотношение гуминовых

кислот к фульвокислотам стало шире (0,68–0,82), хотя наиболее подвижные фракции гумусовых веществ преобладают.

Существенное влияние на динамику гумуса оказывают культуры севооборота. На полях под черным паром и под травами разница в содержании органического углерода по X. Liu, Herbert S. J. и др. [232] составляет 0,60–0,87%, что эквивалентно ежегодному внесению 19–27 т подстилочного навоза на 1 га.

Как считает Н. А. Кравченко [119], количество и качественный состав поступающих в почву растительных остатков главным образом обуславливает культура, возделываемая в определенном поле севооборота, и в значимой степени регулирует формирование комплексов почвенной микрофлоры, которая осуществляет процессы синтеза и разложения гумуса.

Систематическое уменьшение количества почвенного органического вещества отмечается при бессменном черном пару, в то время как под люцерной длительное содержание почвы оказывает положительное воздействие – обогащение ее гумусом [193]. В исследованиях В. Ф. Селевцева ежегодные потери гумуса из почвы под зерновыми культурами составили – 1% от его исходного содержания, под пропашными – около 1,5%, при выращивании чистого пара – до 2 % [61, 136, 212].

По потерям органического вещества поля севооборотов в экспериментальных материалах характеризуют следующим образом: яровые зерновые – 0,5–0,6 т/га, озимая пшеница – 0,4–0,7 т/га, пропашные – 0,7–1,5 т/га, чистый пар – 1,2–1,6 т/га [156, 218].

Наиболее значимый источник почвенного гумуса – многолетние травы. После вегетации они оставляют значительное количество корней в почве. После уборки посевов клевера остается 49–50 ц неразложившихся корней на 1 га на черноземных почвах и значительно большее их количество (около 100 ц/га) оставляет люцерна [51]. В течение вегетационного периода часть корней бобовых трав отмирает и разлагается, однако корневая система растений непрерывно возобновляется. Вся корневая масса растений подвержена процессам разложения и гумификации после отмирания [15,154].

При возделывании люцерны на черноземах Кубани накапливается в 2–3 раза больше органического вещества, чем после других культур севооборота (от 9 до 12 т/га). После двухлетнего возделывания люцерны содержание гумуса в почве увеличивается на 8–

10%. Положительное действие на почву данной культуры проявляется 4–5 лет [51].

Н. Е. Редькиным и В. И. Сидоренко были получены аналогичные результаты [171, 187], однако они также установили, что органические остатки культур возделываемых в севообороте полностью не могут компенсировать минерализацию гумуса в почве, и поэтому без дополнительного внесения органических и минеральных удобрений только одно чередование культур, даже в сочетании с многолетними травами, не даст от введения севооборота ожидаемого эффекта.

Зернобобовые культуры оказывают положительное действие на процессы гумусообразования в почве и стимулируют биологическую активность, горох оставляет после себя от 8 до 10 ц/га сухого вещества, обогащенного азотом, люпин – 15–20 ц/га, а кормовые бобы – 18–22 ц/га.

Около 30–40 ц/га растительных остатков оставляют культуры сплошного сева, а пропашные – 5–10 ц/га [213]. Насыщение севооборотов пропашными культурами создает благоприятные условия для разложения гумуса в почве и снижает поступление в нее растительных остатков.

Следовательно, неодинаковое количество растительных остатков после себя оставляют культуры севооборота. Также различна минерализация гумуса под культурами: под черными парами – 2,8 т/га, под пропашными – 2,4 т/га, под соей – 1,1 т/га, под зерновыми около 0,9 т/га, под многолетними бобовыми травами потери органического вещества приравниваются к нулю [21, 42, 195]. Из этого следует, что поступление органического вещества в почву в определенной степени можно регулировать насыщением севооборотов разными культурами. На накопление пожнивно-корневых остатков в почве однозначно влияет урожайность культур, чем она выше, тем больше их накапливается [18, 40, 229].

Количество пожнивно-корневых остатков при урожайности озимой пшеницы в 31 ц/га, по данным многолетнего стационарного опыта КНИИСХа, возмещает расход гумуса; меньшая урожайность дает дефицитный баланс гумуса, большая – положительный [207].

Н. Ф. Коробским [116, 117] было установлено, что освоение севооборотов не способствует повышению плодородия почвы. При освоенных севооборотах и при бессменных посевах озимой пшеницы различия в содержании гумуса в почвах незначительны. Но по

годам в зависимости от возделываемой культуры и от ее предшественника содержание гумуса значительно колеблется. По результатам длительных опытов КНИИСХ после озимой пшеницы и бобовых культур его больше, чем после кукурузы, сахарной свеклы и подсолнечника. Это можно объяснить содержанием в растительных остатках азота, скоростью минерализации и их массой.

Также специфическое влияние оказывает возделывание культуры на качественный состав гумуса. Наибольшее количество его подвижных частей накапливается при бесменном возделывании озимой пшеницы, как утверждают Е. С. Гасанова и соавторы [30, 31, 58, 60, 84, 192]. Под кукурузой гумус накапливается с соотношением между ГК и ФК в слое 0–30 см в среднем – 1,63, а в слое 0–200 см – 1,51.

Состоящий из культур разнонаправленного влияния, севооборот, выражает их усредненное действие на гумусонакопление [178, 179, 220].

Проведением длительных многофакторных полевых опытов, которые включают все факторы, регулирующие содержание гумуса и его состав можно решить проблему поиска эффективных путей воспроизводства почвенного плодородия черноземов.

При этом следствием конкретных технологий и базисом для их совершенствования должен являться режим органического вещества почвы.

Органическое вещество (гумус почвы) является энергетической основой биологических процессов, обладает свойствами физиологически активных веществ, регулирующих ростовые процессы и питание растений как макро- так и микроэлементами [33, 38, 63, 165, 174, 208].

Содержание органического вещества в почве – важный показатель, определяющий, а нередко лимитирующий плодородие почв и урожайность возделываемых культур [29, 35, 108]. Свойства пахотных почв в современных условиях подвергаются мощной антропогенной нагрузке и определяются физико-химическими параметрами, составом и свойствами органического вещества. Наблюдающиеся в настоящее время физико-химическая деградация и потери органического вещества значительно ухудшили агропроизводственные свойства почв, что создает условия для получения низких, неустойчивых урожаев сельскохозяйственных культур и снижение их качества [50, 81, 214].

Значение органического вещества почвы вытекает из ее определения, неперемным и неотъемлемым свойством и признаком которой является плодородие, отличающее ее от материнской породы. Согласно учению В. Р. Вильямса, плодородие почвы – одновременное и полное удовлетворение потребности растений в воде и пище.

Органическое вещество почв оказывает решающее влияние на статистические и динамические свойства почвы, определяющие их продуктивность, классификацию и генезис [15, 41]. Гумус – главный фактор формирования агрономически ценной структуры черноземов, который определяет плотность почвы [48, 49, 105]. Гумусовые вещества оказывают большое влияние на физико-химические свойства и питательный режим почв [191]. Емкость поглощения черноземов также определяется содержанием в почве гумуса. По многочисленным данным исследователей, гумусовые вещества служат источником микроэлементов, благоприятствуют размножению различных групп микроорганизмов, содержат физиологически активные вещества, вносят вклад в мобилизацию элементов минерального питания растений [19, 73, 93, 110, 148].

Рядом авторов [52, 64, 100, 150] установлено, что гумус оказывает на почвы и их плодородие как положительное, так и негативное действие: разрушение минеральной части почвы, связывание элементов питания в недоступные формы для растений, гумусовые вещества – источник токсинов и ингибиторов.

Следовательно, основную часть почвы составляет гумус, который поддерживает равновесие между процессами разложения и синтеза органического вещества и определяет обратные связи и самовосстановление почв. Уменьшение содержания гумуса до 1,5–2,0% сильно замедляет биологический круговорот веществ в природе, лишает почву способности к саморегулированию и снижает интенсивность ее взаимосвязи с биосферой [48, 228].

Сущность почвообразовательного процесса, превращающего материнскую породу в почву, заключается в гумусонакоплении. Первоочередной задачей является поддержание гумусного состояния почв в оптимальном режиме, так как его количество и качество определяет многие положительные свойства почв.

В настоящий момент гумус рассматривают как «своего рода накопитель энергии, которая необходима в процессе создания плодородия почв», а плодородие «определяется массой органических

веществ, участвующих в биологическом круговороте почва – растение – атмосфера». Энергетический потенциал почвы и ее плодородие снижается с уменьшением содержания и запасов гумуса [112, 216, 222].

Интенсивный процесс разложения органического вещества провоцирует распашка целинных почв. Через 12–13 лет после подъема целины, по данным Почвенного института им. В. В. Докучаева, в черноземах зоны умеренного увлажнения теряется до 25 % гумуса от ее исходного состояния, а на дерново-подзолистых почвах – до 36 %. Со временем затухает интенсивность потерь гумуса. Украинские ученые приводят такие характеристики этого процесса: относительная потеря гумуса в мощных черноземах в первые 12 лет после распашки целины в паропропашном севообороте составила 1,5 % в год от ее исходного содержания или до 18 % в верхнем слое; 33 % или 0,9 % в год данная величина составила за 37 лет и 47 % или около 0,5 % в год за 100 лет [24, 72, 158]. Таким образом, процесс потери органического вещества на старопахотных землях обычно замедляется, и стабилизируется содержание гумуса на более низком уровне.

Но повторные почвенные обследования часто показывают, что в пахотных почвах происходит уменьшение гумусированности. Так, Смоленская экспедиция Тимирязевской сельскохозяйственной академии из четырех хозяйств, обследованных повторно, в двух констатировала существенное сокращение количества гумуса пашни – на 0,29–0,3 % за 16 лет (1960–1976), в одном, где вносили высокие дозы органических удобрений, заметно возросла – на 0,56% гумуса от массы почвы, а в другом за этот же период гумусированность практически не изменилась [57]. Черноземы Украины за период с 1935 по 1957 г. потеряли 0,8–1,2 % гумуса от массы почвы [88]. В Центрально-Черноземном районе почв с содержанием гумуса 10–14 % в настоящее время не осталось и их гумусированность снизилась до 7–10 % и даже до 4–7 % [39, 74].

Не лучше ситуация и на Северном Кавказе. В черноземах Краснодарского края за 25 лет содержание гумуса в среднем уменьшилось на 1,3 %. Причем, с 1958 по 1978 г. темпы снижения гумусированности были выше, чем в предыдущие 30 лет [92]. В целом по Северному Кавказу за последние 15–20 лет содержание гумуса снизилось с 4,90–3,44 до 4,60–3,27 % [162]. По другим данным ежегодный темп потерь гумуса в почвах Предкавказья гораздо выше –

0,05–0,06 % [114]. И. М. Шапошниковой выполнены балансовые расчеты, которые показали, что в земледелии Ростовской области за 1975–1985 гг. отрицательный баланс гумуса. Только под многолетними бобовыми травами, зерновой кукурузой, овощными культурами он был бездефицитным. Все остальные культуры формировали урожай в основном за счет минерализации органического вещества почвы. Особенно высока потеря гумуса под подсолнечником – важнейшей масличной культурой, в чистом пару и под озимой пшеницей. Было проведено сопоставление картограмм содержания гумуса в почвах Северного Кавказа, составленных В. В. Докучаевым в 1883 г. и Ф. Я. Гаврилюком в 1983 г. Оказалось, что значительно сократился контур черноземов с содержанием гумуса 7–10 %, на картограмме В. В. Докучаева он почти в два раза больше. Существенно уменьшился и контур с содержанием гумуса 4–7 % [53].

Коллективом ЮЖНИИГИПРОЗЕМ в 1983 году были проведены исследования по изучению изменений запасов гумуса в пахотных почвах Ростовской области. Сведения о почвах отбирались по периодам 1956–1965 г. и 1971–1982 г. Интервал между обследованиями по каждому хозяйству был не менее 10–15 лет. Обследовано было около 70 % площади пахотных угодий области. В результате установлено, что потери гумуса составили 0,3–1,0 % или 0,15–1,55 т/га. Если рассчитать на основе этих данных среднегодовую скорость дегумификации, то окажется, что она достаточно велика и составляет от 0,03 до 0,07 % гумуса в год. Авторы называют ряд причин, лежащих в основе этого явления. На первом месте стоит интенсивный вынос питательных веществ при высокой продуктивности сельскохозяйственных растений и недостаточном использовании органических удобрений.

Контрастные данные, показывающие изменение содержания гумуса в пахотном и подпахотном слоях чернозема выщелоченного в течение 80 лет представлены в таблице 1 [178].

За 80 лет содержание гумуса в слое почвы 0–8 см снижалось с 4,98 до 2,92 % или в 1,7 раза, а в слое 40–45 см – с 3,92 до 2,82 % или в 1,4 раза. В верхнем слое почвы (0–8 см) уменьшение содержания гумуса проходило более интенсивно по сравнению с нижележащим 40–45 см слоем. Это результат того, что верхний слой наиболее сильно подвержен хозяйственной деятельности человека. В результате изменения содержания гумуса особенно в верхнем па-

хотном слое за предыдущие 125 лет черноземы выщелоченные Азово-Кубанской низменности по содержанию гумуса перешли из малогумусного вида в слабогумусные (менее 4%).

Таблица 1 – Изменение содержания гумуса в выщелоченном черноземе в течение 80 лет (1928-2008)

Год	Слой почвы, см	Содержание гумуса, %	Процент изменения
1928	0–8	4,98	100
	40–45	3,92	100
1958	0–8	4,05	81
	40–45	3,79	97
1978	0–8	3,04	61
	40–45	2,74	70
2008	0–8	2,92	58
	40–45	2,82	72
НСП ₀₅	0,19		

Примечание: по данным П. А. Курчатова, 1930; Б. Н. Захарова, 1966; Б. Н. Захарова, Л. П. Леплявченко, 1980; М. Х. Шириняна, А. Г. Солдатенко, 2008.

Накопление гумуса в почве происходит крайне медленно. Этот процесс исчисляется сотнями и тысячами лет, а разрушение происходит значительно быстрее.

Установлено, что происходит снижение содержания и запасов гумуса в почвах при распашке целинных и залежных земель [35, 52, 79, 115].

Длительное использование освоенных почв уменьшает содержание гумуса на 13–35% без пополнения органического вещества и элементов питания [26, 100, 132]. При этом, потеря плодородия выше, чем дольше период использования. К. В. Дьяконовой установлено, что использование дерново-подзолистых почв без удобрения в течение 40–60 лет приводит к уменьшению содержания гумуса на 38–40 %. Ежегодные потери гумуса из данных почв, составили 0,8 т/га в первые 10 лет, 0,5 т/га – во второе десятилетие и 0,1 т/га в последующие 20 лет [87].

Применение удобрений, средств защиты растений и способы обработки почв являются не менее важными факторами, которые существенно влияют на гумусное состояние почв. Воздействия различных систем основной обработки почв на их гумусное состояние во многом обусловлено различиями распределения в верхней части почвенного профиля вносимых удобрений и пожнивных остатков. Различное распределение частей почвенного профиля по содержанию в них питательных веществ, гумуса и биологической активности вызывают системы безотвальной обработки. По содержанию элементов питания и биологической активности разделение пахотного слоя происходит уже в первые 3–5 лет, а для существенного изменения содержания гумуса требуется более длительное время. Гумусированность пахотного слоя повышает минимализация обработки почвы за счет накопления в его верхней части органического вещества. И. Ф. Храмцов с соавторами [215] определили, что к накоплению гумуса в слое 0–20 см и некоторому его снижению в слое 20–40 см приводит длительное ежегодное использование минимальной обработки почвы [133]. Сдерживающим фактором при гумусонакоплении как в слое 0–20 см, так и 20–40 см может служить систематическая отвальная вспашка (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние способов основной обработки почвы на содержание гумуса в черноземе выщелоченном под озимой пшеницей, % [188]

Система основной обработки почвы	Весной		Осенью	
	0–20 см	20–40 см	0–20 см	20–40 см
Безотвальная	3,54	3,13	3,73	3,03
Отвальная	3,26	2,90	3,67	3,10

Как правило, улучшается качественный состав гумуса при распашке и сельскохозяйственном использовании дерново-подзолистых почв [57, 100, 127]. Возрастает содержание гуминовых кислот (ГК) и уменьшается содержание фульвокислот (ФК) в пахотных почвах по сравнению с целинными – их соотношение приближается к единице. Но этот процесс идет очень медленно, так как его сдерживает дефицит свежего органического вещества, поступающего в почву с растительными остатками.

Следовательно, несмотря на снижение общего содержания гумуса, распашка и сельскохозяйственное использование улучшают агрономическое качество гумуса в дерново-подзолистых почвах.

В лесостепных, серых лесных и дерново-подзолистых почвах в процессе длительного сельскохозяйственного использования изменению подвергается в основном пахотный слой. В данном слое усиливаются процессы трансформации органического вещества и его минерализации, происходит резкое усиление ферментативной и микробиологической активности. Если и отмечается воздействие на подпахотный слой, то слабое негативное [150].

В отличие от дерново-подзолистых почв, качественный состав гумуса серых лесных почв, менее подвержен изменениям под действием сельскохозяйственного использования. Отмечено возрастание содержания гуминовых кислот при одновременном снижении доли фульвокислот и негидролизованного остатка в результате увеличения количества всех их составляющих для темно-серой лесной почвы Украины [47].

Напротив, в условиях Восточной Сибири длительное использование в пашне серой лесной почвы приводит к уменьшению содержания гуминовых кислот при постоянном количестве фульвокислот, в связи с этим сужается соотношение $S_{гк}:S_{фк}$.

По данным Ю. А. Штомпеля и некоторых исследователей [48, 226], у серых лесостепных, серых лесных и бурых лесных почв Краснодарского края, которые подвержены действию эрозионных процессов, уменьшается мощность гумусового слоя и содержание гумуса в нем.

Таким образом, гумусное состояние нечерноземных почв при распашке и длительном использовании изменяется за счет уменьшения общего содержания органических соединений и собственно гумусовых веществ.

В литературе наиболее детально обсуждается изменение гумусного состояния черноземов, так как черноземная зона является важной зоной сельскохозяйственного производства в стране.

Еще В. В. Докучаев утверждал, что русский чернозем был, есть и остается основой благополучия России.

Как правило, черноземы характеризуются повышенным содержанием гумуса и хорошим его качеством, обладают благоприятным составом катионов, присутствующих в почвенном

поглощающем комплексе (ППК), высокой емкостью поглощения, обладают вполне удовлетворительными водно-физическими свойствами и имеют высокий запас питательных веществ. Как установлено, комплекс основополагающих свойств этих почв близок к оптимальному, что дает основание большинству авторов [97, 155] принимать черноземы как своеобразный эталон почв.

Но распашка и длительное сельскохозяйственное использование черноземов приводит к значительному снижению содержания гумуса так же, как и в других почвах.

Установлено, что в результате распашки почвы с высоким содержанием органического вещества теряют намного больше углерода, чем почвы, которые первоначально содержат незначительное его количество.

Динамика снижения гумуса в пахотных почвах независимо от подтипа почв, в сравнении с целиной близка к интервалу от 15 до 25 %. По мнению Г. П. Гамзикова и М. Н. Кулагиной этот интервал можно условно принимать за критерии биологических потерь. Под действием эрозии и дефляции наблюдаются более высокие потери – до 35–40 % [48, 138, 154, 186], снижение потерь до 4–12 % происходит в результате применения удобрений. Из различных подтипов черноземов ежегодные потери гумуса составляют от 0,5 до 2,1 т/га [102, 147, 152].

Четкая сезонная цикличность водного режима, окислительно-восстановительного потенциала, питательных веществ, реакции и гумусного состояния почвы обнаруживается в условиях естественных фитоценозов черноземов целины.

Интенсивность потерь гумуса из почв уменьшается при переводе их из целинного состояния в пахотное по мере продолжительности освоения.

В процессы деструкции наиболее активно органическое вещество почвы вовлекается в первые годы после распашки [11, 35, 107]. За 100-летнее использование из мощного чернозема Украины в течение первых 12 лет после распашки среднегодовые потери составили 0,14%, в последующие 25 лет – 0,08 % и затем – 0,04 % [151, 152]. Ежегодные темпы уменьшения гумуса в черноземе южном определены следующим образом: в первом десятилетии – 1 т/га, во втором – 0,5 т/га и в третьем – 0,4 т/га [12].

Значит, распашка черноземов во всех случаях приводит к уменьшению количества гумуса в почве, что для высокогумусированных почв черноземного типа, по мнению Н. И. Локтионова, следует считать закономерностью.

Изменение содержания гумуса в черноземных почвах под влиянием долговременного сельскохозяйственного использования происходит не только в пахотном, но и в нижележащих слоях [16, 27, 180, 189]. В основном воздействие на подпахотный слой меньше, чем на пахотный [110]. Но за 118 лет, по данным Н. Ф. Коробского и И. Б. Морозовой [115, 118], в выщелоченном черноземе в метровом слое содержание гумуса снизилось от 4,91 до 1,53 %, иначе говоря потери достигли 48,5 процентов от исходного, а в пахотном слое – 42,6 %. Таким образом, интенсивное сельскохозяйственное использование черноземов выщелоченных Западного Предкавказья привело к заметному снижению содержания гумуса как в пахотном слое, так и в метровой толще.

Под влиянием распашки групповой состав гумуса черноземных почв меняется медленнее, чем в дерново-подзолистых [24, 67, 107], но без применения удобрений при длительном использовании черноземов происходит снижение содержания всех групп гумусовых веществ.

Выявлено [56, 124, 134, 146], что разлагающиеся гумусовые вещества компенсируются, в первую очередь, за счет предгумусовой фракции органических веществ, в нее входят растительные остатки прошлого года и полуразложившиеся пожнивные остатки прошлых лет. Поэтому негативное воздействие на почву оказывает сжигание растительных остатков на полях.

На природу гумусовых веществ долговременное сельскохозяйственное использование оказывает небольшое влияние [65, 129, 173, 194].

В настоящее время идет речь о стабилизации гумуса и его бездефицитном балансе, а не ставится задача расширенного воспроизводства гумуса пахотных черноземов [161].

Одним из путей стабилизации гумусового режима и повышения экономической эффективности использования черноземов при существующем зональном агрокомплексе в сложившейся ситуации является сравнительное исследование различных источников воспроизводства гумусовых веществ и выбор наиболее оптимального приема воздействия.

1.2 Изменение баланса гумуса в почвах агроценозов

Утрата запасов органического вещества, в частности гумуса является одним из важнейших неблагоприятных изменений в черноземах, вызванных земледелием. Еще В. В. Докучаевым и П. А. Костычевым отмечалась опасность потери гумуса черноземами. В настоящее время это стало острой проблемой, за предшествующие 75–100 лет значительно уменьшилась в черноземах как мощность гумусовых горизонтов, так и суммарное содержание гумуса, в результате усиленной минерализации гумуса и уменьшения поступления органических веществ в пахотные почвы.

Для сохранения положительного баланса гумуса и в целом плодородия черноземов, как отмечают В. А. Ковда, Н. Ф. Ганжара [36, 57, 75, 105, 131] и другие исследователи, в них требуется регулярное поступление органического вещества.

По данным агрохимической службы России (ЦИНАО) 56 млн. га пашни (45 %) характеризуется низким содержанием гумуса, 28 млн. га (23 %) дефицитом фосфора и 11,5 млн. га (9 %) калия. Среднегодовой дефицит гумуса в пахотном слое за последние годы в среднем по России составляет 0,52 т/га, который в различных регионах изменяется от 0,25 до 0,72 т/га (таблица 3).

Комплекс мероприятий, который обеспечит поступление органических веществ: внесение органических и минеральных удобрений; оставление более высокой стерни зерновых культур; посев многолетних трав; создание оптимальных соотношений культур в севооборотах для пополнения почвы органическими веществами и усиления процесса гумификации; минимализация обработок; применение мелиорантов, вызывающих закрепление гумуса на поверхности минеральной части почвы приведет к замедлению потерь гумуса и повышению его содержания в пахотных черноземах [77, 128, 131, 176, 230].

В настоящее время выявлены потери гумуса по зонам страны. Современное земледелие Центрально-Черноземной зоны основывается на черноземах с низким содержанием гумуса. В этой связи особый интерес вызывает влияние длительного применения различных мелиорантов и систем удобрения на гумусное состояние черноземных почв. Более точно определить влияние той или иной системы удобрения на формирование фракционно-группового состава гумуса и его лабильных соединений, а также содержание и

запасы гумуса позволит именно изучение гумусного состояния почв в длительных стационарных опытах.

Таблица 3 – Баланс гумуса в пахотном слое почв природно-экономических регионов России, т/га (по данным К. В. Дьяконовой) [87, 178]

Природно-экономические регионы и природные зоны	В среднем на 1 га пашни	
	дефицит гумуса	потребность в навозе
Россия	0,52	6,5
Северо-Западный	0,25	5,0
Центральный	0,25	5,0
Волго-Вятский	0,58	11,6
Центрально-Черноземный	0,63	7,0
Поволжский	0,46	3,7
Северо-Кавказский	0,72	5,8
Уральский:		
Нечерноземная часть	0,58	11,6
Черноземная часть	0,41	4,6
Западно-Сибирский	0,41	4,9
Восточно-Сибирский	0,51	6,8
Дальневосточный	0,64	12,9

Одна из наиболее важных проблем земледелия на Кубани – определение потенциального плодородия черноземов. Многие исследователи [90, 117, 188] рассматривают вопросы повышения плодородия почв и отмечают значительный дефицит гумуса в Краснодарском крае, причем черноземы выщелоченные являются менее обеспеченными гумусом, чем другие подтипы. Среднее его содержание, по данным обследования 1987–1989 гг., в выщелоченном черноземе составляет 3,35 %, что заметно меньше оптимального значения [107, 219]. Накопление гумуса, по мнению В. Г. Минеева [148], обусловлено действием всех факторов почвообразования, а почва стремится к поддержанию оптимального исходного равновесного уровня.

Гумус сравнительно устойчив к разложению, значительно медленнее, чем свежее органическое вещество, минерализуется под воздействием почвенных микроорганизмов. По средним данным, скорость его разложения составляет 1–2 % в год. Энергетическим материалом для жизнедеятельности почвенных микроорганизмов служит органическое вещество почвы, а микроорганизмы играют важную роль в обеспечении растений элементами питания и

углекислотой. Окультуривание почвы ускоряет размножение микроорганизмов и усиливает их деятельность [94, 124].

В таблице 4 приведена шкала учета трансформации органического вещества в почвах Азово-Кубанской низменности [178].

Таблица 4 – Оценка направленности и степени трансформации органического вещества в черноземных почвах [178]

Направленность трансформации органического вещества почвы	Значения баланса гумуса, т/га	Показатель трансформации органического вещества почвы
Очень активная минерализация	$< -1,2$	-4
Активная минерализация	$< -0,8$	-3
Минерализация	$(-0,4) - (-0,8)$	-2
Преобладание минерализации над гумификацией	$(-0,06) - (-0,39)$	-1
Равновесие	$(-0,05) - 0,05$	0
Преобладание гумификации над минерализацией	$0,06 - 0,39$	+1
Гумификация	$0,4 - 0,8$	+2
Активная гумификация	$0,8 - 1,2$	+3
Очень активная гумификация	$> 1,2$	+4

Известно, что биологическая активность почв снижается при внесении больших доз минеральных удобрений. Депрессия биологической активности почв с повышением гумуса отмечается лишь при очень высоких дозах хуков. В среднем в гумусе содержится около 5 % азота, но этот показатель для различных почв неодинаков.

Интенсивность минерализации гумуса различна под разными культурами. Среди культур выделяются культуры, мало влияющие на запасы гумуса (ряд зерновых колосовых, однолетние травы) и накопители гумуса (зернобобовые, многолетние бобовые травы, и некоторые зерновые культуры). К группе обедняющих почву гумусом относятся большинство пропашных культур. Среди них особенно выделяются подсолнечник, сахарная и кормовая свекла, бахчевые и другие культуры (таблица 5).

Из полевых культур положительная интенсивность баланса гумуса в почве складывалась под многолетними травами (130 %),

соей (126 %), зернобобовыми культурами (107 %) и прочими зерновыми и рисом (123 %).

Таблица 5 – Баланс гумуса под отдельными культурами севооборота в крае в 2000 году [178]

Культуры	Урожайность т/га	Вынос азота, т/га		Минерализация гумуса, т/га	накопление гумуса с по- живными и корневыми остатками	Баланс гуму- са, т/га (сред- невзвешен- ный)	Интенсивност ь баланса,
		всего	в т.ч. из почвы				
Зерновые ко- лосовые	38,0	0,114	0,063	1,2	0,99	-0,21	82
Кукуруза на зерно	22,0	0,05	0,03	0,58	0,42	-0,16	72
Прочие зер- новые, рис	41,7	0,09	0,04	0,88	1,08	+0,20	123
Зернобобовые	18,8	0,08	0,02	0,40	0,43	+0,03	107
Сахарная свекла	224	0,11	0,06	1,57	0,14	-1,43	9
Подсолнечник	15,6	0,08	0,04	1,10	0,43	-0,67	39
Сон	11,1	0,05	0,1	0,23	0,29	+0,06	126
Картофель и овощи	70,0	0,03	0,02	0,49	0,08	-0,41	16
Кормовые корнеплоды и бахчи	500,0	0,25	0,14	2,64	0,32	-2,32	12
Кукуруза на силос	146	0,04	0,02	0,61	0,39	-0,22	6
Однолетние травы (сено)	26,2	0,05	0,03	0,63	0,59	-0,04	94
Многолетние травы (сено)	30,0	0,07	0,1	0,01	0,13	+0,12	130
Средневзвешенное значение баланса						-0,42	73

Наиболее сильными гумусоразрушающими культурами севооборота являются сахарная свекла (восстановление выноса всего 9 %), кормовые корнеплоды (12 %), картофель и овощи (16 %). Исходя из сложившейся структуры посевных площадей в полеводстве края, в 2000 году интенсивность баланса гумуса была

равна 73 %, т. е. баланс отрицательный, ежегодно 27 % централизованного гумуса не восполняется [91, 126].

Таким образом, на черноземах выщелоченных необходимо добиться не только сохранения, но и повышения содержания гумуса в почве до оптимального уровня, по расчетам Н. Т. Куприченко и З. С. Марченко [125, 139] он составляет 4,10%.

На основе обобщения данных научных учреждений Северного Кавказа, Кубани и Центрально-Черноземных областей России научно-исследовательскими учреждениями Краснодарского края подготовлены «Методические рекомендации по расчету баланса гумуса и потребности в органических удобрениях» [141].

Эти рекомендации составлены на основе материалов исследований, проведенных в почвенно-климатических условиях региона, с учетом выноса культурами азота, урожайности культур, оставляемых культурами пожнивно-корневых остатков и их коэффициентов использования, а также доли азота гумуса необходимые для формирования урожая сельскохозяйственных культур.

Баланс гумуса непосредственно связан с балансом азота [13, 95, 157, 198], поэтому при его расчетах учитывается поступление азота в почву за счет процессов азотфиксации. Снижение запасов гумуса происходит за счет его минерализации при питании растений (коэффициент перевода азота в гумус равен 0,2), а также при интенсификации обработки почвы.

Процесс накопления гумуса в значительной степени связан с урожайностью сельскохозяйственных культур. Расчет баланса гумуса основан на выносе урожаем азота, извлеченного из органического вещества почвы, потерь при минерализации и накопление в результате разложения растительных остатков.

Баланс гумуса рассчитывается как разность между его увеличением за счет пожнивно-корневых остатков, органических удобрений и потерями при минерализации [141]. Исходным материалом являются данные урожайности сельскохозяйственных культур севооборота. Минерализация гумуса ориентировочно определяется по расходу почвенного азота на формирование урожая.

Минерализация гумуса несколько увеличивается при интенсивности основной обработки почвы и при возделывании пропашных культур, а также с ростом интенсификации технологий и составляет в пределах 0,98–2,04 т/га, как показали расчеты баланса гумуса на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья. Ана-

логичная ситуация прослеживается и в приходной части баланса. Бездефицитный баланс гумуса складывается в результате внесения повышенных и высоких доз органических и минеральных удобрений, при рекомендуемой (зональной) системах обработки почвы, с применением биологических и химических средств защиты растений при возделывании сельскохозяйственных культур, в первую очередь, под многолетними травами [201, 202, 204].

Основная задача балансового расчета – определение условий бездефицитного баланса гумуса.

1.3 Влияние гумусного состояния черноземов на продуктивность земельных угодий

О значении плодородия почвы выдающийся немецкий ученый-химик Юстус Либих более 150 лет назад писал: «Причина и возникновение и падения наций лежит в одном и том же. Расхищение плодородия почвы обуславливает их гибель, поддержание этого плодородия – их жизнь, богатство и благополучие».

Гумус – основной фактор формирования ценной в агрономическом отношении структуры черноземов, определяющей плотность почвы [44], от которой в свою очередь зависят практически все ее физические параметры [22, 123]. Гумус и его составные части – гумусовые вещества являются основой плодородия почвы, они сами участвуют в создании урожая растений и обеспечивают возможность для эффективного проявления других условий и факторов почвенного плодородия [73, 89, 123, 137]. Гумусное состояние почвы – система показателей, характеризующих содержание, запасы гумуса, профильное его распределение, обогащенность азотом, тип гумуса и его фракционный состав.

Гумус – часть почвы, которая выполняет одну из важнейших функций – создание необходимых условий для роста и развития растений.

Он включает в себя основные элементы питания растений, которые образуются в процессе минерализации гумуса в почве. За последнее время установлено еще более глубокое и разностороннее влияние составных частей гумусовых веществ на растения. При поступлении в растения, они влияют на « ... процессы, связанные с физиологией и обменом веществ растительного организма, а также

участвуют в повышении эффективности минеральных удобрений» [20, 32, 40, 66, 85, 106, 135]. Все это заставляет обратить особое внимание на изучение не только запасов гумуса под влиянием различных агротехнических приемов, но и на изменение его качественного состава. Существует мнение, что систематическое внесение минеральных удобрений способствует ухудшению гумусного состояния и в целом физико-химических показателей почв. Однако, в изменении органической части почвы большое значение имеет система земледелия. При высокой культуре земледелия на фоне органических и минеральных удобрений потери гумуса ниже, чем на удобренных фонах [23, 26, 76, 127, 146]. В то же время подтвердить или опровергнуть этот факт, можно только в условиях длительных стационарных наблюдений.

От неправильной эксплуатации почв проявляются количественные и качественные изменения гумуса. Это явление называется общим термином «выпаханность». Его сущность заключается в преобладании процесса разложения гумуса над его накоплением. Проблема сохранения содержания гумуса в почвах в целом является глобальной. Это относится и к черноземам–богатым по содержанию и запасам гумуса почвам. Например, В. В. Докучаев в черноземных областях России в начале девяностых годов 19 века обнаружил 3,6 миллиона гектаров пашни с содержанием гумуса более 10 процентов. Ни одного гектара таких почв уже не сохранилось. На Кубани черноземы тучные тоже прекратили свое существование [41].

Установлено, что на хорошо гумусированных почвах растения дольше вегетируют и как следствие, накапливают больше биомассы, из таких почв меньше вымывается питательных веществ [80, 101, 233]; микроорганизмы очищают почвы тщательнее и быстрее от инородных вредных веществ: различных химических соединений, нефтепродуктов и, таким образом, сохраняют среду обитания. В суровые зимы способствует меньшему вымерзанию озимых культур, более гумусированные почвы, обладающие меньшей теплопроводностью. Из таких почв меньше испаряется влага и на рост культурных растений она расходуется равномернее [46].

Роль гумуса переходит к глобальной экологической [89]. Поэтому в настоящее время проблема сохранения гумуса и повышения плодородия почв становится одной из главных [75, 78, 110, 150, 189, 223, 227].

Чередование культур в севообороте по своему влиянию на почвенную среду сходно с компонентами естественным растительным сообществам, только это действие растянуто во времени, тогда как в естественных фитоценозах действие различных по биологии культур осуществляется одновременно [101, 235].

Существенной особенностью земледелия является то, что здесь выращивается набор зерновых, технических и кормовых культур, которые различаются между собой не только требованиями к почвенному плодородию, но и характером воздействия на основные свойства почвы.

Поэтому установление оптимального соотношения возделываемых групп культур (зерновых, бобовых, пропашных) является чрезвычайно важным фактором управления плодородием почв. Особенно важен удельный вес культур, обладающих явно выраженными почвоулучшающими свойствами (многолетние травы, зернобобовые, сидеральные пары) в условиях резкого падения объемов применения удобрений.

Непременным условием формирования научно обоснованной структуры посевных площадей является комплексная оценка возделываемых в зоне полевых культур [178].

По количеству оставляемых после уборки органических остатков основные полевые культуры можно расположить в следующий убывающий ряд: люцерна, кукуруза, озимая пшеница, озимый ячмень, вико-овсяная смесь, горох, сахарная свекла. Наиболее ценными в агрономическом отношении являются богатые азотом растительные остатки люцерны, гороха и сахарной свеклы. Соотношение C : N в корневых остатках злаковых 20–25, бобовых и сахарной свеклы – 15–17 [91, 172].

Уплотнение севооборотов промежуточными культурами повышает их почвозащитную и почвоулучшающую эффективность.

Следует отметить, что к настоящему времени сложилась достаточно напряженная ситуация со структурой посевных площадей в связи с резким увеличением площадей пропашных культур за последние три десятилетия.

В результате внедряемые севообороты слабо учитывают особенности различных категорий пахотных земель по крутизне склонов, эродированности, что неизбежно приводит к усилению эрозии, снижению содержания гумуса, влагоемкости, буферности почвы, ее биологической активности, способности восстановления

равновесной плотности после переуплотнения большегрузной техникой.

Оптимизация структуры посевных площадей в соответствии с экологическими принципами рационального природопользования возможна на основе формирования в каждом хозяйстве дифференцированной системы разных видов севооборотов.

Исходя из принципов ландшафтного земледелия, требований специализации хозяйств, структура посевных площадей должна формироваться в строгом соотношении с применяемыми видами севооборотов, в конечном счете определяющих и уровень стабилизации почвенного плодородия.

Таблица 6 – Рекомендуемые параметры использования пашни в Краснодарском крае [178]

Культура (группа культур), показатель хозяйствования	Тип почвы			
	дерново-карбонатные	серые лесные	черноземы	каштановые
Культура сплошного посева, %:				
всего	30–90	65–80	65–70	60–70
в т.ч. зерновые	50–60	55–70	50–55	50–60
из них:				
озимые	50–60	50–60	45–50	45–50
яровые	–	5–10	5–10	5–10
Травы:				
многолетние	20–30	10–20	10–20	10–20
однолетние	–	–	–	–
Пропашные, %:				
всего	10–30	20–35	30–35	30–40
в т.ч. технические	–	5–10	20–25	10–20
Чистый пар, %	–	–	–	–
Итого пашни, %	100	100	100	100
Баланс гумуса, %	+0,18	+0,06	0,0	+0,18
Уровень рентабельности сельскохозяйственного производства	40–50	40–50	50–75	40–50

Параметры структуры использования пашни, обеспечивающие уровень рентабельности сельскохозяйственного производства

40–50 % , а для черноземов 50–75 % , и бездефицитный баланс гумуса в почве, для Краснодарского края представлены в таблице 6.

Влияние культурных растений на гумусное состояние почвы определяется их биологическими особенностями – количественным и качественным составом пожнивно-корневых остатков, интенсивностью выноса азота, способностью фиксировать азот атмосферы, системой механической обработки почвы, наличием периодов содержания почвы без покрова [20, 99].

По влиянию на баланс гумуса в почве сельскохозяйственные культуры можно разделить на три группы: многолетние травы, однолетние зерновые и зернобобовые, однолетние пропашные культуры.

Многолетние травы в первый год произрастания могут обеспечивать бездефицитный баланс гумуса в почве, в последующие годы – положительный баланс. Близкий к бездефицитному складывается баланс гумуса при выращивании однолетних зернобобовых культур. Под зерновыми баланс гумуса в почве отрицательный, с дефицитом от 142 до 800 кг/га (в зависимости от культуры и урожая). В частности дефицит гумуса 800 кг/га имеет место под озимой пшеницей при урожае 60 ц/га [95].

Пропашные культуры отличаются высоким выносом питательных веществ, оставляют в почве наименьшее количество растительных остатков, что наряду с интенсивной при их возделывании механической обработкой почвы приводит к усилению минерализации гумуса. Так, дефицит гумуса под сахарной свеклой при урожае 350 ц/га достигает 2000 кг/га. Расчеты приведены для условий выращивания культур без применения органических удобрений.

Таким образом, чтобы иметь бездефицитный баланс гумуса в почве, необходимо иметь сбалансированную по органическому веществу структуру посевных площадей в хозяйстве, районе, области (крае) и сбалансированные по углероду севообороты в бригадах и хозяйствах.

Таким образом, из анализа указанных литературных источников следует, что гумусное состояние почв в агроценозах степи и лесостепи в разной степени изменяется и влияет на их различные свойства и, в целом, на их плодородие. Следовательно, для создания адаптивных систем земледелия обязательен мониторинг гумусного состояния почв агроценозов с целью воспроизводства их

плодородия и повышения продуктивности сельскохозяйственных угодий, что и обуславливает актуальность результатов исследований, представленных в настоящей диссертационной работе.

2 УСЛОВИЯ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1 Геоморфология, климат и агроклиматические условия в годы проведения исследований

По схеме геоморфологического районирования Северо-Западного Кавказа район исследований расположен в южной части Азово-Кубанской низменности, которая представляет собой аллювиально-аккумулятивную равнину с покровом лёссов, расположена севернее реки Кубань и представляет собой плоскую поверхность, имеющую к Азовскому морю общий слабый уклон. Ее абсолютные высоты составляют от 6–15 м до 150–200 м у западных склонов Ставропольской возвышенности [41, 90].

Лёссовая эрозионно-аккумулятивная равнина занимает большую часть Азово-Кубанской низменности и состоит из средне- и верхнеплиоценовых пресноводных отложений, представленных пестроцветными глинами и песков с прослоями гравия, перекрытыми четвертичными глинами и суглинками лессовидного характера мощностью до 20–50 м [44, 53, 205].

На климатические условия территории исследований значительное влияние оказывает географическое положение. Климат района исследований – умеренно-континентальный с неустойчивым увлажнением, малоснежной зимой, умеренно жарким летом, высокой суммой положительных температур и значительной продолжительностью вегетационного и безморозного периодов.

По схеме агроклиматического районирования Краснодарского края исследуемая территория входит в третий агроклиматический район со среднегодовым количеством выпадающих атмосферных осадков 643 мм, среднегодовой температурой воздуха +10,8 °С и суммой эффективных температур в среднем за год 3567 °С [1].

Первые осенние заморозки отмечаются во второй половине октября, последние весенние – в первой половине апреля. Безморозный период продолжается в среднем 191 день (175–225 дней).

Осадки кратковременные, преимущественно ливневые, за период активной вегетации зональных сельскохозяйственных расте-

ний их выпадает более 50 % (343 мм). Наибольший дефицит влаги обычно наблюдается в середине лета (июль–август).

На исследуемой территории преобладающими являются восточные и западные ветры.

Таблица 7 – Изменение средней месячной температуры воздуха за 2008-2013 гг. сельскохозяйственные годы (метеостанция «Круглик», г. Краснодар)

Месяц	Среднемесячная температура воздуха, °С					Средняя многолетняя температура воздуха, °С
	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	
Январь	–0,6	0,1	–0,1	0,0	4,5	–1,8
Февраль	5,4	3,4	–1,3	–4,9	5,8	–0,9
Март	6,9	5,8	4,5	2,9	7,6	4,2
Апрель	10,7	12,2	10,0	16,5	14,0	10,9
Май	16,1	19,2	17,0	21,5	21,7	16,8
Июнь	23,9	24,6	22,6	24,7	23,5	20,4
Июль	25,6	26,8	27,0	25,6	24,9	23,1
Август	22,2	27,7	24,1	25,3	23,5	22,7
Сентябрь	18,3	21,8	19,3	21,3	16,9	17,4
Октябрь	16,0	11,5	11,8	16,9	11,3	11,6
Ноябрь	8,5	12,0	4,2	8,3	9,0	5,1
Декабрь	4,5	7,1	5,8	2,4	0,8	0,4
В среднем за год	13,1	14,4	12,1	13,4	13,6	10,8

Из вышеизложенного следует, что климат района исследований характеризуется условиями позволяющими возделывать различные зональные сельскохозяйственные культуры. Однако, в годы исследований погодные условия значительно отличались от средних многолетних (таблицы 7, 8).

2008–2009 сельскохозяйственный год характеризовался следующими климатическими особенностями: осень была теплой с недобором осадков в отдельные периоды; зима необычно короткая умеренно-холодная с неустойчивым залеганием снежного покрова; весна была ранней, но затяжной, с двумя периодами необычно интенсивных заморозков в апреле, соответствовавших в большинстве районов категории опасного явления; лето умеренно жаркое, в се-

редине периода жаркое, с продолжительными бездождевыми периодами, что обусловило формирование почвенной засухи.

Осенью 2008 года прирост люцерны 1-го года вегетации прекратился во второй декаде октября, но сохранение относительно теплой погоды в ноябре обусловило слабую их вегетацию. Перезимовка трав проходила при благоприятных условиях, повреждений от низких температур не наблюдалось. Вегетация люцерны возобновилась в середине марта, состояние ее после перезимовки было удовлетворительным и хорошим. В ранневесенний период для хорошего отрастания трав не хватало тепла.

Урожай первого укоса формировался в апреле–мае. В середине мая на большинстве полей отмечалось образование соцветий. Массовая уборка (первый укос) проводилась во второй половине мая при высоте растений 55–80 см. Погодные условия для уборки и сушки многолетних трав были хорошими.

Второй укос проводили во второй половине июня – начале июля при высоте растений 45–65 см. Агрометеорологические условия для отрастания трав после второго укоса ухудшились. Формирование третьего урожая проходило в условиях жаркой засушливой погоды, поэтому состояние посевов ухудшилось, третий укос трав проводили во второй половине августа при высоте травостоя 35–55 см.

Теплая погода осени 2009 года обусловила продолжительную осеннюю вегетацию люцерны. Рост трав был в основном слабым, но продолжался в течение октября–ноября. В начале декабря, с понижением температуры, вегетация прекратилась.

2009–2010 сельскохозяйственный год характеризовался преобладанием положительной температуры воздуха во все сезоны года. Обильные дожди выпадали осенью, весной и в начале лета. Повышенный температурный режим в течение всего летнего периода и необычно продолжительные бездождевые периоды обусловили развитие атмосферной и почвенной засухи. Следовательно, агрометеорологические условия для формирования урожая сельскохозяйственных растений были малоблагоприятными.

Погодные условия для перезимовки люцерны складывались благоприятные. Похолоданию в третьей декаде января предшествовало выпадение снега, что предохраняло почву от сильного выхолаживания, условий для вымерзания посевов не было.

Вегетация многолетних трав весной возобновилась в третьей декаде марта, в сроки, близкие к средним многолетним. Достаток тепла и влаги создавали благоприятные условия для роста трав и накопления растительной массы. Во второй половине мая проводился первый укос люцерны на сено при высоте травостоя 80–110 см. Уборка проводилась в сложных погодных условиях, частые дожди мешали проведению работ. Второй укос проводили при высоте травостоя 60–80 см, погодные условия для уборки также были малоблагоприятными из-за частых и сильных дождей.

Агрометеорологические условия для отрастания трав после второго укоса складывались неблагоприятно. Небольшие дожди при высоких температурах в сочетании с низкой относительной влажностью воздуха не могли обеспечить потребности растений во влаге. В результате наблюдалось ухудшение состояния посевов. Третий укос проводили во второй половине августа – начале сентября при высоте травостоя 35–55 см. Люцерна после третьего укоса отрастала плохо, в сентябре сохранялась жаркая, преимущественно сухая погода. Вегетация трав прекратилась в начале января, значительно позже средних многолетних сроков.

В июле – первой половине августа 2011 года, в результате недобора осадков и высоких температур в большинстве районов отмечались продолжительные засушливые периоды. Обильные осадки выпадали весной и в начале лета. Агрометеорологические условия для формирования урожая большинства сельскохозяйственных культур были благоприятными, урожай получен высокий, по озимым культурам исторически высокий [4].

Сохранение необычно теплой погоды в ноябре-декабре 2010 года способствовало длительной осенней вегетации многолетних трав. Погодные условия для перезимовки трав складывались вполне благоприятно. Минимальная температура почвы на глубине залегания корневой шейки (3 см) за зиму была в пределах $-5, -8^{\circ}\text{C}$. Весна 2011 года была холодной и затяжной. Вегетация люцерны возобновилась только в конце марта, для хорошего отрастания трав не хватало тепла, поэтому высота травостоя на конец апреля составляла 15–25 см. Со второй декады мая, с повышением температуры воздуха, рост люцерны заметно ускорился. Массовая уборка проводилась в начале июня, уборочные работы прерывались из-за частых дождей.

Жаркая и преимущественно сухая погода второй половины июля – первой декады августа обусловила снижение влагозапасов в почве, вызывала угнетение растений. Прирост трав замедлился или прекратился вовсе. Третий укос проводился в основном в августе. Умеренные температуры и достаточная влагообеспеченность в сентябре создали хорошие условия для роста трав, местами сформировался четвертый укос. Во второй половине октября рост трав был слабым из-за недостатка тепла. Необычно холодная погода ноября обусловила раннее прекращение вегетации трав, она прекратилась в середине месяца, что на 10–20 дней раньше обычных сроков [4].

Таблица 8 – Изменение месячного количества осадков за 2008-2013 сельскохозяйственные годы (метеостанция «Круглик», г. Краснодар)

Месяц	Среднемесячное количество осадков, мм					Среднее многолетнее количество осадков, мм
	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	
Январь	86,7	105,2	109,6	51,9	41	50
Февраль	49,0	75,1	65,8	70,1	35	50
Март	89,2	106,6	65,9	50,0	80,0	48
Апрель	19,4	85,2	137,7	40,6	20,0	48
Май	92,6	25,3	107,2	74,3	18,0	57
Июнь	56,9	93,4	53,5	14,8	86,0	67
Июль	80,4	18,8	3,1	83,4	97,0	60
Август	11,5	22,4	80,6	3,5	35	48
Сентябрь	42,1	17,6	22,0	27,3	107	38
Октябрь	14,0	92,3	75,7	44,9	75	52
Ноябрь	86,3	24,4	32,1	38	36	59
Декабрь	95,7	99,5	43,4	74,6	71	66
Сумма за год	723,8	765,8	796,6	573,0	701	643

С начала осени 2011 года шло быстрое снижение температуры, холодными были третья декада октября и ноябрь. Необычно холодная погода ноября сменилась длительным периодом теплой погоды в декабре и первой половине января. Осадки выпадали в виде дождя, мокрого снега и снега. Снежный покров в ноябре устанавливался и сходил неоднократно.

Агрометеорологические условия для формирования урожая озимых культур в вегетационный период 2011–2012 гг. складыва-

лись малоблагоприятно. Для подготовки почвы под посев озимой пшеницы условия до середины августа были малоблагоприятными из-за сухости ее верхних слоев. В первой-второй декадах октября преобладала неустойчивая погода, частые дожди способствовали переувлажнению почвы, задерживали посевные работы, сев озимых культур продолжался и в ноябре в предельно поздние сроки [5].

Выпавшие осадки обеспечили хорошее увлажнение почвы, но недостаток тепла во второй половине октября сдерживал темпы развития озимой пшеницы. Большую часть ноября озимые находились в состоянии покоя. К прекращению вегетации из-за поздних сроков сева и недостатка тепла в предзимний период озимые культуры значительно отставали в развитии по сравнению с прошлым годом. Перезимовка озимой пшеницы проходила в сложных погодных условиях. В конце января в крае сильно похолодало. В центральных районах края температура почвы на глубине залегания узла кущения понижалась до $-11, -14^{\circ}\text{C}$, это вызвало повреждение и гибель посевов на значительных площадях.

В конце февраля с повышением температуры, началось таяние снега. Талая вода и выпавшие обильные осадки из-за глубокого промерзания почвы плохо просачивались в нижние горизонты, местами отмечалось скопление избыточной влаги на полях и повреждение посевов от вымокания.

Весна была поздней, характеризовалась повышенным температурным режимом и недобором осадков. Благодаря аномально теплой погоде и достатку влаги в почве в апреле озимые культуры активно росли и развивались. У озимых продолжалось кущение, в середине апреля началась закладка колоса, рост соломины. В мае погодные условия снова ухудшились. Недобор осадков в апреле-мае в сочетании с жаркой суховеистой погодой и интенсивный расход влаги на транспирацию обусловили понижение запасов влаги в почве к началу налива зерна до удовлетворительных и плохих. В начале июня на большинстве посевов озимой пшеницы отмечена молочная спелость. Созревание озимых проходило при благоприятных условиях. Массовая уборка в 2012 году началась с третьей декады июня. Средний краевой урожай озимой пшеницы в текущем году получен ниже среднего за последние пять лет [5].

В сентябре 2012 года производили сев озимой пшеницы, условия для этого были плохими, так как длительное отсутствие осадков и повышенный температурный режим обусловили сильное ис-

сушение верхних слоев почвы. Дожди, прошедшие в конце первой декады октября, улучшили условия для произрастания озимых. Состояние посевов преимущественно хорошее, местами удовлетворительное из-за неравномерности в развитии. Необычно теплая погода третьей декады октября обусловила активную вегетацию озимых культур. В начале декабря с понижением температуры вегетация озимых замедлилась и отмечалась преимущественно в дневные часы. На большинстве посевов озимых культур отмечается кущение. 12–14 декабря озимая пшеница прекратила вегетацию, что на 13–20 дней позже средних многолетних сроков. Агрометеорологические условия для перезимовки зимующих культур складывались вполне благоприятно [6].

В первой половине января 2013 года преобладала слабomорозная погода и условия для перезимовки озимых культур складывались благоприятные. Минимальная температура почвы на глубине залегания узла кущения составляла $-1 \dots -5^{\circ} \text{C}$ и опасности для посевов не представляла. Вторая половина месяца была необычно теплой и озимые возобновили вегетацию, местами появились дополнительные всходы. В то же время такие условия снизили морозоустойчивость растений.

Резкое понижение температуры отмечалось во второй декаде марта. Осадки выпадали в виде дождя, в отдельные дни с мокрым снегом. Вследствие этого на начало весны в большинстве районов края запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы хорошие – 160–200 мм. Пониженный температурный режим декады замедлил развитие озимых и вследствие интенсивных заморозков вызвано местами повреждение листьев.

В первой декаде апреля достаток влаги и тепла создали благоприятные условия для роста и развития растений, по своему развитию посевы на 10–15 дней опережают средние многолетние сроки. Вторая декада апреля характеризовалась прохладной погодой, недобором осадков и сильными ветрами [6].

Середина мая была теплой с ливневыми дождями, что повысило запасы продуктивной влаги в почве и создало благоприятные условия для роста и развития озимого ячменя. На посевах данной культуры наблюдается молочная спелость, высота растений 70–90 см, состояние посевов в основном хорошее. В конце мая – начале июня недостаток почвенной влаги в сочетании с жаркой сухой погодой обусловил формирование не крупного зерна. В это

время на посевах озимого ячменя отмечалась восковая – полная спелость, местами начали обкосы полей. Условия для уборочных работ складывались удовлетворительно из-за дождей. В первой–второй декаде июля проводилась послеуборочная обработка почвы, условия для проведения работ, в зависимости от увлажнения почвы, были хорошими и удовлетворительными.

2.2 Гидрология, растительность и почвообразующие породы

Исследуемая территория характеризуется глубоко залегающими грунтовыми водами (глубже 8–10 м), которые не оказывают влияния на процесс почвообразования [41].

Несмотря на значительную глубину залегания, уровень грунтовых вод подчиняется закономерным сезонным колебаниям: зимне-весеннему подъему и летне-осеннему снижению. Грунтовые воды по сумме солей относятся к пресным, по химизму солей – к гидрокарбонатно-кальциевым [205].

По природно-сельскохозяйственному районированию земельного фонда России район исследований относится к степной и лесостепной зоне, Предкавказской лесостепной провинции. Естественный растительный покров, представленный разнотравно-злаковой степной растительностью, в настоящее время практически полностью уничтожен распашкой почв [41].

В посевах сельскохозяйственных культур исследуемой территории встречаются следующие виды и типы сорной растительности:

– однолетние зимующие: мак самосейка (*Papaver rhoeas* L.), воробейник полевой (*Lithospermum arvense* L.), подмаренник цепкий (*Galium aparine* L.), гулявник Лезеля (*Sisymbrium loeselii* L.), звездчатка средняя (*Stellaria media* (L.) Cyr.) и другие;

– однолетние поздние: щирца запрокинутая (*Amaranthus retroflexus* L.), щетинник зеленый (*Setaria viridis* (L.) Beauv.), щетинник сизый (*Setaria glauca* (L.) Beauv.), марь белая (*Chenopodium album* L.), ежовник куриное просо (*Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv.) и другие;

– многолетние корнеотпрысковые: вьюнок полевой (*Convolvulus arvensis* L.), осот полевой (*Sonchus arvensis* L.), осот огородный (*Sonchus oleraceus* L.) и другие;

– многолетние корневищные: пырей ползучий (*Elytrigia repens* (L.) Nevski) и другие. Среди сорных растений иногда встречается и амброзия полыннолистная (*Ambrosia artemisifolia* L.) – карантинный сорняк [205].

Следовательно, в настоящее время естественный процесс почвообразования ослаблен из-за распаханности территорий, а направление и интенсивность его зависит от проводимых агротехнических мероприятий и особенностей возделываемых сельскохозяйственных культур.

Как уже было отмечено, что территория исследований сложена четвертичными континентальными отложениями, верхнюю часть которых составляют карбонатные лессовидные глины и суглинки, мощностью 20–50 м, являющиеся почвообразующими породами для чернозема выщелоченного. Они представлены лессовидными суглинками.

Эта почвообразующая порода характеризуется палево-бурой окраской, высокой карбонатностью, тяжелосуглинистым гранулометрическим составом, слабоуплотненным тонкопористым сложением, благоприятными водно-физическими свойствами, хорошей водо- и воздухопроницаемостью и отсутствием засоления.

Лессовидная порода исследуемой почвы имеет плотность сложения 1,3–1,5 г/см³; плотность твердой фазы – 2,6–2,8 г/см³, общую пористость – 42–52 %, реакцию среды слабо- и среднещелочную (рН н₂о 7,7–8,2), вследствие значительной карбонатности [41, 205].

Следовательно, лессовидная порода, на которой сформировался чернозем выщелоченный территории исследований отрицательных показателей по составу и свойствам не имеет.

3 ХАРАКТЕРИСТИКА ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО ПО РЕЗУЛЬТАТАМ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

3.1 Морфометрические показатели

Основной почвенной разновидностью территории исследований в южной части Азово-Кубанской низменности является чернозем выщелоченный, занимающий в Краснодарском крае 240,7 тыс. га (3,2 % от общей площади), из них под сельскохозяйственными угодьями занято 213,5 тыс. га, в том числе, под пашней – 160,2 тыс. га. Чернозем выщелоченный, как и другие подтипы черноземов региона, сформировались на лессовидных глинах и тяжелых суглинках.

Объектом исследований в условиях длительного многофакторного полевого опыта агроэкологического мониторинга являлся чернозем выщелоченный слабогумусный сверхмощный легкоглинистый на лессовидных тяжелых суглинках [103] или агрочернозем глинисто-иллювиальный агрогенно переуплотненный глинистый на лессовидных тяжелых суглинках [104].

Этот подтип чернозема характеризуется следующими общими морфологическими признаками по строению профиля на исследуемой территории:

- сравнительно однородная окраска почвенного профиля: гумусовых горизонтов «А» и «АВ» – темно-серая с буроватым и ниже бурый оттенок, переходного горизонта «В» – менее темный, неоднородно бурый с темными пятнами и горизонт «С» – буровато-палевая почвообразующая порода;
- генетические горизонты этой почвы хорошо оструктурены и оформлены;
- большая мощность гумусового слоя (А+АВ), достигающая в 150–155 см;
- среднеуплотненное сложение почвенного профиля, за исключением пахотного слоя;
- и главное отличие от других подтипов черноземов – выщелоченность (вымытость) гумусового слоя от карбонатов кальция.

Как уже было указано, что по окончании второй ротации одиннадцатипольного полевого севооборота, после уборки озимого ячменя, на делянках всех базовых агротехнологий с рекомендуемой (зональной) системой обработки почвы (0002, 1112, 2222, 3332) были заложены полнопрофильные почвенные разрезы с целью определения морфометрических показателей и отбора образцов почвы для последующих анализов (приложения 1, 2, 3, 4).

Исследованиями установлено, что за две ротации одиннадцатипольного зернотравяно-пропашного севооборота (22 года) наблюдается тенденция изменения морфометрических показателей в зависимости от использования различных технологий возделывания полевых культур при зональной системе обработки почвы (таблица 9).

Таблица 9 – Морфометрические показатели чернозема выщелоченного после второй ротации возделывания полевых культур альтернативными технологиями (2013)

Технология (индекс [*])	Нижняя граница генетических горизонтов, см				Верхняя граница залегания, см	
	А	АВ ₁	АВ ₂	В	карбонатов кальция	карбонатной плесени
Экстенсивная (0002)	59	112	150	174	180	186
Беспестицидная (1112)	62	112	152	180	182	186
Экологическая (2222)	64	115	155	184	186	190
Интенсивная (3332)	65	119	155	184	188	190

В сравнении с экстенсивной технологией (0002) при использовании других базовых агротехнологий (1112, 2222, 3332) установлено незначительное увеличение мощности гумусово-аккумулятивного (А) и гумусового слоев (А+АВ) чернозема выщелоченного, соответственно, на 3–6 см и 2–5 см. Также отмечено незначительное увеличение глубины верхней границы залегания карбонатов кальция и их новообразований. Это объясняется большей интенсивностью почвообразовательных процессов, проходящих в исследуемом черноземе, особенно при единовременном внесении больших доз (400 и 600 т/га) органических удобрений.

3.2 Гранулометрический состав и агрофизические свойства

Гранулометрический состав является важнейшей характеристикой почвы. От него зависят агрофизические, агрохимические, физико-химические и другие свойства почвы и, в целом, ее плодородие. Среди механических фракций наибольшее значение в почвах играет ил, называемый почвенной плазмой. Его содержание предопределяет многие генетические характеристики почвы.

Результаты гранулометрического анализа исследуемой почвы представлены в таблице 10.

За две ротации сельскохозяйственных культур, независимо от степени интенсивности агротехнологий, уровня плодородия, системы применения удобрений и защиты растений и, что наиболее важно, системы обработки почвы гранулометрический состав чернозема выщелоченного практически не изменился, подтверждая, что он является наиболее консервативной характеристикой его свойств. По гранулометрическому составу чернозем выщелоченный относится к легкой иловато-пылеватой глине с содержанием в слое 0–100 см физической глины (менее 0,01 мм) 60,3–63,9 %, ила (менее 0,001 мм) 36,2–41,0 %. Распределение механических фракций в указанном слое относительно равномерное.

Таблица 10 – Гранулометрический состав чернозема выщелоченного после второй ротации возделывания полевых культур альтернативными технологиями (2013)

Индекс технологии	Глубина отбора образца, см	Содержание фракций в процентах от абс. сух. почвы						
		1–0,25 мм	0,25–0,005 мм	0,05–0,01 мм	0,01–0,005 мм	0,005–0,001 мм	менее 0,001 мм	сумма <0,01 мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0002 (контроль)	0–20	0,4	8,9	30,4	10,7	13,0	36,6	60,3

Продолжение таблицы 10

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	20–40	0,4	5,8	31,9	8,9	13,1	39,9	61,9
	40–60	0,2	3,4	34,2	11,6	9,6	41,0	62,2
	60–80	0,3	6,6	32,9	6,0	15,6	38,6	60,2
	80–100	0,3	7,1	31,5	6,5	16,0	38,6	61,1
1112	0–20	0,6	3,5	35,1	6,4	15,8	38,6	60,8
	20–40	0,9	4,0	32,6	8,2	15,8	38,5	62,5
	40–60	0,3	6,8	29,0	10,9	14,5	38,5	63,9
	60–80	0,5	6,3	29,7	8,7	15,2	39,6	63,5
	80–100	0,3	5,1	32,6	8,1	15,7	38,2	62,0
2222	0–20	0,8	6,1	31,2	8,2	15,9	36,8	60,9
	20–40	0,5	4,5	32,1	9,3	15,9	37,7	62,9
	40–60	0,4	7,3	29,9	7,7	17,3	37,4	62,4
	60–80	0,5	7,9	31,1	5,4	18,0	37,1	60,5
	80–100	0,3	7,7	31,3	7,4	15,6	37,7	60,7
3332	0–20	1,0	7,2	31,3	8,8	15,5	36,2	60,5
	20–40	0,5	5,7	31,3	8,3	16,8	37,4	62,5
	40–60	0,4	6,5	30,4	8,1	16,1	38,5	62,7
	60–80	0,4	4,1	32,4	8,2	16,7	38,2	63,1
	80–100	0,5	4,4	32,2	8,9	15,9	38,1	62,9

При длительном сельскохозяйственном использовании почв изменяются их агрофизические свойства и, в первую очередь, плотность почвы, которая оказывает большое влияние на другие свойства почвы и развитие растений. Плотность влияет на общую пористость, влагоемкость и пищевой режим почвы. При повышенном уплотнении почвы ухудшается ее водный режим, газообмен и биологическая активность.

Таблица 11 – Агрофизические свойства чернозема выщелоченного после второй ротации возделывания полевых культур альтернативными технологиями (2013)

Технология (индекс*)	Глубина отбора образца, см	Плотность	Плотность твердой фазы	Пористость общая	Полная влаго- емкость
		г/см ³		%	
1	2	3	4	5	6
Экстенсивная (0002)	0–20	1,28	2,68	52,3	40,8
	20–40	1,36	2,70	49,7	36,5
	40–60	1,39	2,70	48,6	35,0

Продолжение таблицы 11

1	2	3	4	5	6
	60–80	1,42	2,72	47,8	33,7
	80–100	1,45	2,72	46,7	32,2
Беспестицид- ная (1112)	0–20	1,24	2,66	53,4	43,1
	20–40	1,28	2,66	51,9	40,5
	40–60	1,34	2,68	50,0	37,3
	60–80	1,38	2,69	48,7	35,3
	80–100	1,38	2,71	49,1	35,6
Экологическая (2222)	0–20	1,20	2,64	54,6	45,5
	20–40	1,29	2,64	51,2	39,7
	40–60	1,35	2,66	49,3	36,5
	60–80	1,37	2,68	48,9	35,7
	80–100	1,37	2,68	48,9	35,7
Интенсивная (3332)	0–20	1,17	2,60	55,0	47,0
	20–40	1,27	2,64	51,9	40,9
	40–60	1,33	2,64	49,7	37,4
	60–80	1,36	2,66	48,9	35,9
	80–100	1,39	2,68	48,2	34,7

Исследованиями установлено, что при интенсификации агротехнологий, и в первую очередь, при внесении высоких доз органических удобрений, улучшаются агрофизические свойства почвы (таблица 11).

В метровом слое чернозема выщелоченного при использовании экстенсивной технологии и зональной системы обработки почвы (0002) для возделывания озимой пшеницы плотность составляет 1,28–1,45 г/см³, интенсивной (3332) – 1,17–1,39 г/см³, пористость общая, соответственно, 46,7–52,3 % и 48,2–55,0 %, что способствует увеличению полной влагоемкости и запасов влаги.

3.3 Физико-химические свойства

Изучение физико-химических свойств исследуемого чернозёма является важной научно-практической задачей и помогает раскрыть направленность антропогенного почвообразовательного процесса. Результаты исследования изменения состояния почвенно-поглощающего комплекса под действием различных технологий выращивания сельскохозяйственных культур позволяют разработать пути регулирования плодородия почвы.

Таблица 12 – Физико-химические показатели чернозема выщелоченного после второй ротации возделывания полевых культур альтернативными технологиями (2013)

Индекс технологии	Глубина отбора образца, см	Сумма обменных оснований, мг-экв./100 г почвы	Гидролитическая кислотность, мг-экв./100 г почвы	Емкость катионного обмена, мг-экв./100 г почвы	Степень насыщенности основаниями, %	pH _{H2O}	pH _{KCl}
0002 (контроль)	0–20	31,4	4,6	36,0	87,2	6,6	5,7
	20–40	30,5	4,6	35,1	86,9	6,7	5,4
	40–60	30,5	3,2	33,7	90,5	7,0	5,6
	60–80	30,5	3,2	33,7	90,5	6,8	5,6
	80–100	30,5	2,8	33,3	91,6	7,0	5,8
1112	0–20	32,9	4,6	37,5	87,7	6,8	5,6
	20–40	32,4	4,1	36,5	88,8	6,8	5,4
	40–60	35,6	3,0	38,6	92,2	6,9	5,7
	60–80	35,0	2,8	37,8	92,6	6,9	5,9
	80–100	35,0	2,3	37,3	93,8	6,9	6,0
2222	0–20	34,4	3,6	38,0	90,5	6,9	6,1
	20–40	33,4	3,6	37,0	90,3	7,0	5,9
	40–60	33,7	2,9	36,6	92,1	7,0	5,9
	60–80	34,3	2,3	36,6	93,7	7,0	5,9
	80–100	34,4	1,8	36,2	95,0	7,1	6,0
3332	0–20	34,8	3,6	38,4	90,6	6,9	6,1
	20–40	34,1	3,5	37,6	90,7	7,0	5,9
	40–60	34,6	2,4	37,0	93,5	7,0	5,9
	60–80	35,9	2,0	37,9	94,7	7,1	6,0
	80–100	37,5	1,3	38,8	96,6	7,1	6,0

Чернозем выщелоченный района исследований характеризуется высокой емкостью катионного обмена, составляющей в пахотном слое следующие показатели в зависимости от агротехнологии при рекомендуемой (зональной системе обработки почвы): экстенсивная (0002) – 36,0; беспестицидная (1112) – 37,5; экологически допустимая (2222) – 38,0 и интенсивная (3332) – 38,4 мг-экв. на 100 г почвы (таблица 12). По степени насыщенности почв основаниями чернозем выщелоченный относится независимо от агротехнологий к почвам слабонасыщенным основаниями, так как этот

показатель в пахотном слое составляет 87,2–90,6 % из-за слабокислой реакции почвенной среды (pH_{KCl}).

Из полученных результатов исследований следует отметить, что наблюдается тенденция стабилизации почвенно-поглощающего комплекса в черноземе выщелоченном по изучаемым показателям на вариантах с заданным высоким уровнем плодородия и прежде всего высоких доз органических удобрений при зональной системе обработки почвы.

После второй ротации севооборота сумма обменных оснований, гидролитическая и активная кислотность в исследуемом черноземе на делянках с экстенсивной (0002) и беспестицидной (1112) технологиями незначительно отличались. Чернозем выщелоченный на делянках с экологически допустимой (2222) и интенсивной технологиями (3332) отличался тенденцией к улучшению этих физико-химических показателей, особенно гидролитической кислотности, которая уменьшилась на 8,5–11,0 % относительно экстенсивной технологии (0002).

Таким образом, внесение высоких доз органических удобрений при возделывании сельскохозяйственных культур альтернативными технологиями в течение двух ротаций (22 года) способствовало незначительному увеличению мощности гумусового слоя чернозема выщелоченного, улучшению его агрофизических и физико-химических свойств. Независимо от агротехнологий, гранулометрический состав чернозема выщелоченного не изменяется и относится к легкой иловато-пылеватой глине, подтверждая, что он является наиболее консервативной характеристикой его свойств.

4 МОНИТОРИНГ ГУМУСНОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР С ПРИМЕНЕНИЕМ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

4.1 Изменение гумусного состояния чернозема выщелоченного в процессе сельскохозяйственного использования

4.1.1 Содержание и запасы гумуса

Роль органического вещества в почве огромна. Органическое вещество является одним из основных факторов, определяющих различные свойства почвы, в том числе, агрофизические, агрохимические, физико-химические, биологические и, в целом, их плодородие.

Изучение органического вещества почв началось сравнительно недавно времен, с начала 19 века, после распространения теории гумусового питания растений Тэера. Но, несмотря на длительный период изучения этих веществ в разных почвах, исследования по изучению гумусного состояния почв не ослабевают [29, 35, 46, 74, 78, 96, 115, 128, 193, 203, 217], так как дегумификация почв сельскохозяйственных угодий охватила практически все регионы России.

Черноземы Азово-Кубанской низменности всегда характеризовались сравнительно низким содержанием гумуса, но большой мощностью гумусового слоя, что обуславливало высокие запасы гумуса. Поэтому по содержанию гумуса и мощности гумусового слоя черноземы региона относятся в основном к слабогумусным и сверхмощным видам и в меньшей степени к малогумусным и мощным видам.

Исследования по изучению изменения содержания и запасов гумуса в чернозёме выщелоченном в условиях многофакторного полевого опыта агроэкологического мониторинга проводились

нами в 2009–2013 гг. под следующими культурами звена севооборота: люцерна 1-го года с подсевом ярового ячменя, люцерна 2-го, люцерна 3-го (сорт «Славянская местная»), озимая пшеница (сорт «Юка»), озимый ячмень (сорт «Гордей»), которые возделывали альтернативными технологиями.

Таблица 13 – Изменение содержания и запасов гумуса в черноземе выщелоченном под яровым ячменем и люцерной 1-го года жизни, возделываемых альтернативными технологиями (2009)

Индекс агро-технологии	Глубина взятия образца, см	Гумус, %		Отношение легкоокисляемого гумуса к общему, %	Плотность, г/см ³	Запасы общего гумуса в слое, т/га	Запасы общего гумуса в слое 0-60 см, т/га
		общий	легкоокисляемый				
1	2	3	4	5	6	7	8
0001	0–20	3,30	2,58	78,2	1,31	86,5	226,6
	20–40	2,93	2,19	74,7	1,34	78,5	
	40–60	2,30	1,57	68,3	1,34	61,6	
0002 (контроль)	0–20	3,15	2,38	75,6	1,32	83,2	224,5
	20–40	2,88	2,01	69,8	1,34	77,2	
	40–60	2,41	1,74	72,2	1,33	64,1	
0003	0–20	3,10	2,27	73,2	1,28	79,4	208,5
	20–40	2,68	1,90	70,9	1,32	70,8	
	40–60	2,21	1,49	67,4	1,32	58,3	
1111	0–20	3,24	2,50	77,2	1,30	84,2	222,1
	20–40	2,78	1,94	69,8	1,30	72,3	
	40–60	2,43	1,66	68,3	1,35	65,6	
1112	0–20	3,25	2,48	76,3	1,28	83,2	221,8
	20–40	2,77	2,01	72,6	1,33	73,7	
	40–60	2,44	1,62	66,4	1,33	64,9	
1113	0–20	3,26	2,49	76,4	1,26	82,2	209,6
	20–40	2,71	1,94	71,6	1,29	68,8	
	40–60	2,22	1,32	59,5	1,32	58,6	
2221	0–20	3,55	2,70	76,1	1,30	92,3	239,9
	20–40	3,04	2,27	74,7	1,30	79,0	
	40–60	2,58	1,80	69,8	1,33	68,6	
2222	0–20	3,08	2,34	76,0	1,26	77,6	210,0

Продолжение таблицы 13

1	2	3	4	5	6	7	8
2222	20–40	2,84	2,11	74,3	1,25	71,0	
	40–60	2,36	1,64	69,5	1,30	61,4	
2223	0–20	3,52	2,79	79,3	1,27	89,4	219,6
	20–40	2,84	2,00	70,4	1,24	70,4	
	40–60	2,30	1,56	67,8	1,30	59,8	
3331	0–20	3,74	3,01	80,5	1,29	96,5	254,2
	20–40	3,30	2,56	77,6	1,31	86,5	
	40–60	2,74	1,93	70,4	1,30	71,2	
3332	0–20	4,03	3,10	76,9	1,24	99,9	269,2
	20–40	3,48	2,72	78,2	1,28	89,1	
	40–60	3,06	2,28	74,5	1,31	80,2	
3333	0–20	4,03	3,21	79,7	1,25	100,8	257,0
	20–40	3,40	2,73	80,3	1,25	85,0	
	40–60	2,76	1,94	70,3	1,29	71,2	
НСР ₀₅ АВСД	0–20	0,10	0,12				
	20–40	0,08	0,09				
	40–60	0,15	0,12				

Из полученных нами данных для пахотного слоя чернозема выщелоченного под люцерной 1-го года жизни с подсевом ярового ячменя видно, что в пахотном слое содержание общего гумуса составляло 3,08–4,03 %, а легкоокисляемых форм – 2,34–3,21 % (таблица 13). Минимальные значения этих показателей в слое 0–60 см отмечены на технологии 0003, максимальные – 3332.

Необходимо также отметить, что интенсификация технологий возделывания этой культуры и минимализация системы обработки почвы способствует увеличению содержания общего гумуса и его легкоокисляемых форм. Запасы общего гумуса изменялись пропорционально изменению его содержания.

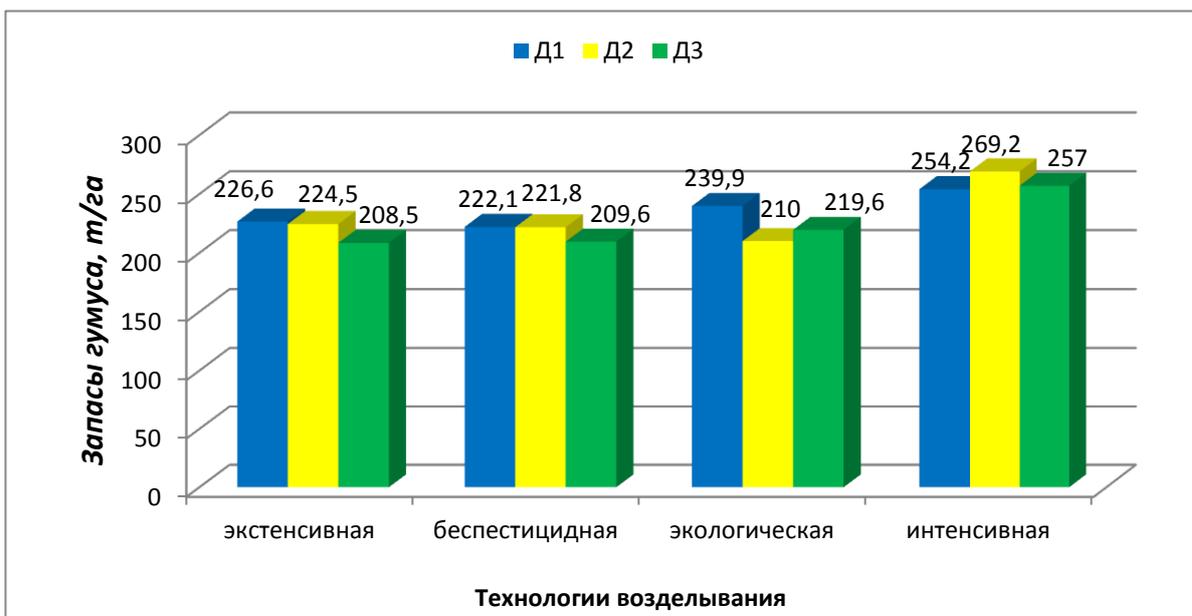


Рисунок 2 – Изменение запасов общего гумуса в чернозёме выщелоченном под яровым ячменем и люцерной 1-го года жизни в слое 0–60 см (2009)

В черноземе выщелоченном агроэкологического мониторинга равнинного агроландшафта под люцерной 1-го года жизни с подсевом ярового ячменя наибольшие запасы гумуса в слоях 0–20 см и 0–60 см характерны для интенсивной технологии возделывания на фоне всех обработок почвы (3331, 3332, 3333). На других агротехнологиях – экстенсивной (000), беспестицидной (111) и экологически допустимой (222) высокие показатели запасов гумуса отмечены на фоне безотвальной системы обработки почвы (Д₁) и составляют соответственно 226,6; 222,1; 239,9 т/га (рисунок 2).

Таблица 14 – Изменение содержания и запасов гумуса в черноземе выщелоченном под люцерной 2-го года жизни, возделываемой альтернативными технологиями (2010)

Индекс агро-технологии	Глубина взятия образца, см	Гумус, %		Отношение легкоокисляемого гумуса к общему, %	Плотность, г/см ³	Запасы общего гумуса в слое, т/га	Запасы общего гумуса в слое 0–60 см, т/га
		общий	легкоокисляемый				
1	2	3	4	5	6	7	8
0001	0–20	3,61	2,83	78,4	1,35	97,5	247,7

Продолжение таблицы 14

1	2	3	4	5	6	7	8
	20–40	3,18	2,50	78,6	1,38	87,8	
	40–60	2,26	1,64	72,6	1,38	62,4	
0002 (кон- троль)	0–20	3,46	2,70	78,0	1,30	90,0	233,7
	20–40	2,98	2,23	74,8	1,33	79,3	
	40–60	2,35	1,68	71,5	1,37	64,4	
0003	0–20	3,10	2,33	75,2	1,27	78,7	204,9
	20–40	2,71	1,98	73,1	1,30	70,5	
	40–60	2,08	1,20	57,7	1,34	55,7	
1111	0–20	3,86	3,12	80,8	1,29	99,6	245,2
	20–40	3,10	2,46	79,4	1,32	81,8	
	40–60	2,38	1,52	63,9	1,34	63,8	
1112	0–20	3,65	2,84	77,8	1,28	93,4	235,6
	20–40	2,87	2,18	76,0	1,34	76,9	
	40–60	2,40	1,72	71,7	1,36	65,3	
1113	0–20	3,11	2,36	75,9	1,26	78,4	208,7
	20–40	2,87	2,12	73,9	1,31	75,2	
	40–60	2,04	1,34	65,7	1,35	55,1	
2221	0–20	3,91	3,18	81,3	1,32	103,2	262,3
	20–40	3,11	2,43	78,1	1,37	85,2	
	40–60	2,66	1,98	74,4	1,39	73,9	
2222	0–20	3,41	2,78	81,5	1,30	88,7	225,0
	20–40	2,82	2,17	77,0	1,36	76,7	
	40–60	2,19	1,56	71,2	1,36	59,6	
2223	0–20	3,25	2,57	79,1	1,26	81,9	210,3
	20–40	2,68	1,92	71,6	1,30	69,7	
	40–60	2,19	1,49	68,0	1,34	58,7	
3331	0–20	4,08	3,42	83,8	1,28	104,4	270,8
	20–40	3,44	2,76	80,2	1,32	90,8	
	40–60	2,80	2,04	72,9	1,35	75,6	
3332	0–20	4,15	3,50	84,3	1,28	106,2	268,4
	20–40	3,32	2,64	79,5	1,30	86,3	
	40–60	2,92	2,18	74,7	1,30	75,9	
3333	0–20	4,02	3,36	83,6	1,26	101,3	260,9
	20–40	3,48	2,74	78,7	1,28	89,1	
	40–60	2,67	2,02	75,7	1,32	70,5	
НСР ₀₅ АВСД	0–20	0,17	0,15				
	20–40	0,11	0,09				
	40–60	0,14	0,13				

Анализ полученных нами данных показал, что тенденции в содержании общего и легкоокисляемого гумуса, а также запасов

гумуса в зависимости от факторов технологий возделывания люцерны второго года жизни сохранялись (таблица 14, рисунок 3). Вместе с тем, наблюдались и незначительные колебания, которые связаны с неучтенными нами в опыте факторами.

Большие запасы общего гумуса отмечены на всех технологиях возделывания люцерны 2-го года жизни при безотвальной системе обработки почвы, но наибольший – по интенсивной технологии (3331), а наиболее низкий на экстенсивной технологии (0003) на фоне отвальной обработки почвы, составляющие, соответственно, 270,8 и 204,9 т/га.

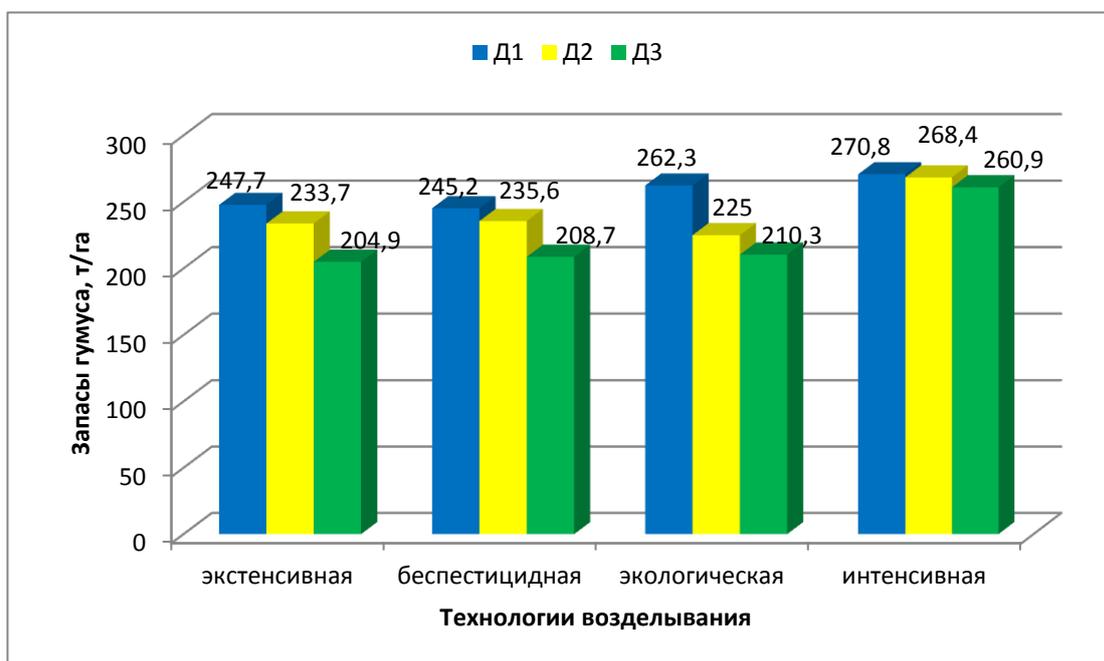


Рисунок 3 – Изменение запасов общего гумуса в чернозёме выщелоченном под люцерной 2-го года жизни в слое 0–60 см (2010)

Такая же тенденция в содержании общего, легкоокисляемого и запасов гумуса в зависимости от исследуемых факторов технологий и для люцерны третьего года жизни сохранялась (таблица 15, рисунок 4).

Таблица 15 – Изменение содержания и запасов гумуса в черноземе выщелоченном под люцерной 3-го года жизни, возделываемой альтернативными технологиями (2011)

Индекс агро-технологии	Глубина взятия образца, см	Гумус, %		Отношение легкоокисляемого гумуса к общему, %	Плотность, г/см ³	Запасы общего гумуса в слое, т/га	Запасы общего гумуса в слое 0–60 см, т/га
		общий	легкоокисляемый				
1	2	3	4	5	6	7	8
0001	0–20	3,87	3,12	80,6	1,37	106,0	260,0
	20–40	3,24	2,46	75,9	1,39	90,1	
	40–60	2,30	1,64	71,3	1,39	63,9	
0002 (контроль)	0–20	3,56	2,88	80,9	1,33	94,7	232,9
	20–40	2,94	2,28	77,6	1,38	81,1	
	40–60	2,04	1,46	71,6	1,40	57,1	
0003	0–20	3,25	2,63	80,9	1,34	87,1	214,7
	20–40	2,62	2,00	76,3	1,34	70,2	
	40–60	2,11	1,48	70,1	1,36	57,4	
1111	0–20	3,93	3,26	83,0	1,30	102,2	255,7
	20–40	3,09	2,42	78,3	1,34	82,8	
	40–60	2,60	1,88	72,3	1,36	70,7	
1112	0–20	3,68	3,02	82,1	1,30	95,7	229,1
	20–40	2,74	2,08	75,9	1,34	73,4	
	40–60	2,16	1,56	72,2	1,39	60,0	
1113	0–20	3,46	2,69	77,8	1,32	91,3	226,8
	20–40	2,78	2,12	76,3	1,35	75,1	
	40–60	2,22	1,54	69,4	1,36	60,4	
2221	0–20	3,81	3,20	84,0	1,30	99,1	250,4
	20–40	3,05	2,38	78,0	1,36	83,0	
	40–60	2,51	1,83	72,9	1,36	68,3	
2222	0–20	3,31	2,73	82,5	1,32	87,4	230,0
	20–40	2,87	2,20	76,7	1,34	76,9	
	40–60	2,38	1,74	73,1	1,38	65,7	
2223	0–20	3,50	2,91	83,1	1,28	89,6	218,9
	20–40	2,66	2,04	76,7	1,32	70,2	
	40–60	2,19	1,50	68,5	1,35	59,1	
3331	0–20	4,17	3,56	85,4	1,30	108,4	278,1
	20–40	3,63	3,04	83,8	1,30	94,4	
	40–60	2,79	2,12	76,0	1,35	75,3	

Продолжение таблицы 15

1	2	3	4	5	6	7	8
3332	0–20	4,18	3,42	81,8	1,26	105,3	263,1
	20–40	3,39	2,78	82,0	1,30	88,1	
	40–60	2,60	1,93	74,2	1,34	69,7	
3333	0–20	4,06	3,34	82,3	1,27	103,1	251,7
	20–40	3,22	2,56	79,5	1,29	83,1	
	40–60	2,48	1,80	72,6	1,32	65,5	
НСР ₀₅ АВСД	0–20	0,19	0,14				
	20–40	0,09	0,10				
	40–60	0,12	0,08				

В целом за три года вегетации люцерны наибольшее количество общего и легкоокисляемого гумуса, а также запасов гумуса накапливается под люцерной третьего года жизни, что заметно выше, чем под другими культурами звена севооборота, что объясняется большим количеством органических остатков накопившихся в почве после трех лет вегетации люцерны.

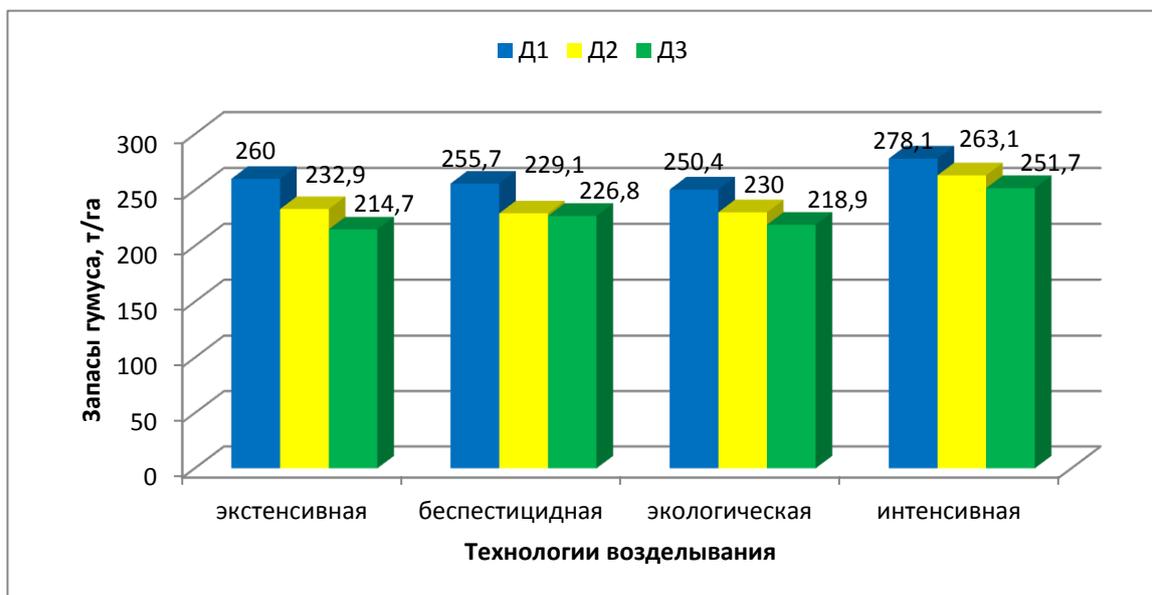


Рисунок 4 – Изменение запасов общего гумуса в чернозёме выщелоченном под люцерной 3-го года жизни в слое 0–60 см (2011)

Анализ результатов исследований по содержанию и запасам гумуса показывает, что содержание общего гумуса в пахотном слое чернозема выщелоченного после уборки озимой пшеницы состав-

ляло 3,11–3,81 %, а легкоокисляемого гумуса – 2,33–3,04 % (таблица 16).

Таблица 16 – Изменение содержания и запасов гумуса в черноземе выщелоченном под озимой пшеницей, возделываемой различными технологиями (2012)

Индекс агро-технологии	Глубина взятия образца, см	Гумус, %		Отношение легкоокисляемого гумуса к общему, %	Плотность, г/см ³	Запасы общего гумуса в слое, т/га	Запасы общего гумуса в слое 0–60 см, т/га
		общий	легкоокисляемый				
1	2	3	4	5	6	7	8
0001	0–20	3,31	2,52	76,1	1,33	88,0	219,5
	20–40	2,68	1,86	69,4	1,37	73,4	
	40–60	2,12	1,39	65,6	1,37	58,1	
0002 (контроль)	0–20	3,24	2,44	75,3	1,32	85,5	208,0
	20–40	2,50	1,63	65,2	1,34	67,0	
	40–60	2,04	1,34	65,7	1,36	55,5	
0003	0–20	3,11	2,33	74,9	1,27	79,0	191,1
	20–40	2,43	1,64	67,5	1,30	63,2	
	40–60	1,84	1,02	55,4	1,33	48,9	
1111	0–20	3,47	2,60	74,9	1,28	88,8	223,5
	20–40	2,78	2,08	74,8	1,31	72,8	
	40–60	2,26	1,49	65,9	1,37	61,9	
1112	0–20	3,40	2,62	77,1	1,28	87,0	217,0
	20–40	2,82	1,98	70,2	1,30	73,3	
	40–60	2,10	1,32	62,9	1,35	56,7	
1113	0–20	3,26	2,40	73,6	1,24	80,8	200,3
	20–40	2,49	1,74	69,9	1,29	64,2	
	40–60	2,08	1,42	68,3	1,33	55,3	
2221	0–20	3,55	2,72	76,6	1,27	90,2	222,1
	20–40	2,79	1,92	68,8	1,33	74,2	
	40–60	2,12	1,36	64,2	1,36	57,7	
2222	0–20	3,49	2,70	77,4	1,23	85,9	217,8
	20–40	2,84	2,06	72,5	1,30	73,8	
	40–60	2,20	1,44	65,5	1,32	58,1	
2223	0–20	3,42	2,64	77,2	1,14	78,0	203,3
	20–40	2,68	1,90	70,9	1,24	66,5	
	40–60	2,26	1,42	62,8	1,30	58,8	
3331	0–20	3,80	3,04	80,0	1,19	90,4	234,9

Продолжение таблицы 16

1	2	3	4	5	6	7	8
	20–40	3,12	2,34	75,0	1,30	81,1	
	40–60	2,44	1,60	65,6	1,30	63,4	
3332	0–20	3,72	2,90	78,0	1,16	86,3	230,1
	20–40	3,15	2,39	75,9	1,25	78,8	
	40–60	2,50	1,74	69,6	1,30	65,0	
3333	0–20	3,56	2,72	76,4	1,10	78,3	201,0
	20–40	2,88	2,01	69,8	1,15	66,2	
	40–60	2,28	1,54	67,5	1,24	56,5	
НСП ₀₅ АВСД	0–20	0,09	0,08				
	20–40	0,12	0,11				
	40–60	0,17	0,13				

Наименьшие показатели этих значений отмечены на экстенсивной технологии при глубокой отвальной обработке почвы (0003), максимальные – на интенсивной технологии при безотвальной системе обработки почвы (3331). Здесь необходимо отметить закономерность, что также как и при возделывании люцерны всех лет вегетации, интенсификация технологий возделывания озимой пшеницы и минимизация системы основной обработки почвы способствуют увеличению содержания всех форм гумуса и запасов гумуса.

Наибольшие запасы гумуса в слое от 0–60 см при возделывании озимой пшеницы были отмечены на интенсивной технологии (234,9 т/га) при использовании системы безотвальной системы обработки почвы (3331). Наименьшие запасы гумуса в этом слое определены при использовании системы глубокой отвальной обработки почвы (Д₃) по экстенсивной (0003), беспестицидной (1113) и экологически допустимой (2223) агротехнологиям, составляющие, от 191,1 до 203,3 т/га (рисунок 5).

На содержание общего гумуса в черноземе выщелоченном оказывают влияние различные факторы агротехнологий. Регрессионный анализ полученных результатов при возделывании озимой пшеницы показал, что все изучаемые факторы оказывают различное влияние на содержание общего гумуса в слоях чернозема выщелоченного (таблица 17).

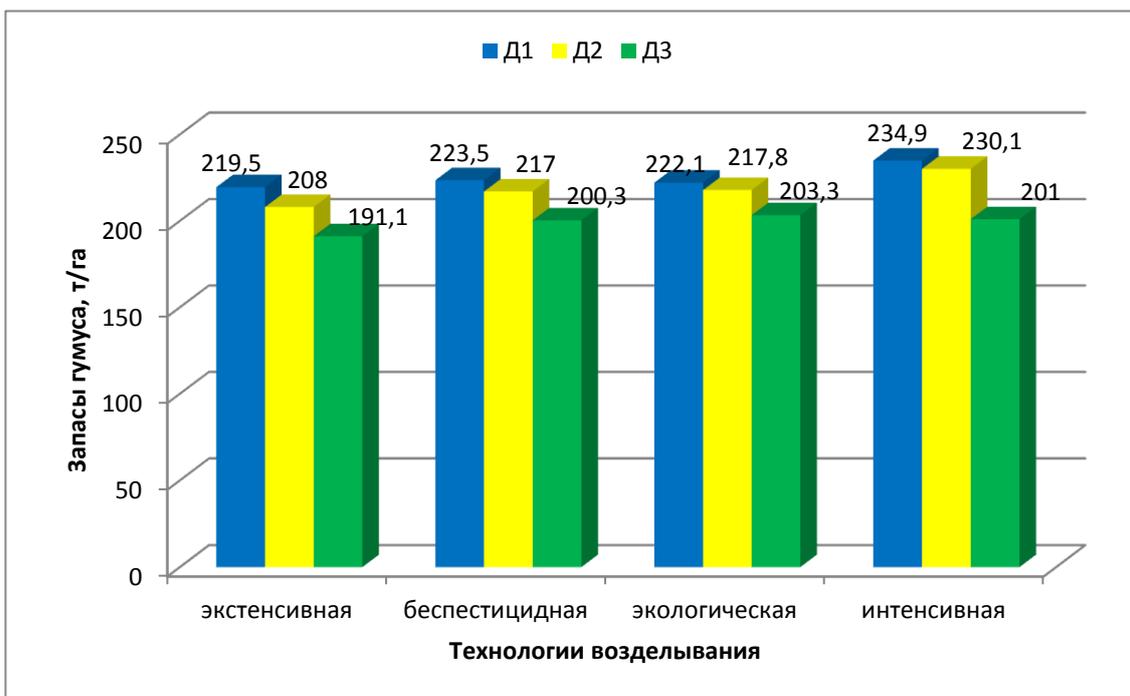


Рисунок 5 – Изменение запасов общего гумуса в чернозёме выщелоченном под озимой пшеницей в слое 0–60 см (2012)

Уровень плодородия (фактор А), то есть внесение высоких доз органических и минеральных удобрений оказал наибольшее влияние на содержание общего и легкоокисляемого гумуса под озимой пшеницей в слоях 0-20 и 0-60 см. Доля влияния фактора А на содержание общего гумуса для этих слоев составила, соответственно 41,5 и 47,2 %, на втором месте по доле влияния была система удобрений (фактор В) – 19,3 и 14,4 %.

Таблица 17 – Регрессионная зависимость содержания общего и легкоокисляемого гумуса в черноземе выщелоченном от факторов технологий при возделывании озимой пшеницы (2012)

Глубина взятия образца, см	Свободный член уравнения	Числитель, % – доля влияния, знаменатель – коэффициенты регрессии по факторам				Множественный коэффициент корреляции
		А	В	С	Д	
гумус общий						
0-20	3,238	$\frac{41,5^*}{0,080}$	$\frac{19,3}{0,036}$	$\frac{0,08}{0,003}$	$\frac{19,3^*}{-0,050}$	0,880
0-60	2,965	$\frac{47,2^*}{0,016}$	$\frac{14,4}{0,013}$	$\frac{10,9}{0,012}$	$\frac{8,8}{-0,008}$	0,869

Продолжение таблицы 17

гумус легкоокисляемый						
0-20	2,436	$\frac{48,2^*}{0,090}$	$\frac{20,4}{0,048}$	$\frac{4,6}{-0,006}$	$\frac{13,9}{-0,026}$	0,918
0-60	2,238	$\frac{45,3^*}{0,066}$	$\frac{20,6}{0,028}$	$\frac{7,4}{0,015}$	$\frac{4,8}{0,006}$	0,883

На содержание легкоокисляемого гумуса в указанных слоях эти факторы оказывали примерно такое же влияние.

Под озимым ячменем запасы общего гумуса по экстенсивной технологии выше на фоне отвальной зональной (рекомендуемой) обработки почвы (0002) – 211,8 т/га, на остальных технологиях тенденция увеличения запасов гумуса на фоне безотвальной обработки (Д₁) сохранялась.

Таблица 18 – Изменение содержания и запасов гумуса в черноземе выщелоченном под озимым ячменем, возделываемым альтернативными технологиями (2013)

Индекс агро-технологии	Глубина взятия образца, см	Гумус, %		Отношение легкоокисляемого гумуса к общему, %	Плотность, г/см ³	Запасы общего гумуса в слое, т/га	Запасы общего гумуса в слое 0–60 см, т/га
		общий	легкоокисляемый				
1	2	3	4	5	6	7	8
0001	0–20	3,22	2,40	74,5	1,29	83,1	209,4
	20–40	2,54	1,72	67,7	1,35	68,6	
	40–60	2,09	1,30	62,2	1,38	57,7	
0002 (контроль)	0–20	3,20	2,36	73,8	1,28	81,9	211,8
	20–40	2,61	1,74	66,7	1,36	71,0	
	40–60	2,12	1,30	61,3	1,39	58,9	
0003	0–20	3,03	2,20	72,6	1,26	76,4	187,7
	20–40	2,33	1,54	66,1	1,30	60,6	
	40–60	1,92	1,10	57,3	1,32	50,7	
1111	0–20	3,38	2,56	75,7	1,28	86,5	226,2
	20–40	2,80	1,94	69,3	1,34	75,0	
	40–60	2,36	1,53	64,8	1,37	64,7	
1112	0–20	3,38	2,52	74,6	1,24	83,8	212,4
	20–40	2,72	1,94	71,3	1,28	69,6	
	40–60	2,20	1,36	61,8	1,34	59,0	

Продолжение таблицы 18

1	2	3	4	5	6	7	8
1113	0–20	3,36	2,53	75,3	1,22	82,0	206,8
	20–40	2,68	1,80	67,2	1,26	67,5	
	40–60	2,17	1,34	61,8	1,32	57,3	
2221	0–20	3,48	2,62	75,3	1,27	88,4	219,7
	20–40	2,82	2,02	71,6	1,29	72,8	
	40–60	2,20	1,44	65,5	1,33	58,5	
2222	0–20	3,44	2,68	77,9	1,20	82,6	213,2
	20–40	2,76	1,90	68,8	1,29	71,2	
	40–60	2,20	1,42	64,6	1,35	59,4	
2223	0–20	3,48	2,60	74,7	1,18	82,1	201,7
	20–40	2,60	1,76	67,7	1,22	63,4	
	40–60	2,18	1,40	64,2	1,29	56,2	
3331	0–20	3,72	2,94	79,0	1,20	89,3	233,7
	20–40	3,02	2,26	74,8	1,30	78,5	
	40–60	2,46	1,60	65,0	1,34	65,9	
3332	0–20	3,64	2,86	78,6	1,17	85,2	215,6
	20–40	2,80	2,03	72,5	1,27	71,1	
	40–60	2,23	1,56	70,0	1,33	59,3	
3333	0–20	3,60	2,94	81,7	1,17	84,2	209,6
	20–40	2,74	1,98	72,3	1,25	68,5	
	40–60	2,19	1,49	68,0	1,30	56,9	
НСП ₀₅ АВСД	0–20	0,11	0,07				
	20–40	0,15	0,09				
	40–60	0,13	0,11				

Таким образом, оптимальной и адаптивной технологией для возделывания данных культур является экологически допустимая на фоне безотвальной обработки почвы (2221). Содержание и запасы гумуса на этой технологии незначительно ниже, чем на интенсивной, но минеральных удобрений вносится меньше.

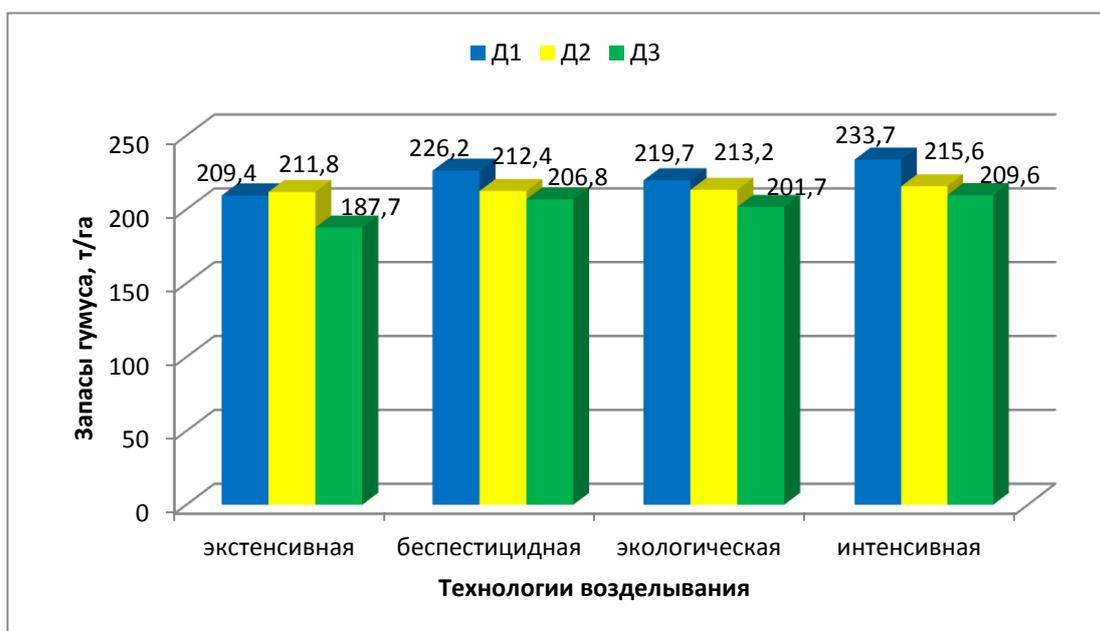


Рисунок 6 – Изменение запасов общего гумуса в черноземе выщелоченном под озимым ячменем в слое 0–60 см (2013)

Регрессионная зависимость общего и легкоокисляемого гумуса под озимым ячменем в слое 0–20 см аналогична с озимой пшеницей, доля влияния фактора уровня плодородия составила, соответственно 36,2; 49,5 % (таблица 19).

Таблица 19 – Регрессионная зависимость гумуса от факторов технологий при возделывании озимого ячменя (2013)

Глубина взятия образца, см	Свободный член уравнения	Числитель, % – доля влияния, знаменатель – коэффициенты регрессии по факторам				Множественный коэффициент корреляции
		А	В	С	Д	
гумус общий						
0-20	3,243	$\frac{36,2^*}{0,075}$	$\frac{2,4}{0,009}$	$\frac{4,3}{-0,006}$	$\frac{28,3^*}{-0,092}$	0,817
0-60	2,938	$\frac{37,8^*}{0,052}$	$\frac{0,8}{0,002}$	$\frac{2,8}{-0,003}$	$\frac{9,6}{-0,010}$	0,691
гумус легкоокисляемый						
0-20	2,384	$\frac{49,5^*}{0,080}$	$\frac{20,2}{0,034}$	$\frac{1,4}{-0,004}$	$\frac{9,6}{-0,022}$	0,916
0-60	2,234	$\frac{44,3^*}{0,060}$	$\frac{19,7}{0,034}$	$\frac{4,8}{0,012}$	$\frac{3,1}{0,008}$	0,883

Наибольшее содержание общего гумуса в пахотном слое чернозёма выщелоченного (4,08–4,18 %) наблюдалось под люцерной 2-го и 3-го года вегетации при применении интенсивной агротехнологии на фоне безотвальной и зональной систем обработки почвы, что объясняется внесением высоких доз органических удобрений и слабой минерализацией гумуса в сравнении с глубоким отвальным рыхлением.

Необходимо отметить, что при использовании альтернативных технологий возделывания указанных сельскохозяйственных культур в звене севооборота в течение пяти лет с 2009–2013 гг., наибольшее содержание гумуса в чернозёме выщелоченном отмечено при использовании безотвальной системы обработки почвы и наименьшее при отвальной обработке с периодическим глубоким рыхлением практически на всех агротехнологиях (таблица 20).

Это объясняется тем, что безотвальная система основной обработки почвы приближает почву к естественным условиям способствует гораздо более значительному накоплению органического вещества. При отвальной системе обработки почвы растительные остатки запахиваются в нижний слой почвы, а подпахотный слой выносится наверх. В результате такого перемешивания слоев почвы, она хорошо аэрируется, при этом в верхнем слое усиливается интенсивность минерализации различных форм гумуса. При безотвальной системе основной обработки почвы большая часть растительных остатков находится в верхнем слое, что активизирует в нем деятельность микроорганизмов и усиливает процессы гумификации.

При экстенсивной технологии при всех системах обработки почв (0001, 0002, 0003) возделывания полевых культур при ограниченном поступлении в почву растительных остатков, почвенные микроорганизмы используют органические вещества почвы, поэтому содержание гумуса в ней минимально. При внесении органических и минеральных удобрений наибольшее увеличение содержания гумуса в верхнем слое наблюдается при тройных дозах вносимых удобрений, а между одинарной и двойной дозами отличия незначительные.

Озимые зерновые культуры оставляют после себя значительно меньшее количество пожнивных остатков, поэтому запасы гумуса под озимой пшеницей (2012 г.) и озимым ячменем (2013 г.) значительно меньше, чем под люцерной трех лет вегетации.

Аналогичные показатели по содержанию гумуса отмечены и за всю вторую ротацию одиннадцатипольного севооборота в 2003–2013 гг., согласно данным полученным ранее сотрудниками кафедры почвоведения Кубанского госагроуниверситета [166, 167, 168, 169, 170]. Из данных таблицы 20 следует, что наименьшее содержание гумуса в верхнем слое чернозема выщелоченного отмечено при возделывании пропашных технических культур (подсолнечника и сахарной свеклы) практически всеми технологиями, особенно при использовании системы обработки почвы с глубоким отвальным рыхлением.

Следовательно, из полученных результатов исследований следует, что интенсификация агротехнологий, направленная на создание высокого уровня плодородия почвы с использованием органических и минеральных удобрений и безотвальной системы обработки почвы, способствовала повышению содержания общего и легкоокисляемого гумуса в черноземе выщелоченном Азово-Кубанской низменности. Наибольшее положительное влияние на эти показатели оказал фактор уровня плодородия (А) почвы, доля влияния которого под озимой пшеницей составила, соответственно, в слое 0–20 см – 41,5 и 48,2 %, под озимым ячменем – 36,2 и 49,5 %. Интенсификация систем основной обработки почвы и защиты растений, являлась ограничивающим фактором в увеличении содержания и запасов гумуса.

Таблица 20 – Изменение содержания общего гумуса (%) в слое 0–20 см чернозема выщелоченного за вторую ротацию возделывания полевых культур различными агротехнологиями (2003–2013)

Индекс техно- логии	Год / культура											Среднее за	
	2003 г.*	2004 г.*	2005 г.*	2006 г.*	2007 г.*	2008 г.*	2009 г.	2010 г.	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2003– 2013 гг.	2009– 2013 гг.
	подсол- нечник	оз. пш. «Крас- нодар- ская 99»	куку- руза	оз. пш. «Нота»	сахар- ная свекла	оз. пш. «Форту- на»	люцер- на+ яч- мень	люцер- на 2 го- да	люцер- на 3 года	оз. пш. «Юка»	оз. ячм. «Гордей»		
0001	3,26	2,89	3,04	2,99	2,90	3,35	3,30	3,61	3,87	3,31	3,22	3,25	3,46
0002	3,26	2,84	2,72	2,77	2,87	3,35	3,15	3,46	3,56	3,24	3,20	3,13	3,32
0003	3,21	2,78	2,52	2,73	2,80	3,00	3,10	3,10	3,25	3,11	3,03	2,97	3,12
1111	3,34	3,14	3,11	3,73	2,96	3,60	3,24	3,86	3,93	3,47	3,38	3,43	3,58
1112	3,29	3,10	3,08	3,30	3,04	3,55	3,25	3,65	3,68	3,40	3,38	3,34	3,47
1113	3,26	2,95	2,77	3,12	2,96	3,35	3,26	3,11	3,46	3,26	3,36	3,17	3,29
2221	3,40	3,37	3,24	3,95	3,10	3,40	3,55	3,91	3,81	3,55	3,48	3,52	3,66
2222	3,42	3,23	2,54	3,30	2,97	3,00	3,08	3,41	3,31	3,49	3,44	3,20	3,35
2223	3,45	3,02	2,92	3,51	3,05	4,00	3,52	3,25	3,50	3,42	3,48	3,37	3,43
3331	3,49	3,40	2,90	3,17	3,36	4,05	3,74	4,08	4,17	3,80	3,72	3,63	3,90
3332	3,45	3,32	2,61	3,59	3,26	3,60	4,03	4,15	4,18	3,72	3,64	3,60	3,94
3333	3,47	3,11	3,02	3,48	3,59	4,05	4,03	4,02	4,06	3,56	3,60	3,64	3,85
НСР ₀₅	0,04	0,08	0,10	0,17	0,12	0,15	0,13	0,14	0,10	0,08	0,08		

* данные кафедры почвоведения за 2003–2004 гг. [166], 2005 г. [167], 2006 г. [168], 2007 г. [169], 2008 г. [170].

Таблица 21 – Влияние единовременного внесения различных доз навоза, внесенных за две ротации 11-типольного севооборота при возделывании полевых культур альтернативными технологиями на содержание общего гумуса в верхнем слое (0–20 см) чернозема выщелоченного

Доза навоза, т/га		Планировалось		Фактическое содержание гумуса в среднем за	
1991 г.	2003 г.	уровень плодородия	гумус, %	2003–2013 гг. *	2009–2013 гг.
0	0	A ₀ – исходный	2,7–2,8	2,97–3,25	3,12–3,46
200	200	A ₁ – средний	3,0–3,2	3,17–3,43	3,29–3,58
400	400	A ₂ – повышенный	3,3–3,5	3,20–3,52	3,35–3,66
600	600	A ₃ – высокий	3,7–3,9	3,60–3,64	3,85–3,94

* данные кафедры почвоведения за 2003–2004 гг. [166], 2005 г. [167], 2006 г. [168], 2007 г. [169], 2008 г. [170].

Результаты исследований также показали (таблица 21), что внесение единовременных высоких доз органических удобрений в виде навоза, для создания повышенного (400 т/га) и высокого (600 т/га) уровней плодородия, не способствовало повышению содержания гумуса в пахотном слое чернозема выщелоченного до расчетных показателей (3,3–3,5 % и 3,7–3,9 %) и составило в среднем за вторую ротацию, соответственно, 3,20–3,52 % и 3,60–3,64 %. Однако, фактическое содержание гумуса на исходном уровне плодородия (2,97–3,25 %) оказалось выше запланированного (2,7–2,8 %) в среднем в 1,1–1,2 раза.

4.1.2 Состав гумуса

Все изменения, происходящие в почве в результате ее сельскохозяйственного использования, связаны с состоянием гумуса, который неоднороден по составу, что обусловлено различной степенью разложения органических веществ, характером их изменений, а также связями гумусовых соединений между собой и с ми-

неральной частью почвы. В связи с этим для изучения изменения гумусного состояния почв под сельскохозяйственными культурами, возделываемыми альтернативными технологиями, очень важным и актуальным является выявление различных связей между качеством и количеством гумуса в исследуемой почве.

Для определения группового и фракционного состава гумуса применяются различные методы. В настоящих исследованиях для определения изменения состава гумуса в черноземе выщелоченном в агроценозах агроэкологического мониторинга был использован ускоренный метод, предложенный М. М. Кононовой и Н. П. Бельчиковой [113]. Наши исследования по изучению изменения гумусного состояния чернозема выщелоченного проведены во второй ротации полевых культур одиннадцатипольного севооборота и являются продолжением исследований, проведенных В. Г. Живчиковым [90], а также В. И. Терпельцом и В. Г. Живчиковым [198] под отдельными культурами первой ротации этого севооборота.

Как уже было отмечено, что чернозем выщелоченный равнинного агроландшафта характеризуется невысоким содержанием гумуса при возделывании полевых культур разными технологиями и относится к слабогумусному виду, с характерным постепенным уменьшением гумуса с глубиной. Но на свойства исследуемой почвы значительное влияние оказывает состав гумуса, в который входят три группы гумусовых веществ: гуминовые кислоты, фульвокислоты и гумины (негидролизующий остаток). Гуминовые кислоты, определяемые этим методом, подразделяются на свободные и связанные с подвижными полуторными окислами, а также связанные с обменным кальцием. Фульвокислоты в составе гумуса почвы представлены одной общей фракцией, а негидролизующий остаток рассчитан по разности между общим углеродом и углеродом суммы органических кислот.

Результаты анализов показали (таблица 22), что в составе гумуса исследуемого подтипа чернозема в слое 0–60 см под озимой пшеницей, возделываемой различными технологиями, наблюдается преобладание гуминовых кислот над фульвокислотами, причем в нижележащих слоях это соотношение несколько уменьшается. Тип гумуса во всех слоях чернозема характеризуется как фульватно-гуматный, так как количество гуминовых кислот превышает содержание фульвокислот в 1,6–2,0 раза на всех технологиях при возделывании озимой пшеницы. Высокое содержание углерода гуми-

новых кислот, связанных с обменным кальцием, а также наличие большого количества гуминов (негидролизуемого остатка) придает гумусу зонального чернозема большую устойчивость к процессам минерализации.

Из полученных результатов исследований следует, что степень гумификации органического вещества, определяемая по отношению углерода гуминовых кислот к общему углероду, в слое 0–20 см чернозема выщелоченного независимо от агротехнологий является высокой и составляет 32,1–38,4 %, который незначительно уменьшается до глубины 60 см. Из гуминовых кислот преобладает фракция связанная с кальцием, составляющая в верхнем слое 85,0–87,8 % от углерода гуминовых кислот, что указывает на замедление процессов минерализации гумуса в черноземе выщелоченном.

Следует также отметить, что в конце второй ротации вегетации полевых культур, возделываемых различными технологиями в одиннадцатипольном зернотравяно-пропашном севообороте, в составе гумуса чернозема выщелоченного наблюдалась та же закономерность, как и в конце первой ротации [90]: гуминовые кислоты преобладают над фульвокислотами и отмечено более высокое содержание углерода гумусовых веществ связанных с кальцием, особенно в слое 0–20 см. Однако, количество негидролизуемого остатка (гуминов) в составе гумуса исследуемой почвы при использовании агротехнологий с повышенным уровнем плодородия заметно ниже.

Таблица 22 – Изменение состава гумуса чернозема выщелоченного при возделывании озимой пшеницы альтернативными технологиями (2012)

Индекс агро-технологии	Глубина взятия образца, см	Гумус общий, %	Углерод общий, %	Числитель, % – углерод гумусовых веществ к массе сухой почвы						C _r /C _ф
				Знаменатель, % – углерод гумусовых веществ от общего углерода						
				извлекаемых 0,1н NaOH	гуминовые кислоты			фульво-кислоты	негидро-лизуемый остаток	
всего	свободные и связанные с R ₂ O ₃	связанные с Са								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0001	0-20	3,31	1,92	<u>0,28</u> 14,8	<u>0,74</u> 38,4	<u>0,09</u> 4,7	<u>0,65</u> 33,7	<u>0,37</u> 19,3	<u>0,81</u> 42,3	2,0
	20-40	2,68	1,55	<u>0,22</u> 14,2	<u>0,57</u> 36,6	<u>0,07</u> 4,7	<u>0,49</u> 31,9	<u>0,31</u> 19,8	<u>0,67</u> 43,6	1,8
	40-60	2,12	1,23	<u>0,17</u> 13,8	<u>0,44</u> 36,0	<u>0,06</u> 4,6	<u>0,39</u> 31,4	<u>0,23</u> 18,8	<u>0,56</u> 45,2	1,9
0002 (контроль)	0-20	3,24	1,88	<u>0,27</u> 14,2	<u>0,61</u> 32,1	<u>0,09</u> 4,8	<u>0,51</u> 27,3	<u>0,41</u> 21,1	<u>0,86</u> 45,8	1,5
	20-40	2,50	1,45	<u>0,21</u> 14,4	<u>0,45</u> 30,8	<u>0,07</u> 4,7	<u>0,38</u> 26,1	<u>0,32</u> 22,2	<u>0,68</u> 47,0	1,4
	40-60	2,04	1,18	<u>0,16</u> 13,6	<u>0,36</u> 30,1	<u>0,06</u> 5,0	<u>0,30</u> 25,1	<u>0,28</u> 23,9	<u>0,54</u> 46,0	1,3
0003	0-20	3,11	1,80	<u>0,24</u> 13,2	<u>0,61</u> 34,0	<u>0,08</u> 4,6	<u>0,53</u> 29,4	<u>0,33</u> 18,2	<u>0,86</u> 47,8	1,8
	20-40	2,43	1,41	<u>0,19</u> 13,4	<u>0,45</u> 32,1	<u>0,07</u> 4,7	<u>0,39</u> 27,4	<u>0,28</u> 19,7	<u>0,68</u> 48,2	1,6
	40-60	1,84	1,07	<u>0,14</u> 12,8	<u>0,34</u> 31,4	<u>0,05</u> 5,0	<u>0,28</u> 26,4	<u>0,21</u> 19,6	<u>0,52</u> 49,0	1,6

Продолжение таблицы 22

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1111	0-20	3,47	2,01	<u>0,32</u> 16,1	<u>0,72</u> 36,0	<u>0,13</u> 6,6	<u>0,59</u> 29,4	<u>0,42</u> 20,7	<u>0,87</u> 43,3	1,7
	20-40	2,78	1,61	<u>0,25</u> 15,4	<u>0,56</u> 34,8	<u>0,10</u> 6,5	<u>0,46</u> 28,3	<u>0,34</u> 21,2	<u>0,71</u> 44,0	1,6
	40-60	2,26	1,31	<u>0,19</u> 14,2	<u>0,45</u> 34,0	<u>0,09</u> 7,0	<u>0,35</u> 27,0	<u>0,29</u> 22,2	<u>0,57</u> 43,8	1,5
1112	0-20	3,40	1,97	<u>0,29</u> 14,9	<u>0,68</u> 34,4	<u>0,13</u> 6,4	<u>0,55</u> 28,0	<u>0,39</u> 20,0	<u>0,90</u> 45,6	1,7
	20-40	2,82	1,63	<u>0,23</u> 14,3	<u>0,54</u> 33,1	<u>0,09</u> 5,8	<u>0,45</u> 27,3	<u>0,35</u> 21,6	<u>0,74</u> 45,3	1,5
	40-60	2,10	1,22	<u>0,17</u> 13,8	<u>0,39</u> 32,0	<u>0,07</u> 6,0	<u>0,32</u> 26,0	<u>0,27</u> 22,0	<u>0,56</u> 46,0	1,4
1113	0-20	3,26	1,89	<u>0,30</u> 15,9	<u>0,65</u> 34,0	<u>0,11</u> 5,8	<u>0,53</u> 28,2	<u>0,34</u> 18,2	<u>0,90</u> 47,8	1,9
	20-40	2,49	1,44	<u>0,21</u> 14,4	<u>0,48</u> 32,8	<u>0,09</u> 6,1	<u>0,38</u> 26,7	<u>0,27</u> 19,0	<u>0,69</u> 48,2	1,8
	40-60	2,08	1,21	<u>0,18</u> 14,6	<u>0,39</u> 32,1	<u>0,08</u> 6,2	<u>0,31</u> 25,9	<u>0,25</u> 20,3	<u>0,57</u> 47,6	1,6
2221	0-20	3,55	2,06	<u>0,36</u> 17,5	<u>0,73</u> 35,2	<u>0,14</u> 6,8	<u>0,59</u> 28,4	<u>0,45</u> 21,6	<u>0,88</u> 43,2	1,6
	20-40	2,79	1,62	<u>0,27</u> 16,4	<u>0,55</u> 33,8	<u>0,10</u> 6,2	<u>0,45</u> 27,6	<u>0,36</u> 22,1	<u>0,71</u> 44,1	1,5
	40-60	2,12	1,23	<u>0,18</u> 15,0	<u>0,40</u> 32,6	<u>0,07</u> 5,9	<u>0,33</u> 26,7	<u>0,29</u> 23,5	<u>0,54</u> 43,9	1,4

Продолжение таблицы 22

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2222	0-20	3,49	2,02	<u>0,32</u> 15,6	<u>0,74</u> 36,6	<u>0,11</u> 5,4	<u>0,63</u> 31,2	<u>0,38</u> 18,6	<u>0,90</u> 44,8	1,9
	20-40	2,84	1,65	<u>0,24</u> 14,8	<u>0,57</u> 34,4	<u>0,08</u> 5,0	<u>0,49</u> 29,4	<u>0,36</u> 21,6	<u>0,72</u> 44,0	1,6
	40-60	2,20	1,28	<u>0,18</u> 14,2	<u>0,39</u> 30,8	<u>0,06</u> 4,8	<u>0,33</u> 26,0	<u>0,31</u> 24,1	<u>0,58</u> 45,1	1,3
2223	0-20	3,42	1,98	<u>0,35</u> 17,5	<u>0,69</u> 34,6	<u>0,11</u> 5,6	<u>0,57</u> 29,0	<u>0,38</u> 19,1	<u>0,91</u> 46,3	1,8
	20-40	2,68	1,55	<u>0,25</u> 16,3	<u>0,51</u> 33,2	<u>0,09</u> 5,8	<u>0,42</u> 27,4	<u>0,31</u> 20,0	<u>0,73</u> 46,8	1,6
	40-60	2,26	1,31	<u>0,21</u> 15,8	<u>0,43</u> 32,7	<u>0,07</u> 5,3	<u>0,36</u> 27,4	<u>0,28</u> 21,4	<u>0,60</u> 45,9	1,5
3331	0-20	3,80	2,20	<u>0,37</u> 16,9	<u>0,77</u> 34,8	<u>0,15</u> 6,6	<u>0,62</u> 28,2	<u>0,48</u> 21,9	<u>0,95</u> 43,3	1,6
	20-40	3,12	1,81	<u>0,31</u> 17,0	<u>0,61</u> 33,3	<u>0,13</u> 7,1	<u>0,47</u> 26,2	<u>0,41</u> 22,9	<u>0,79</u> 43,8	1,5
	40-60	2,44	1,41	<u>0,24</u> 16,8	<u>0,46</u> 32,8	<u>0,10</u> 6,8	<u>0,37</u> 26,0	<u>0,33</u> 23,2	<u>0,62</u> 44,0	1,4
3332	0-20	3,72	2,16	<u>0,37</u> 17,3	<u>0,77</u> 35,7	<u>0,14</u> 6,6	<u>0,63</u> 29,1	<u>0,40</u> 18,7	<u>0,99</u> 45,6	1,9
	20-40	3,15	1,83	<u>0,30</u> 16,4	<u>0,64</u> 34,8	<u>0,11</u> 5,8	<u>0,53</u> 29,0	<u>0,36</u> 19,4	<u>0,83</u> 45,8	1,8
	40-60	2,50	1,45	<u>0,24</u> 16,7	<u>0,48</u> 33,3	<u>0,08</u> 5,6	<u>0,40</u> 27,7	<u>0,30</u> 20,7	<u>0,67</u> 46,0	1,6

Продолжение таблицы 22

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3333	0-20	3,56	2,06	<u>0,40</u> 19,4	<u>0,72</u> 34,9	<u>0,15</u> 7,2	<u>0,57</u> 27,7	<u>0,38</u> 18,3	<u>0,96</u> 46,8	1,9
	20-40	2,88	1,67	<u>0,30</u> 18,2	<u>0,57</u> 33,9	<u>0,11</u> 6,7	<u>0,45</u> 27,2	<u>0,32</u> 19,2	<u>0,78</u> 46,9	1,8
	40-60	2,28	1,32	<u>0,23</u> 17,6	<u>0,44</u> 33,1	<u>0,09</u> 6,5	<u>0,35</u> 26,6	<u>0,26</u> 19,6	<u>0,62</u> 47,3	1,7
НСР ₀₅ АВСД	0-20	0,09	0,08							
	20-40	0,12	0,11							
	40-60	0,17	0,13							

Регрессионная зависимость состава гумуса под озимой пшеницей в исследуемых слоях чернозема выщелоченного показала, что содержание лабильных гумусовых веществ («лабильного гумуса»), извлекаемых 0,1 н NaOH в большей степени зависит от уровня плодородия почвы (фактор А) и составляет в слое 0–20 и 0–60 см, соответственно, 47,2 и 50,6 % (таблица 23).

Множественный коэффициент корреляции для слоя 0–20 см составил 81,6 % и для слоя 0–60 см – 87,4 %.

Результаты проведенного регрессионного анализа показывают, что с увеличением дозы минеральных и органических удобрений также увеличивалось количество гуминовых кислот свободных и связанных с полуторными окислами, указывая на «омоложение» гумуса.

Из результатов исследований следует, что к другим факторам агротехнологий, влияющих в меньшей степени на гумусовые вещества, относятся система удобрений (фактор В) и система защиты растений (фактор С). При этом система удобрений при возделывании озимой пшеницы способствовала повышению подвижных гумусовых веществ, а система защиты растений нарушению микробиологической деятельности, так как использовались средства защиты растений и, следовательно, это приводило к уменьшению содержания гуминовых кислот, связанных с кальцием в составе гумуса чернозема выщелоченного.

Исследованиями также установлено, что во второй ротации возделывания полевых культур различными технологиями, система обработки почвы (фактор Д), особенно отвальная, способствовали увеличению содержания негидролизуемого остатка (гумины) и уменьшению других фракций гумусовых веществ в исследуемом черноземе.

При изучении состава гумуса чернозема выщелоченного в конце второй ротации под озимым ячменем установлены те же тенденции, что и под озимой пшеницей.

На основании проведенных исследований установлено, что в конце второй ротации, при возделывании озимого ячменя различными технологиями с зональной системой обработки почвы чернозем выщелоченный в верхнем слое (0–20 см) относится к фульватно-гуматному типу гумуса (1,4–2,0). В нижележащих слоях из-за вертикальной миграции фульвокислот отношение углерода гуминовых кислот к углероду фульвокислот также уменьшается.

Таблица 23 – Регрессионная зависимость гумусовых веществ чернозема выщелоченного от факторов технологий при возделывании озимой пшеницы (2012)

Показатель	Свободный член уравнения	Числитель, % – доля влияния, знаменатель – коэффициенты регрессии по факторам				Множественный коэффициент корреляции
		А	В	С	Д	
Слой 0–20 см						
Лабильные гумусовые вещества	0,257	$\frac{47,2^*}{0,020}$	$\frac{6,8}{0,006}$	$\frac{2,9}{0,003}$	$\frac{10,0}{-0,006}$	0,816
Гуминовые кислоты всего, в т.ч.	0,708	$\frac{12,2}{0,028}$	$\frac{6,2}{-0,013}$	$\frac{1,4}{0,004}$	$\frac{7,8}{-0,020}$	0,544
свободные и связанные с R ₂ O ₃	0,126	$\frac{22,8}{0,014}$	$\frac{7,5}{0,008}$	$\frac{10,8}{0,004}$	$\frac{6,2}{-0,002}$	0,780
связанные с Са	0,580	$\frac{8,6}{0,014}$	$\frac{3,7}{-0,010}$	$\frac{0,4}{-0,004}$	$\frac{7,2}{-0,020}$	0,423
Фульвокислоты	0,454	$\frac{18,4}{0,022}$	$\frac{3,6}{-0,006}$	$\frac{0,8}{-0,003}$	$\frac{28,0^*}{-0,060}$	0,712
Гумины (негидролизуемый остаток)	0,808	$\frac{0,9}{0,004}$	$\frac{5,2}{0,011}$	$\frac{0,6}{-0,010}$	$\frac{13,5}{0,032}$	0,436
Слой 0–60 см						
Лабильные гумусовые вещества	0,213	$\frac{50,6^*}{0,022}$	$\frac{6,0}{0,004}$	$\frac{11,3}{0,008}$	$\frac{8,9}{-0,007}$	0,874
Гуминовые кислоты всего, в т.ч.	0,581	$\frac{18,6}{0,010}$	$\frac{7,8}{-0,007}$	$\frac{3,0}{0,004}$	$\frac{5,8}{-0,021}$	0,569
свободные и связанные с R ₂ O ₃	0,091	$\frac{40,4^*}{0,009}$	$\frac{2,8}{-0,003}$	$\frac{4,2}{0,006}$	$\frac{6,8}{-0,004}$	0,829
связанные с Са	0,513	$\frac{7,2}{0,009}$	$\frac{2,8}{-0,004}$	$\frac{1,9}{0,006}$	$\frac{12,9}{-0,017}$	0,483
Фульвокислоты	0,385	$\frac{18,4}{0,018}$	$\frac{3,0}{0,004}$	$\frac{1,1}{-0,006}$	$\frac{28,5^*}{-0,025}$	0,708
Гумины (негидролизуемый остаток)	0,694	$\frac{3,8}{-0,004}$	$\frac{3,7}{0,009}$	$\frac{3,1}{0,007}$	$\frac{21,8}{0,031}$	0,590

Таблица 24 – Изменение состава гумуса чернозема выщелоченного при возделывании озимого ячменя альтернативными технологиями (2013)

Индекс агро-технологии	Глубина взятия образца, см	Гумус общий, %	Углерод общий, %	Числитель, % – углерод гумусовых веществ к массе сухой почвы, знаменатель, % – углерод гумусовых веществ от общего углерода						C _г /C _ф
				извлекаемых 0,1н NaOH	гуминовые кислоты			фульво-кислоты	негидро-лизуемый остаток	
					всего	свободные связанные с R ₂ O ₃	связан-ные с Са			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0001	0-20	3,22	1,87	<u>0,26</u> 14,2	<u>0,73</u> 39,2	<u>0,09</u> 5,1	<u>0,64</u> 34,1	<u>0,36</u> 19,0	<u>0,78</u> 41,8	2,0
	20-40	2,54	1,47	<u>0,20</u> 13,6	<u>0,55</u> 37,4	<u>0,07</u> 4,7	<u>0,48</u> 32,7	<u>0,30</u> 20,2	<u>0,62</u> 42,4	1,8
	40-60	2,09	1,21	<u>0,17</u> 13,9	<u>0,43</u> 35,6	<u>0,05</u> 4,3	<u>0,38</u> 31,3	<u>0,26</u> 21,6	<u>0,52</u> 42,8	1,6
0002 (кон-троль)	0-20	3,20	1,86	<u>0,25</u> 13,4	<u>0,61</u> 32,8	<u>0,09</u> 4,9	<u>0,52</u> 27,9	<u>0,43</u> 22,9	<u>0,82</u> 44,3	1,4
	20-40	2,61	1,51	<u>0,21</u> 13,8	<u>0,50</u> 33,0	<u>0,07</u> 4,6	<u>0,40</u> 26,4	<u>0,34</u> 22,2	<u>0,67</u> 44,8	1,5
	40-60	2,12	1,23	<u>0,17</u> 14,0	<u>0,36</u> 29,4	<u>0,05</u> 4,0	<u>0,31</u> 25,4	<u>0,31</u> 24,9	<u>0,56</u> 45,7	1,2
0003	0-20	3,03	1,76	<u>0,23</u> 13,2	<u>0,60</u> 33,8	<u>0,08</u> 4,7	<u>0,51</u> 29,1	<u>0,35</u> 20,0	<u>0,81</u> 46,2	1,7
	20-40	2,33	1,35	<u>0,17</u> 12,9	<u>0,43</u> 32,0	<u>0,06</u> 4,3	<u>0,37</u> 27,7	<u>0,29</u> 21,2	<u>0,63</u> 46,8	1,5
	40-60	1,92	1,11	<u>0,13</u> 12,0	<u>0,35</u> 31,6	<u>0,04</u> 3,8	<u>0,31</u> 27,8	<u>0,25</u> 22,4	<u>0,51</u> 46,0	1,4
1111	0-20	3,38	1,96	<u>0,31</u> 15,8	<u>0,70</u> 35,9	<u>0,13</u> 6,4	<u>0,58</u> 29,5	<u>0,43</u> 21,7	<u>0,83</u> 42,4	1,6

Продолжение таблицы 24

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	20-40	2,80	1,62	<u>0,25</u> 15,3	<u>0,55</u> 34,2	<u>0,10</u> 5,9	<u>0,46</u> 28,3	<u>0,37</u> 22,6	<u>0,70</u> 43,2	1,5
	40-60	2,36	1,37	<u>0,20</u> 14,7	<u>0,45</u> 33,0	<u>0,08</u> 5,7	<u>0,37</u> 27,3	<u>0,32</u> 23,2	<u>0,60</u> 43,8	1,4
1112	0-20	3,38	1,96	<u>0,29</u> 14,8	<u>0,66</u> 33,8	<u>0,12</u> 6,0	<u>0,54</u> 27,8	<u>0,42</u> 21,5	<u>0,88</u> 44,7	1,6
	20-40	2,72	1,58	<u>0,23</u> 14,3	<u>0,51</u> 32,0	<u>0,09</u> 5,4	<u>0,42</u> 26,6	<u>0,36</u> 22,6	<u>0,71</u> 45,4	1,4
	40-60	2,20	1,28	<u>0,18</u> 13,9	<u>0,40</u> 31,4	<u>0,06</u> 4,9	<u>0,34</u> 26,5	<u>0,29</u> 22,8	<u>0,59</u> 45,8	1,4
1113	0-20	3,36	1,95	<u>0,30</u> 15,4	<u>0,66</u> 33,7	<u>0,10</u> 5,1	<u>0,56</u> 28,6	<u>0,39</u> 19,9	<u>0,90</u> 46,4	1,7
	20-40	2,68	1,55	<u>0,23</u> 15,0	<u>0,50</u> 32,1	<u>0,07</u> 4,8	<u>0,42</u> 27,3	<u>0,32</u> 20,6	<u>0,73</u> 47,3	1,6
	40-60	2,17	1,26	<u>0,18</u> 14,4	<u>0,40</u> 32,0	<u>0,06</u> 4,4	<u>0,35</u> 27,6	<u>0,26</u> 20,1	<u>0,60</u> 47,9	1,5
2221	0-20	3,48	2,02	<u>0,34</u> 16,8	<u>0,71</u> 35,3	<u>0,11</u> 5,6	<u>0,60</u> 29,7	<u>0,44</u> 21,7	<u>0,87</u> 43,0	1,6
	20-40	2,82	1,63	<u>0,26</u> 16,2	<u>0,57</u> 34,5	<u>0,08</u> 4,7	<u>0,49</u> 29,8	<u>0,35</u> 21,7	<u>0,71</u> 43,8	1,6
	40-60	2,20	1,28	<u>0,20</u> 15,5	<u>0,43</u> 33,2	<u>0,06</u> 4,9	<u>0,36</u> 28,3	<u>0,29</u> 22,6	<u>0,56</u> 44,2	1,5
2222	0-20	3,44	1,99	<u>0,31</u> 15,8	<u>0,73</u> 36,8	<u>0,13</u> 6,3	<u>0,61</u> 30,5	<u>0,36</u> 18,2	<u>0,90</u> 45,0	2,0
	20-40	2,76	1,60	<u>0,23</u> 14,6	<u>0,56</u> 34,9	<u>0,09</u> 5,6	<u>0,47</u> 29,3	<u>0,31</u> 19,3	<u>0,73</u> 45,8	1,8

Продолжение таблицы 24

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	40-60	2,20	1,28	<u>0,19</u> 15,1	<u>0,44</u> 34,2	<u>0,06</u> 5,0	<u>0,37</u> 29,2	<u>0,25</u> 19,5	<u>0,59</u> 46,3	1,8
2223	0-20	3,48	2,02	<u>0,34</u> 17,0	<u>0,70</u> 34,8	<u>0,12</u> 5,9	<u>0,58</u> 28,9	<u>0,37</u> 18,4	<u>0,95</u> 46,8	1,9
	20-40	2,60	1,51	<u>0,25</u> 16,4	<u>0,48</u> 32,0	<u>0,08</u> 5,4	<u>0,40</u> 26,6	<u>0,31</u> 20,5	<u>0,72</u> 47,5	1,5
	40-60	2,18	1,26	<u>0,20</u> 15,8	<u>0,41</u> 31,8	<u>0,06</u> 4,8	<u>0,34</u> 27,0	<u>0,25</u> 20,2	<u>0,60</u> 48,0	1,6
3331	0-20	3,72	2,16	<u>0,37</u> 17,0	<u>0,74</u> 34,4	<u>0,14</u> 6,7	<u>0,60</u> 27,7	<u>0,50</u> 22,9	<u>0,92</u> 42,7	1,5
	20-40	3,02	1,75	<u>0,29</u> 16,4	<u>0,55</u> 31,6	<u>0,10</u> 5,9	<u>0,45</u> 25,7	<u>0,43</u> 24,6	<u>0,77</u> 43,8	1,3
	40-60	2,46	1,43	<u>0,24</u> 16,6	<u>0,44</u> 30,4	<u>0,09</u> 6,1	<u>0,35</u> 24,3	<u>0,37</u> 26,0	<u>0,62</u> 43,6	1,2
3332	0-20	3,64	2,11	<u>0,38</u> 17,8	<u>0,74</u> 34,9	<u>0,14</u> 6,5	<u>0,60</u> 28,4	<u>0,44</u> 20,7	<u>0,93</u> 44,4	1,7
	20-40	2,80	1,62	<u>0,28</u> 17,0	<u>0,54</u> 33,3	<u>0,10</u> 6,0	<u>0,44</u> 27,3	<u>0,35</u> 21,7	<u>0,73</u> 45,0	1,5
	40-60	2,23	1,29	<u>0,21</u> 16,1	<u>0,43</u> 33,0	<u>0,07</u> 5,7	<u>0,35</u> 27,3	<u>0,28</u> 21,8	<u>0,58</u> 45,2	1,5
3333	0-20	3,60	2,09	<u>0,39</u> 18,8	<u>0,73</u> 35,0	<u>0,15</u> 7,0	<u>0,59</u> 28,0	<u>0,38</u> 18,2	<u>0,98</u> 46,8	1,9
	20-40	2,74	1,59	<u>0,29</u> 18,0	<u>0,53</u> 33,6	<u>0,10</u> 6,3	<u>0,43</u> 27,3	<u>0,31</u> 19,2	<u>0,75</u> 47,2	1,7
	40-60	2,19	1,27	<u>0,21</u> 16,8	<u>0,42</u> 32,8	<u>0,08</u> 6,0	<u>0,34</u> 26,8	<u>0,25</u> 19,9	<u>0,60</u> 47,3	1,7
НСР ₀₅	0-20	0,11	0,07							
АВСД	20-40	0,15	0,09							

Степень гумификации органического вещества в слое 0–20 см чернозема выщелоченного является высокой и составляет 32,8–39,2 %. В нижних слоях этот показатель несколько уменьшается. Содержание свободных гуминовых кислот и гуминовых кислот связанных с подвижными полуторными окислами во всех слоях чернозема выщелоченного низкое.

Регрессионная зависимость состава гумуса под озимым ячменем в слое 0–20 см показала, что содержание гумусовых веществ, извлекаемых 0,1 н NaOH в большей степени зависит от уровня плодородия почвы на 47,8 %, обработка почвы отрицательно влияет на этот показатель (таблица 25).

Таблица 25 – Регрессионная зависимость гумусовых веществ чернозема выщелоченного от факторов технологий при возделывании озимого ячменя, 2013 г.

Показатель	Свободный член уравнения	Числитель, % – доля влияния, знаменатель – коэффициенты регрессии по факторам				Множественный коэффициент корреляции
		А	В	С	Д	
Слой 0–20 см						
Лабильные гумусовые вещества	0,264	<u>47,8*</u> 0,020	<u>8,1</u> 0,008	<u>2,6</u> 0,004	<u>10,3</u> –0,004	0,833
Гуминовые кислоты всего, в т.ч.	0,679	<u>11,8</u> 0,004	<u>5,4</u> –0,010	<u>0,9</u> 0,004	<u>8,7</u> –0,029	0,520
свободные и связанные с R ₂ O ₃	0,108	<u>24,2</u> 0,012	<u>5,7</u> 0,003	<u>9,8</u> 0,007	<u>10,2</u> –0,006	0,874
связанные с Са	0,596	<u>6,3</u> 0,010	<u>3,1</u> –0,010	<u>0,9</u> –0,004	<u>7,4</u> –0,021	0,469
Фульвокислоты	0,484	<u>19,2</u> 0,024	<u>3,7</u> –0,003	<u>0,9</u> –0,001	<u>31,4*</u> –0,063	0,764
Гумины (негидролизуемый остаток)	0,812	<u>0,8</u> 0,004	<u>3,4</u> 0,011	<u>0,4</u> –0,003	<u>12,0</u> 0,030	0,424
Слой 0–60 см						
Лабильные гумусовые вещества	0,227	<u>51,2*</u> 0,019	<u>5,0</u> 0,008	<u>10,5</u> 0,007	<u>8,8</u> –0,006	0,866

Продолжение таблицы 25

Гуминовые кислоты всего, в т.ч.	0,684	<u>13,1</u> 0,021	<u>6,4</u> -0,008	<u>2,9</u> 0,004	<u>4,9</u> -0,014	0,469
свободные и связанные с R ₂ O ₃	0,088	<u>41,3*</u> 0,016	<u>3,6</u> -0,003	<u>6,1</u> 0,004	<u>8,2</u> -0,008	0,838
связанные с Са	0,563	<u>6,1</u> 0,008	<u>2,5</u> -0,004	<u>2,6</u> 0,002	<u>14,8</u> -0,022	0,487
Фульвокислоты	0,498	<u>16,4</u> 0,018	<u>2,9</u> 0,006	<u>3,0</u> -0,008	<u>28,8*</u> -0,035	0,716
Гумины (негидролизуемый остаток)	0,749	<u>5,9</u> -0,004	<u>4,8</u> 0,008	<u>2,6</u> 0,004	<u>21,6</u> 0,052	0,608

Следовательно, длительное возделывание полевых культур различными технологиями на черноземе выщелоченном Азово-Кубанской низменности приводит не только к уменьшению содержания гумуса, но и к изменению его качественного состава.

Таблица 26 – Влияние альтернативных технологий возделывания сельскохозяйственных культур в конце второй ротации 11-польного севооборота на состав гумуса в слое 0–60 см чернозема выщелоченного (среднее за 2012–2013)

Агротехнология	Индекс агротехнологии	Степень гумификации	ГК связанные с кальцием к сумме ГК	Негидролизуемый остаток к общему углероду	C _{ГК} /C _{ФК}
			%		
Экстенсивная	0001	37,2	87,8	43,0	1,8
	0002	31,4	84,4	45,6	1,4
	0003	32,5	86,0	47,3	1,6
Беспестицидная	1111	34,6	81,7	43,4	1,5
	1112	32,8	82,1	45,4	1,5
	1113	32,8	82,5	47,5	1,7
Экологически допустимая	2221	34,1	83,1	43,7	1,5
	2222	34,6	83,4	45,1	1,7
	2223	33,2	83,1	46,8	1,6
Интенсивная	3331	32,8	80,6	43,5	1,4
	3332	34,1	81,6	45,3	1,7
	3333	33,9	79,8	47,0	1,8

Эта закономерность подтверждается результатами анализа отдельных показателей качественного состава гумуса в слое 0–60 см чернозема выщелоченного в среднем за два последних года второй ротаций возделывания сельскохозяйственных культур альтернативными технологиями (таблица 26).

Из полученных данных следует, что улучшение качественного состава гумуса чернозема выщелоченного в агроценозах Азово-Кубанской низменности происходит при применении беспестицидной технологии возделывания полевых культур с использованием безотвальной системы основной обработки почвы (1111) и экологически допустимой технологии возделывания полевых культур с использованием безотвальной (2221) или зональной (2222) систем обработки почвы. Эти агротехнологии способствуют повышению степени гумификации органического вещества, повышению содержания и запасов гумуса в сравнении с другими технологиями. Интенсификация технологий возделывания сельскохозяйственных культур не способствует улучшению качества гумуса, так как значительно снижается содержание гуминовых кислот, связанных с кальцием.

4.1.3 Баланс гумуса

Баланс гумуса складывается из величины поступления в почву органического вещества и расхода гумуса за определенный промежуток времени или на определенной площади. Поскольку формирование высоких урожаев требует значительных расходов биогенных элементов почвы (при урожае зерновых культур 50 ц/га расходуется не менее 10 ц/га гумуса), большое внимание следует уделять вопросам накопления в почве органического вещества.

Баланс гумуса рассчитывается как разность между статьями его прихода за счет пожнивно-корневых остатков, внесения органических удобрений, а также расхода за счет минерализации. Процесс минерализации гумуса зависит от ряда факторов: генетических особенностей почвы, климатических условий, интенсивности обработок, структуры, посевных площадей, уровня урожайности культур, применения удобрений и др. Минерализация гумуса рассчитывалась по расходу почвенного азота на формирование урожая сельскохозяйственных культур, с этой целью сначала рассчитывался вынос всего азота на основе фактической урожайности культур и

справочных данных. Величина выноса азота урожаем корректируется поправочными коэффициентами на гранулометрический состав и интенсивность обработки почвы. Приходная часть гумусового баланса в пахотных почвах складывается из вновь образуемых гумусовых веществ за счет растительных остатков сельскохозяйственных растений и органических удобрений. Количество поступающих в почву остатков зависит от уровня урожая основной и побочной продукции. Количество гумуса, образующегося за счет пожнивно-корневых остатков, определяется путем умножения их массы на соответствующий коэффициент гумификации: для многолетних бобовых трав он составляет 0,25, для зерновых культур – 0,20.

Баланс гумусов почве может быть бездефицитным, когда его приход в результате гумификации свежих растительных остатков и органических удобрений полностью уравнивает расход за счет минерализации и эрозии почвы. Баланс считается положительным, когда приход вновь образованного гумуса превышает его расход, и отрицательным, когда приход гумуса не компенсирует его потери. Расход гумуса рассчитывают по интенсивности его минерализации в конкретных условиях.

Таблица 27 – Изменение баланса гумуса в слое 0–20 см чернозема выщелоченного при возделывании люцерны 1-го года жизни с яровым ячменем альтернативными технологиями (2009)

Индекс технологии*	Гумус	Урожайность сена	Гумификация	Минерализация	Баланс гумуса (+,-)
	%				
0001	3,30	3,93	1,770	0,261	+1,509
0002(контроль)	3,15	3,27	1,470	0,216	+1,254
0003	3,10	3,29	1,478	0,217	+1,261
1111	3,24	4,17	1,875	0,276	+1,599
1112	3,25	4,16	1,871	0,276	+1,595
1113	3,26	3,94	1,771	0,260	+1,511
2221	3,55	4,51	2,029	0,274	+1,755
2222	3,08	4,26	1,917	0,259	+1,658
2223	3,52	4,24	1,908	0,257	+1,651
3331	3,74	5,30	2,107	0,293	+1,814
3332	4,03	4,74	2,132	0,262	+1,870
3333	4,03	5,67	2,255	0,314	+1,941

Индекс технологии*: 1, 2, 3 и 4-я цифры, соответственно, уровень плодородия почвы, система удобрений, система защиты растений и система обработки почвы.

Результаты расчета изменения баланса гумуса в верхнем слое (0–20 см) чернозема выщелоченного под культурами звена зерно-травяно-пропашного севооборота: люцерна первого года жизни с подсевом ярового ячменя – люцерна второго года жизни – люцерна третьего года жизни – озимая пшеница – озимый ячмень представлены в таблицах 27–30.

При возделывании люцерны в течение трех лет различными агротехнологиями баланс гумуса в верхнем слое чернозема выщелоченного был различным, но только положительным.

Баланс гумуса в исследуемой почве при возделывании люцерны первого года жизни с подсевом ярового ячменя составлял (таблица 27) от +1,254 (экстенсивная технология, 0002, контроль) до +1,941 т/га (интенсивная технология, 3333).

Таблица 28 – Изменение баланса гумуса в слое 0–20 см чернозема выщелоченного при возделывании люцерны 2-го года жизни альтернативными технологиями (2010)

Индекс технологии*	Гумус	Урожайность сена	Гумификация	Минерализация	Баланс гумуса (+,-)
	%	т/га			
0001	3,61	6,53	2,595	0,451	+2,144
0002(контроль)	3,46	5,77	2,292	0,398	+1,894
0003	3,10	5,23	2,079	0,362	+1,717
1111	3,86	6,37	2,530	0,441	+2,089
1112	3,65	6,30	2,504	0,436	+2,068
1113	3,11	5,82	2,312	0,402	+1,910
2221	3,91	6,67	2,650	0,422	+2,228
2222	3,41	6,43	2,556	0,407	+2,149
2223	3,25	6,08	2,417	0,385	+2,032
3331	4,08	6,65	2,643	0,383	+2,260
3332	4,15	6,82	2,710	0,393	+2,317
3333	4,02	6,36	2,527	0,366	+2,161

Индекс технологии*: 1, 2, 3 и 4-я цифры, соответственно, уровень плодородия почвы, система удобрений, система защиты растений и система обработки почвы.

Положительный баланс гумуса в почве при возделывании этой культуры различными альтернативными технологиями объясняется тем, что корни люцерны активно участвуют в создании почвенного плодородия. Они вовлекают в почвообразовательный процесс большую массу органического вещества после своего отмирания,

особенно азота, синтезированного клубеньковыми бактериями. Исследованиями А. М. Гаврилова и И. В. Киричковой [51] установлено, что люцерна после трех лет вегетации оставляет на 1 га почвы такое же количество органического вещества и азота, какое содержится примерно в 60 т вносимого навоза.

Согласно произведенным расчетам наивысшие показатели накопления гумуса в черноземе выщелоченном установлены под люцерной второго года жизни (таблица 28), которые составляли от +1,717 (экстенсивная технология, 0003) до +2,317 т/га (интенсивная технология, 3332). Максимальный прирост гумуса в исследуемом подтипе чернозема в этот период вегетации люцерны объясняется наибольшей ее урожайностью и значительной массой оставляемых в почве пожнивных и корневых остатков.

Таблица 29 – Изменение баланса гумуса в слое 0–20 см чернозема выщелоченного при возделывании люцерны 3-го года жизни альтернативными технологиями (2011)

Индекс технологии*	Гумус	Урожайность сена	Гумификация	Минерализация	Баланс гумуса (+,-)
	%	т/га			
0001	3,87	4,91	2,211	0,340	+1,871
0002(контроль)	3,56	4,92	2,212	0,340	+1,872
0003	3,25	4,88	2,195	0,337	+1,858
1111	3,93	5,23	2,079	0,362	+1,717
1112	3,68	5,37	2,133	0,371	+1,762
1113	3,46	5,08	2,286	0,351	+1,935
2221	3,81	5,19	2,062	0,328	+1,734
2222	3,31	5,91	2,350	0,375	+1,975
2223	3,50	5,31	2,111	0,337	+1,774
3331	4,17	5,26	2,089	0,302	+1,787
3332	4,18	5,40	2,148	0,311	+1,837
3333	4,06	5,12	2,035	0,295	+1,740

Индекс технологии*: 1, 2, 3 и 4-я цифры, соответственно, уровень плодородия почвы, система удобрений, система защиты растений и система обработки почвы.

Самые высокие показатели накопления гумуса в черноземе выщелоченном под люцерной третьего года жизни (таблица 29) наблюдались при экологически допустимой технологии (2222) ее возделывания, а наименьшие – при беспестицидной технологии (1111), которые составляли, соответственно, +1,975 и +1,717 т/га.

Однако, различия в этом показателе при возделывании люцерны альтернативными технологиями, независимо от системы обработки почвы, были незначительными.

Исходя из представленных данных, можно сделать вывод, что люцерна за три года вегетации увеличила содержание легкоусвояемых форм гумуса в черноземе выщелоченном агроэкологического мониторинга, в среднем, на 0,2–0,5 %. Следовательно, посевы люцерны активно способствуют процессу гумификации, что оказывает положительное влияние на запасы гумуса в верхнем слое почвы. Поэтому возделывание многолетних бобовых трав является наиболее действенным средством регулирования баланса органического вещества в агроценозах [88, 119, 229].

Таблица 30 – Изменение баланса гумуса в слое 0–20 см чернозема выщелоченного при возделывании озимой пшеницы альтернативными технологиями (2012)

Индекс технологии*	Гумус	Урожайность зерна	Гумификация	Минерализация	Баланс гумуса (+,-)
	%	т/га			
0001	3,31	5,89	1,425	1,696	-0,271
0002(контроль)	3,24	6,06	1,467	1,745	-0,278
0003	3,11	6,12	1,481	1,763	-0,282
1111	3,47	5,94	1,437	1,711	-0,274
1112	3,40	6,29	1,522	1,812	-0,290
1113	3,26	6,29	1,522	1,812	-0,291
2221	3,55	6,10	1,476	1,610	-0,134
2222	3,49	6,35	1,537	1,676	-0,139
2223	3,42	6,49	1,571	1,703	-0,132
3331	3,80	6,19	1,498	1,486	+0,012
3332	3,72	6,42	1,554	1,541	+0,013
3333	3,56	6,65	1,609	1,596	+0,013

Индекс технологии*: 1, 2, 3 и 4-я цифры, соответственно, уровень плодородия почвы, система удобрений, система защиты растений и система обработки почвы.

Из полученных нами данных также следует, что при возделывании озимой пшеницы сорта «Юка» отрицательный баланс гумуса в черноземе выщелоченном установлен при использовании различных технологий, особенно с отвальной системой обработки почвы и составил максимально от -0,282 (0003) до -0,291 т/га (1113), кроме интенсивной технологии (таблица 30). Таким образом, исполь-

зование отвальной обработки почвы при возделывании озимой пшеницы способствует большей степени минерализации гумусовых веществ в верхнем слое зонального подтипа чернозема, что отрицательно сказывается на его балансе гумуса.

При использовании безотвальной системы обработки почвы большая часть пожнивных и корневых остатков растений находится в ее верхнем слое, что улучшает деятельность микроорганизмов и усиливает степень гумификации [17, 98, 198].

Таблица 31 – Изменение баланса гумуса в слое 0–20 см чернозема выщелоченного при возделывании озимого ячменя альтернативными технологиями (2013)

Индекс технологии*	Гумус	Урожайность зерна	Гумификация	Минерализация	Баланс гумуса (+,-)
	%				
0001	3,22	4,77	1,154	1,429	-0,275
0002(контроль)	3,20	5,67	1,372	1,698	-0,326
0003	3,03	6,28	1,520	1,959	-0,439
1111	3,38	5,92	1,433	1,693	-0,260
1112	3,38	6,18	1,496	1,767	-0,271
1113	3,36	6,71	1,624	1,919	-0,295
2221	3,48	6,62	1,602	1,721	-0,119
2222	3,44	6,78	1,641	1,763	-0,122
2223	3,48	7,17	1,735	1,864	-0,129
3331	3,72	7,14	1,728	1,856	-0,128
3332	3,64	7,10	1,718	1,846	-0,128
3333	3,60	7,37	1,784	1,916	-0,132

Индекс технологии*: 1, 2, 3 и 4-я цифры, соответственно, уровень плодородия почвы, система удобрений, система защиты растений и система обработки почвы.

Расчеты баланса гумуса в верхнем слое чернозема выщелоченного под озимым ячменем показали, что при возделывании его различными технологиями при разных системах обработки почвы баланс гумуса в ней оказался отрицательным и составил от -0,119 (2221) до -0,439 т/га (0003) (таблица 31).

Таблица 32 – Изменение баланса гумуса в слое (0–20 см) чернозема выщелоченного за вторую ротацию возделывания полевых культур альтернативными технологиями (2003–2013 гг.)

Индекс технологии	Год/культура, т/га										
	2003*	2004*	2005*	2006*	2007*	2008*	2009	2010	2011	2012	2013
	подсо- лнеч- ник	оз.пш. «Крас- нодарская 99»	кукуру- за	оз.пш. «Нога»	сахар- ная свекла	оз. пш. «Фор- туна»	люцер- на+ яч- мень	люцерна 2 года	люцерна 3 года	оз.пш. «Юка»	оз.яч. «Гордей»
0001	-0,31	-0,01	+0,23	-0,02	-1,05	-0,12	+1,51	+2,14	+1,87	-0,28	-0,28
0002	-0,33	-0,02	+0,25	-0,01	-1,07	-0,12	+1,25	+1,89	+1,87	-0,27	-0,27
0003	-0,32	-0,02	+0,26	-0,01	-1,08	-0,22	+1,26	+1,72	+1,85	-0,28	-0,13
1111	-0,55	-0,02	+0,31	+0,01	-1,12	-0,35	+1,59	+2,09	+1,72	-0,27	-0,33
1112	-0,55	-0,02	+0,32	+0,01	-1,14	-0,35	+1,59	+2,06	+1,76	-0,29	-0,29
1113	-0,59	-0,01	+0,32	+0,01	-1,14	-0,35	+1,51	+1,91	+1,94	-0,29	-0,13
2221	-0,61	+0,01	+0,39	+0,01	-1,02	-0,18	+1,76	+2,23	+1,73	-0,13	-0,44
2222	-0,62	+0,09	+0,39	+0,01	-1,09	-0,18	+1,66	+2,15	+1,97	-0,14	-0,12
2223	-0,63	-0,02	+0,39	+0,02	-1,11	-0,18	+1,65	+2,04	+1,77	-0,13	-0,13
3331	-0,62	+0,02	+0,45	+0,02	-1,02	+0,02	+1,82	+2,26	+1,79	+0,01	-0,26
3332	-0,66	+0,02	+0,45	-0,01	-1,09	+0,02	+1,87	+2,32	+1,84	+0,01	-0,12
3333	-0,65	+0,01	+0,47	+0,02	-1,07	+0,01	+1,94	+2,16	+1,74	+0,01	-0,13

* данные кафедры почвоведения за 2003–2004 гг. [166], 2005 г. [167], 2006 г. [168], 2007 г. [169], 2008 г. [170]

При этом приходная часть баланса гумуса исследуемой почвы, связанная с поступлением органических остатков озимого ячменя во всех агротехнологиях в 1,2–1,3 раза составляла меньше расходной части.

Нами также произведен расчет баланса гумуса за вторую ротацию одиннадцатипольного севооборота с 2003 по 2013 г. (таблица 32).

Кроме полученных нами данных, мы использовали результаты кафедры почвоведения по определению содержания общего гумуса в слое 0–20 см чернозема выщелоченного агроэкологического мониторинга за 2003–2008 г. [166, 167, 168, 169, 170].

Из расчетных данных следует, что при возделывании различными технологиями пропашных технических культур (подсолнечник, сахарная свекла) и озимых культур сплошного сева (озимая пшеница, озимый ячмень), независимо от системы обработки почвы в верхнем слое чернозема выщелоченного наблюдается отрицательный баланс гумуса. Также установлено, что с увеличением интенсификации агротехнологий и системы основной обработки почвы при возделывании пропашных технических культур заметно увеличиваются темпы минерализация гумуса чернозема выщелоченного, что приводит к дефициту баланса гумуса в его верхнем слое. Поэтому при возделывании вышеуказанных культур обязательно необходимо использовать органические удобрения исходя из расчетных данных по балансу гумуса чернозема выщелоченного. Бездефицитный баланс гумуса в исследуемой почве отмечен при возделывании люцерны трех лет вегетации и кукурузы на зерно независимо от технологий и системы обработки почвы.

4.2 Влияние гумусного состояния чернозема выщелоченного на урожайность и качество озимой пшеницы

Урожай сельскохозяйственных культур – это составляющая четырех факторов: растения (сорт, сроки развития и т. д.), почвы (агротехническая подготовка и внесение удобрений), текущее состояние атмосферы (климат, изменение температуры и осадков) и состояние биоты (полезные и вредные микроорганизмы в агроэкосистеме) [53].

В результате исследований установлено, что изучаемые факторы в опыте агроэкологического мониторинга равнинного агро-

ландшафта, оказывают значительное влияние на урожайность одной из самых важных культур, возделываемых в крае – озимой пшеницы (таблица 33).

Таблица 33 – Влияние различных технологий на урожайность озимой пшеницы (сорт «Юка»)

Индекс технологии	Урожайность зерна, т/га			Прибавка	
	2012 г.	2013 г.	среднее	т/га	% к
0001	5,89	6,31	6,10	–0,13	97,9
0002 (контр.)	6,06	6,39	6,23	–	100
0003	6,12	6,27	6,20	–0,03	99,5
1111	5,94	5,63	5,79	–0,44	92,9
1112	6,29	5,73	6,01	–0,22	96,5
1113	6,29	5,71	6,00	–0,23	96,3
2221	6,10	6,34	6,22	–0,01	99,8
2222	6,35	6,50	6,43	0,20	103,2
2223	6,49	6,44	6,47	0,24	103,9
3331	6,19	6,22	6,21	–0,02	99,7
3332	6,42	6,17	6,30	0,07	101,1
3333	6,65	6,03	6,34	0,11	101,8
НСР ₀₅	0,21	0,18			

Самый высокий фактический урожай (6,43–6,47 т/га) в среднем за два года исследований получен на вариантах с экологически допустимой технологией возделывания данной культуры (2222 и 2223) при отвальной зональной и отвальной с глубоким рыхлением обработках почвы. По сравнению с экстенсивной технологией (000) прибавка урожая зерна на различных системах основной обработки почвы составила 0,20–0,24 т/га или 103,2–103,9 %. На делянках с интенсивной технологией возделывания озимой пшеницы (333) с использованием всех изучаемых систем обработки почвы урожайность зерна получена несколько ниже и составила 6,21–6,34 т/га. Это объясняется тем, что в 2013 году не удалось получить объективную запланированную высокую урожайность зерна озимой пшеницы при использовании интенсивной технологией, так как перед уборкой озимой пшеницы в июне прошли интенсивные дожди, в результате наблюдалось массовое полегание растений озимой пшеницы и доля влияния неучтенного погодного фактора оказалась высокой.

Исследованиями установлено, что с ростом интенсивности технологий возделывания озимой пшеницы, ее урожайность значительно увеличивается за счет увеличения вегетативной массы. Однако, разница в прибавке урожая на экологически допустимой технологии (222) и интенсивной (333) была наименьшей. Различия в урожайности озимой пшеницы между этими технологиями не существенны. Исходя из этого, можем сделать вывод, что на экологически допустимой технологии комплекс факторов изучаемых в опыте практически достиг оптимального уровня для данных условий возделывания и дальнейшая интенсификация приемов возделывания малоэффективна.

Необходимо также отметить, что при увеличении интенсивности основной обработки почвы, урожайность данной культуры несколько возрастает.

Качество зерна пшеницы должно соответствовать определенным требованиям. Основными показателями качества зерна озимой пшеницы являются содержание в нем белка и клейковины, а также общая его стекловидность.

Таблица 34 – Влияние различных технологий на качество зерна озимой пшеницы (сорт «Юка»), 2012 г.

Индекс технологии	Содержание в зерне, %		Общая стекловидность, %
	белка	клейковины	
0001	14,2	24,2	58,4
0002 (контр.)	14,3	23,8	55,8
0003	14,3	23,8	58,1
1111	14,3	23,9	57,5
1112	14,0	23,5	56,3
1113	14,2	24,3	56,4
2221	15,0	25,8	53,5
2222	14,5	24,1	54,5
2223	14,6	24,6	54,7
3331	15,2	25,7	58,0
3332	15,0	25,8	54,5
3333	15,3	26,2	58,4

В зерне пшеницы содержание сырой клейковины колеблется от 16 до 58 %. По содержанию данного показателя в муке зерно пшеницы подразделяют на четыре группы: высокое содержание клейковины – свыше 30 %, среднее содержание от 26 до 30 %, ниже

среднего – 20–25 %, низкое содержание клейковины – ниже 20 %. Очень много факторов влияет на количество и качество клейковины в зерне пшеницы, важнейшими из которых являются сортовые особенности, условия выращивания и уборки урожая [164].

Наименьшее содержание клейковины наблюдалось в зерне озимой пшеницы сорта «Юка», выращиваемой по экстенсивной технологии возделывания на фоне всех исследуемых обработок почвы (24,2 % до 23,8 %). Данный показатель повышался при интенсивной технологии возделывания незначительно до 26,2 %, что свидетельствует о среднем содержании клейковины (таблица 34).

Стекловидность – это один из важнейших показателей качества зерна пшеницы, который характеризует ее мукомольные и хлебопекарные свойства. В зависимости от консистенции эндосперма по стекловидности зерно озимой пшеницы подразделяют на три группы: первая – стекловидность свыше 60 %, вторая – стекловидность составляет 40-60 %, третья – стекловидность менее 40 %. Зерно, относящееся к первой группе стекловидности обладает наибольшей прочностью, а также у этой группы пшеницы высокий выход промежуточных продуктов лучшего качества [70, 164].

Во всех исследуемых вариантах опыта общая стекловидность зерна колебалась от 53,5 до 58,4 %, поэтому зерно озимой пшеницы сорта «Юка» относится ко второй группе стекловидности (таблица 35).

Таблица 35 – Влияние различных агротехнологий на качество зерна озимой пшеницы (сорт «Юка»), 2013 г.

Индекс технологии	Содержание в зерне, %		Общая стекло-видность, %
	белка	клейковины	
0001	13,4	22,9	50,0
0002 (контр.)	13,3	23,8	51,0
0003	12,7	22,4	52,8
1111	13,3	23,6	49,8
1112	13,6	24,3	46,5
1113	13,4	23,7	45,5
2221	13,6	25,0	49,5
2222	13,9	24,2	51,2
2223	13,9	25,8	45,5
3331	14,1	27,4	41,8
3332	14,1	27,0	50,1
3333	14,0	28,8	51,2

Статистическая обработка средних данных урожайности озимой пшеницы в конце второй ротации одиннадцатипольного полевого севооборота, проведенная методом множественного регрессионного анализа, позволила рассчитать уравнение регрессии урожайности и определить долю влияния факторов агротехнологий на этот показатель (таблица 36).

Таблица 36 – Регрессионная зависимость урожайности озимой пшеницы от изучаемых технологий их возделывания (2012–2013)

Культура	Свободный член уравнения	Числитель, % – доля влияния, знаменатель – коэффициенты регрессии по факторам				Множественный коэффициент корреляции
		А	В	С	Д	
Озимая пшеница	3,233	$\frac{6,2}{0,082}$	$\frac{70,8^*}{1,020}$	$\frac{17,0}{0,290}$	$\frac{1,7}{0,127}$	0,958

В результате множественного регрессионного анализа было получено следующее уравнение регрессии урожайности озимой пшеницы: Урожайность = 3,233+0,082А+1,020В+0,290С+0,127Д.

На основании регрессионного анализа также установлено, что все изучаемые факторы агротехнологий, положительно влияют на урожайность озимой пшеницы. В большей степени влияние на урожайность оказывает система удобрений (фактор В) с долей влияния 70,8 %, затем следуют система защиты растений (фактор С) – 17,0 % и уровень плодородия почвы (фактор А) – 6,2 %. Наименьшее влияние на урожайность озимой пшеницы оказывает система основной обработки почвы (фактор Д), доля влияния составляет 1,7 %.

5 ЭФФЕКТИВНОСТЬ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ НА ЧЕРНОЗЕМЕ ВЫЩЕЛОЧЕННОМ

5.1 Биоэнергетическая оценка эффективности агротехнологий

Сельское хозяйство является уникальной производственной отраслью, обеспечивающей преобразование солнечной радиации в энергию органического вещества, которая в дальнейшем используется в пищу человеком или на корм животным. Агроценоз, как система, должен не только давать высокую продуктивность, но и в процессе функционирования восстанавливать плодородие почвы, запасать энергию в органическом веществе [154]. Для более точного анализа производства продукции сельского хозяйства, целесообразно производить оценку технологических процессов по критериям, основой которых является калорийность продукции.

В настоящее время главную задачу ставит перед современным сельским хозяйством энергетический кризис – перейти на энерго-сберегающие технологии выращивания полевых культур [225].

Перед сельскохозяйственным производством в условиях рыночной экономики встала проблема рационального потребления энергии и энергетического обеспечения при производстве продукции. Эта проблема обусловлена, в первую очередь, резким увеличением стоимости энергоносителей, объем затрат на которые существенно увеличивается при производстве продукции при увеличении интенсификации технологий. Наукой и практикой для решения данной задачи, предложена биоэнергетическая оценка технологий возделывания сельскохозяйственных культур, она позволяет определить более рациональные приемы использования ресурсов в результате соотношения энергии получаемой с урожаем и затрачиваемой на производство сельскохозяйственной продукции. Биоэнергетическая оценка технологий производства сельскохозяйственной продукции, снижая остроту топливно-энергетической проблемы,

разрешает выбрать продуктивные ресурсосберегающие технологии [209, 210].

Величину совокупного расхода энергии определяют следующие основные компоненты: расходы на трудовые ресурсы, семена, удобрения, машины и оборудование, химикаты, горюче-смазочные материалы и т. д. При этом на средства химизации приходится более половины всей потребляемой энергии, в том числе от 28 % до 54 % энергии – на удобрения [37].

Метод биоэнергетической оценки эффективности возделывания сельскохозяйственных культур сводится к сравнению совокупных затрат энергии на производство продукции и количества энергии, получаемой с урожаем. Биоэнергетический коэффициент является обобщающим показателем – это отношение валовой энергии, полученной с урожаем, к суммарным затратам. Если этот коэффициент больше единицы, то технология возделывания культуры считается эффективной.

При расчете энергетической эффективности агротехнических приемов при возделывании озимой пшеницы определялись затраты совокупной энергии, непосредственно связанные с выполнением работ по технологическим картам на основе энергетических эквивалентов. На основании технологической карты проведено распределение затрат совокупной энергии по периодам и циклам выполнения технологических операций.

В результате проведенных исследований выявлено, что на озимой пшенице в 2012 году наименьшие затраты совокупной энергии при возделывании данной культуры наблюдались на вариантах с экстенсивной технологией (000) – 11,8–13,3 ГДж (таблица 37). Интенсификация агротехнологий в вариантах 111, 222 и 333 приводила к увеличению энергозатрат в 4,0–4,5 раза.

Максимальное приращение энергии отмечалось на варианте 0003 и составило 199,01 ГДж, при этом коэффициент чистой эффективности был –14,96, а наибольшим этот показатель был на варианте 0002 – 16,82.

Интенсивная технология возделывания озимой пшеницы (333) приводит к уменьшению энергетической эффективности. При данной технологии выход зерна на 1 ГДж и коэффициент чистой эффективности был минимальным и составил соответственно – 0,12 т и 3,03–3,21.

При оценке биоэнергетической эффективности выращивания озимой пшеницы в годы исследований, отмечено, что основные тенденции сохранились, но с некоторыми колебаниями, которые обусловлены разницей в урожайности исследуемой культуры. В результате этого, с точки зрения энергетической эффективности наилучшей технологией для возделывания озимой пшеницы можно считать беспестицидную и экологически допустимую в сочетании с отвальной зональной (рекомендуемой) основной обработкой почвы, то есть варианты 1112 и 2222. На данных вариантах были отмечены высокие значения коэффициента чистой эффективности приращенной энергии и выхода зерна в расчете на 1 ГДж затраченной энергии (1 ц жидкого топлива и 1 чел.-час). Приращение энергии на вариантах 2221 и 2222 в 1,1 раза ниже, чем на 0001 и 0002. При урожайности 6,10–6,35 т/га выход зерна в расчете на 1 ГДж затраченной энергии составляет 0,16–0,17 т, на 1 ц жидкого топлива – 11,8–12,28 т и на 1 чел.-час – 1,23–1,24 т, то есть по биоэнергетическим показателям экологически допустимая технология несколько уступает экстенсивной.

Таким образом, можно сделать вывод, что интенсификация технологий возделывания озимой пшеницы значительно увеличивает затраты совокупной энергии на 1 га (от 11,8 до 53,3 гДж), в связи с этим увеличиваются и показатели выхода энергии с 1 га с основной и побочной продукции, а также увеличиваются затраты труда и расход топлива.

5.2 Экономическая эффективность агротехнологий

Заключительным этапом при разработке рекомендаций предприятиям, производящим сельскохозяйственную продукцию, является оценка экономической эффективности технологий возделывания исследуемых культур. Для получения высоких урожаев хорошего качества и сохранения почвенного плодородия при минимальных затратах на производство она позволяет выбрать технологии, которые обеспечивают использование экономических и технических возможностей хозяйств с максимальной эффективностью [224, 225].

Таблица 37 – Оценка биоэнергетической эффективности альтернативных технологий возделывания озимой пшеницы (сорт «Юка»), 2012 г.

Показатель	Индекс агротехнологии											
	0001	1111	2221	3331	0002	1112	2222	3332	0003	1113	2223	3333
Урожайность зерна, т/га	5,89	5,94	6,10	6,19	6,06	6,29	6,35	6,42	6,12	6,29	6,49	6,65
Расход энергии с 1 га, гДж – всего, в т.ч.	204,33	206,06	211,61	214,74	210,23	218,20	220,29	222,71	212,31	218,20	225,14	230,69
с основной продукцией	67,42	67,99	69,82	70,85	69,37	72,00	72,69	73,49	70,05	72,00	74,29	76,12
с побочной продукцией	136,91	138,07	141,79	143,88	140,86	146,21	147,60	149,23	142,25	146,21	150,85	154,57
Расход совокупной энергии на 1 га, гДж	11,8	25,6	37,4	53,3	11,8	25,6	37,4	53,3	13,3	27,3	39,1	54,8
Приращение энергии, гДж	192,53	180,46	174,21	161,44	198,43	192,60	182,89	169,41	199,01	190,90	186,04	175,89
Коэффициент соотношения полученной и затраченной энергии	17,32	8,05	5,66	4,03	17,82	8,52	5,89	4,18	15,96	7,99	5,76	4,21
Коэффициент биоэнергетической эффективности	16,32	7,05	4,66	3,03	16,82	7,52	4,89	3,18	14,96	6,99	4,76	3,21
Выход зерна, т в расчете на 1 гДж затраченной энергии	0,50	0,23	0,16	0,12	0,51	0,25	0,17	0,12	0,46	0,23	0,17	0,12
1 ц ГСМ	14,51	11,25	11,87	10,58	14,93	11,80	12,28	10,99	11,01	9,17	9,39	9,06
1 чел.-час	1,55	0,86	1,23	0,89	1,59	1,27	1,24	1,00	1,19	0,77	1,11	0,87

Эффективность функционирования агропромышленного комплекса и в целом уровень жизни населения в большинстве зависит от степени развития зернового производства. По социально-экономической значимости, вовлекаемых в зерновую отрасль материальных, трудовых и финансовых ресурсов данная отрасль является одной из наиболее важных в аграрной сфере.

При расчете экономической эффективности возделывания озимой пшеницы сорта «Юка» использовалась методика определения экономической эффективности сельскохозяйственного производства, разработанная в КубГАУ, а также методические рекомендации по определению экономической эффективности использования научных разработок в земледелии [144]. В ходе расчетов были применены монографический и расчетно-конструктивный методы исследования. Это было необходимо в связи со значительными колебаниями цен на основные и оборотные средства и для удобства сопоставления разных технологий, разработанных в опыте агроэкологического мониторинга.

Расчеты велись по технологическим картам хозяйства. Неодинаковая величина производственных затрат, связана с различными затратами на биопрепараты, топливо, удобрения, пестициды и другие необходимые ресурсы.

Урожайность – основной показатель, характеризующий уровень развития кормопроизводства и в целом растениеводства. От нее в значительной мере зависят объем валовой и товарной продукции, производительность труда и себестоимость продукции.

Эффективность зернового производства в сложившихся экономических условиях определяется комплексом природно-климатических, научно-технических, технологических и организационно-экономических факторов.

Определение экономической эффективности происходит путем сопоставления полученного результата с использованными для его получения ресурсами или затратами. Результат производства в большинстве случаев зависит от всего объема ресурсов, вовлеченных в производственный процесс, поэтому оценка только по затратам недостаточна.

Средняя цена реализации рассчитывалась по сумме выручки от количества и качества реализованной продукции.

Один из важнейших показателей, при расчете экономической эффективности сельскохозяйственных культур является величина

чистого дохода. Он определяется как разность между стоимостью полученной продукции и затратами на ее получение.

Почва является важнейшим средством сельскохозяйственного производства. Совокупность физико-химических, агрохимических, водно-физических, биологических и остальных свойств почвы выражает (на фоне конкретных экологических условий) уровень ее плодородия.

В современных условиях важно учитывать экономические аспекты интенсификации технологии за счет химических средств. С ростом цен на удобрения, пестициды, средства защиты затраты на производство единицы дополнительной продукции могут быть экономически не оправданы, а бессистемное применение удобрений, средств защиты растений приводит к необоснованному увеличению затрат. В повышении продуктивности и экономической эффективности озимой пшеницы важная роль принадлежит предшественникам. Посевы озимой пшеницы в севооборотах должны размещаться по лучшим предшественникам, а применение удобрений экономически оправданным.

С этой целью была рассчитана эффективность технологий возделывания озимой пшеницы сорта «Юка».

Наши исследования показали, что наибольшая величина чистого дохода при возделывании озимой пшеницы была получена на вариантах с экстенсивной технологией (таблица 38). Это объясняется тем, что в 2013 году были неблагоприятные погодные условия и уборка озимых проходила в период сильных дождей. В результате этого растения озимой пшеницы на вариантах с экологически допустимой и интенсивной технологией на фоне всех обработок почвы, имевшие высокую потенциальную урожайность, и, соответственно, накопленную вегетативную массу подверглись сильному полеганию. Также низкий уровень рентабельности на вышеуказанных технологиях объясняется высокими ценами на удобрения и препараты для защиты растений, следовательно, чем больше вносятся удобрений и средств защиты растений, тем выше производственные затраты и ниже прибыль от реализации зерна и уровень рентабельности.

Таблица 38 – Экономическая эффективность альтернативных технологий возделывания озимой пшеницы в среднем за 2012–2013 г. (в ценах 2013 года)

Показатель	0001	1111	2221	3331	0002 (кон- троль)	1112	2222	3332	0003	1113	2223	3333
Урожайность, т/га	6,1	5,79	6,22	6,21	6,23	6,01	6,43	6,30	6,20	6,00	6,47	6,34
Прибавка урожая к контролю, т/га	-0,13	-0,44	-0,01	-0,02	-	-0,22	0,20	0,07	-0,03	-0,23	0,24	0,11
Средняя цена реализации 1 т зерна, руб.	8700											
Стоимость валовой продукции руб./ га	53070	50373	54114	54027	54201	52287	55941	54810	53940	52200	56289	55158
Производственные затраты, руб./ га	5635	11625	14398	22130	6005	11995	14768	22500	6005	11995	14768	22500
Себестоимость 1 т зерна, руб	923,8	1875,0	2399,7	3420,4	984,4	2071,7	2374,3	3623,2	963,9	1995,8	2296,7	3571,4
Прибыль от реализации 1 т зерна, руб.	7776,2	6825,0	6300,3	5279,6	7715,6	6628,3	6325,7	5076,8	7736,1	6704,2	6403,3	5128,6
Рентабельность, %	138,0	58,7	43,8	23,9	128,5	55,3	42,8	22,6	128,8	55,9	43,4	22,8

Несмотря на вышеизложенное, необходимо отметить, что экологически допустимая технология в комплексе с безотвальной (2221) и зональной (2222) системами обработки почвы способствуют улучшению гумусного состояния чернозема выщелоченного и получению стабильных высоких урожаев озимой пшеницы и чистого дохода.

Очень высокие показатели производственных затрат (22130–22500 руб./га), а также себестоимости продукции (3420,4–3571,4 руб./га) получены при возделывании озимой пшеницы по интенсивной технологии, но уровень рентабельности в данном случае низкий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Длительное использование в течение двух ротаций в одиннадцатипольном полевом севообороте альтернативных технологий возделывания сельскохозяйственных культур по-разному влияет на морфометрические, агрофизические и агрохимические показатели чернозема выщелоченного Азово-Кубанской низменности. Внесение высоких доз органических удобрений способствовало незначительному увеличению мощности гумусового слоя исследуемого чернозема, улучшению его агрофизических и физико-химических свойств. Независимо от агротехнологий, гранулометрический состав чернозема выщелоченного не изменяется и относится к легкой иловато-пылевой глине с содержанием в слое 0–100 см физической глины (менее 0,01 мм) 60,3–63,9 %, подтверждая, что он является наиболее консервативной характеристикой его свойств.

Интенсификация технологий возделывания полевых культур на Азово-Кубанской низменности, направленная на создание высокого уровня плодородия почвы с использованием безотвальной системы обработки почвы, способствовала повышению содержания общего и легкоокисляемого гумуса в черноземе выщелоченном. Максимальное положительное влияние на указанные показатели оказал фактор уровня плодородия (А) почвы. Доля влияния этого фактора в почве под озимой пшеницей составила, соответственно, в слое 0–20 см – 41,5 и 48,2 %, под озимым ячменем – 36,2 и 49,5 %. Такая же закономерность наблюдается и в слое 0–60 см исследуемой почвы. Ограничивающим фактором в увеличении содержания и запасов гумуса в черноземе являлись интенсификация системы основной обработки почвы (фактор Д) и системы защиты растений (фактор С).

Единовременное внесение высоких доз (400 и 600 т/га) органических удобрений (навоза), для создания повышенного (фактор А₂) и высокого (фактор А₃) уровней плодородия, не способствовало повышению содержания общего гумуса в слое 0–20 см чернозема выщелоченного до расчетных показателей (3,3–3,5 % и 3,7–3,9 %). В среднем за вторую ротацию (11 лет) полевого севооборота, содержание гумуса в верхнем слое исследуемой почвы составило, соответственно, 3,20–3,52 % и 3,60–3,64 %. Однако, на исходном уровне плодородия

дия (фактор A_0) содержание общего гумуса в этом слое чернозема оказалось выше запланированного (соответственно, 2,97–3,25 и 2,7–2,8 %) в среднем в 1,1–1,2 раза.

Максимальные запасы гумуса в слое 0–60 см чернозема выщелоченного отмечены под люцерной второго и третьего годов вегетации при использовании интенсивной технологии ее возделывания (3331) и безотвальной системы основной обработки почвы.

Факторы агротехнологий оказывали разное влияние на показатели состава гумуса в слое 0–60 см чернозема выщелоченного: положительное – уровень плодородия (фактор А) на лабильные гумусовые вещества, гуминовые кислоты свободные и связанные cR_2O_3 и фульвокислоты (с долей влияния, соответственно, под озимой пшеницей – 50,6; 40,4 и 18,4 %, под озимым ячменем – 51,2; 41,3 и 16,4 %), отрицательное – система применения удобрений (фактор В) и система обработки почвы (фактор Д) на общее содержание гуминовых кислот и гуминовых кислот связанных с кальцием. Система защиты растений (фактор С) способствовала снижению в слое 0–20 см стабильных компонентов гумуса – гуминовых кислот связанных с кальцием и гуминов.

Улучшение качественного состава гумуса чернозема выщелоченного в агроценозах Азово-Кубанской низменности происходит при применении беспестицидной технологии возделывания полевых культур с использованием безотвальной системы основной обработки почвы (1111) и экологически допустимой технологии возделывания полевых культур с использованием безотвальной (2221) или зональной (2222) систем обработки почвы, способствующие повышению степени гумификации органического вещества. Интенсификация технологий возделывания сельскохозяйственных культур не способствует улучшению качества гумуса, так как значительно снижается содержание гуминовых кислот, связанных с кальцием.

Во второй ротации одиннадцатипольного зернотравяно-пропашного севооборота положительный баланс гумуса в верхнем слое чернозема выщелоченного отмечен только под люцерной трех лет вегетации и кукурузой, независимо от технологии их возделывания. Под озимыми культурами сплошного сева, в зависимости от предшественника, бездефицитный баланс гумуса в исследуемой почве наблюдается только при использовании интенсивных технологий. Отрицательный баланс гумуса в черноземе выщелоченном

установлен при возделывании разными технологиями пропашных технических культур, особенно сахарной свеклы.

В конце второй ротации одиннадцатипольного полевого севооборота все факторы агротехнологий положительно влияли на урожайность озимой пшеницы. Максимальное влияние на этот показатель оказывает система удобрений с долей влияния 70,8 %, затем следуют система защиты растений – 17,0 % и уровень плодородия почвы – 6,2 %. Наименьшее влияние на урожайность озимой пшеницы оказывает система основной обработки почвы с долей влияния 1,7 %.

Учитывая гумусное состояние чернозема выщелоченного и основные показатели биоэнергетической и экономической эффективности агротехнологий, наиболее целесообразно в условиях региона возделывать озимую пшеницу и другие полевые культуры по экологически допустимой (2221 и 2222) или беспестицидной технологиям (1111 и 1112) с использованием безотвальной или рекомендуемой зональной систем основной обработки почвы. Эти агротехнологии способствуют повышению содержания и запасов гумуса, улучшению его качества в черноземе в сравнении с другими технологиями и получению стабильных и высоких урожаев возделываемых сельскохозяйственных культур.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Агроклиматические ресурсы Краснодарского края. – Л: Гидрометеиздат, 1975. – 276 с.
2. Агrometeorологический обзор за 2008–2009 сельскохозяйственный год по Краснодарскому краю. – Краснодар: ГУ «Краснодарский краевой центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды», 2009.
3. Агrometeorологический обзор за 2009–2010 сельскохозяйственный год по Краснодарскому краю. – Краснодар: ГУ «Краснодарский краевой центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды», 2010.
4. Агrometeorологический обзор за 2010–2011 сельскохозяйственный год по Краснодарскому краю. – Краснодар: ГУ «Краснодарский краевой центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды», 2011.
5. Агrometeorологический обзор за 2011–2012 сельскохозяйственный год по Краснодарскому краю. – Краснодар: ГУ «Краснодарский краевой центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды», 2012.
6. Агrometeorологический обзор за 2012–2013 сельскохозяйственный год по Краснодарскому краю. – Краснодар: ГУ «Краснодарский краевой центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды», 2013.
7. Агрохимическая характеристика почв СССР (районы Северного Кавказа) / под ред. А. В. Соколова, Э. И. Шконде. – М.: Наука, 1964. – 366 с.
8. Агроэкологический мониторинг в земледелии Краснодарского края // под ред. И. Т. Трубилина. – Краснодар: Кубанский ГАУ, 1997. – 236 с.
9. Агроэкологический мониторинг в земледелии Краснодарского края // Тр. Кубанский ГАУ. – Краснодар, 2002. – Юбилейный выпуск. – 284 с.
10. Агроэкологический мониторинг в земледелии Краснодарского края // Тр. Кубанский ГАУ. – Краснодар, 2008. – Вып. 431 (459). – 352 с.
11. Агроэкологическое состояние черноземов ЦЧО / Под ред. А. П. Шербакова, И. И. Васенева. – Курск, 1996. – 326 с.

12. Адерихин, П. Г. Гумус южных и обыкновенных черноземов ЦЧО и изменение его в условиях сельскохозяйственного производства / П. Г. Адерихин, Г. А. Шевченко // Труды ВГУ. – 1968. – Вып. 1., Т. 65. – С. 67–80.
13. Акулов, П. Г. Воспроизводство плодородия и продуктивность чернозёмов / П. Г. Акулов. – М.: Колос, 1992. – 223 с.
14. Александрова, Л. Н. Гетерогенность гуминовых кислот и ее происхождение / Л. Н. Александрова, А. В. Назарова // Проблемы почвоведения. – М., 1978. – С.48–52.
15. Александрова, И. В. Органическое вещество почвы и азотное питание растений / И. В. Александрова // Почвоведение. – 1977. – №5. – С. 31–38.
16. Александрова, Л. Н. Органическое вещество почвы и процессы его трансформации / Л. Н. Александрова. – Л.: Наука, 1980. – 287 с.
17. Александрова, И. В. О физиологической активности гумусовых веществ и продуктов метаболизма микроорганизмов / И. В. Александрова // Органическое вещество целинных и освоенных почв. – М., 1972. – С. 30–69.
18. Алексанян, В. А. Содержание гумуса и питательных элементов в пахотных землях / В. А. Алексанян // Изв. аграр. науки. – 2011 – №3. – С. 57–59.
19. Алиев, С. А. Экология и энергетика биохимических процессов превращения органического вещества почв / С. А. Алиев. – Баку, 1978. – 253 с.
20. Алиев, С. А. Азотфиксация и физиологическая активность органического вещества почв / С. А. Алиев. – Новосибирск, 1988. – 144 с.
21. Андреева, И. М. О процессах минерализации гумусовых веществ / И. М. Андреева // Гумус и почвообразование. Зал. ЛСХИ. – 1968. Т. 117. – С. 22–26.
22. Антипов-Каратаев, И. Н. О почвенном агрегате и методах его исследования / И. Н. Антипов-Каратаев, В. В. Келлерман, Д. В. Хан. – М. – Л., 1948. – 84 с.
23. Антыков, А. Я. Почвы Ставрополя и их плодородие / А. Я. Антыков, А. Я. Стомарев. – Ставрополь, 1970. – 413 с.
24. Апетенок, Г. Л. Динамика органического вещества почвы при разных способах ее обработки и фонах удобренности / Г. Л. Апетенок, М. А. Глухих, Т. С. Колганова, Д. Р. Ражева,

В. Н. Ткачев // вестник Челябинского агроинж. университета. – 2006. – №48. – С.12–16.

25. Ачасов, А. Б. Влияние рельефа на гумусированность черноземов / А. Б. Ачасов // Почвоведение. – 2006. – №9. – С.1036–1042.

26. Багаутдинов, Ф. Я. Влияние минеральных удобрений на гумусное состояние чернозема типичного и урожайность культур / Ф. Я. Багаутдинов, М. Ш. Валиев // Повышение плодородия почв в условиях интенсивной системы земледелия. – М., 1986. – С. 41–48.

27. Барановская, А. В. К вопросу изучения процессов гумусообразования в черноземных и каштановых почвах Ставрополя / А. В. Барановская // Сборник науч.-иссл. работ молодых ученых Ставроп. НИИСХа. – Ставрополь, 1968. – Вып. 1. – С. 126–138.

28. Бацула, А. А. Фосфор в гуминовых кислотах фульвокислотах некоторых почв Украины / А. А. Бацула, Г. М. Кривоносова // Агрехимия. – 1973. – №6. – С. 24–26.

29. Безуглова, О. С. Гумусное состояние почв юга России / О. С. Безуглова. – Ростов-на-Дону: изд-во СКНЦ ВШ, 2001. – 228 с.

30. Безуглова, О. С. Качественный состав гумуса черноземов Предкавказья / О.С. Безуглова // Известия СКНЦВШ. Естественные науки. – 1984. – №4. – С. 65–68.

31. Безуглова, О. С. Качественный состав гумуса каштановых почв Ростовской области в связи с их солонцеватостью / О.С. Безуглова // Известия СКНЦВШ. Естеств. науки. – 1987. – №3. – С. 21–25.

32. Безуглова, О. С. Влияние фитомелиорации на гумусное состояние мочаристых почв / О. С. Безуглова, Л. П. Ильина, И. Н. Присяжная // Улучшение и использование малопродуктивных почв. – Новочеркасск, 1991. – С. 80–88.

33. Безуглова, О. С. Влияние биологически активных веществ (БАВ) на гумусное состояние чернозема обыкновенного карбонатного под люцерной / О. С. Безуглова, И. В. Морозов // Проблемы землепользования в условиях реформирования экономики. – Киев, 1993. – Вып. 3. – С. 87–89.

34. Безуглова, О. С. Влияние сельскохозяйственного использования на гумусное состояние каштановых почв Ростовской области / О. С. Безуглова, Л. Р. Юревиц // Экологические аспекты использования и охраны почвенных ресурсов Молдавии. Т. 1. – Кишинев, 1990. – С. 79–80.

35. Беляев А. Б. Трансформация гумусного состояния черноземов целинных при длительном сельскохозяйственном использовании / А. Б. Беляев // Черноземы России: экологическое состояние и почвенные процессы. – Изд-во Воронеж. Ун-та, 2006. – С. 301–305.
36. Бижоев, В. М. Динамика гумуса в черноземе при длительном удобрении и орошении / В. М. Бижоев, Т. П. Лифаненкова, С. Х. Дзангов // Плодородие. – 2006. – №6. – С.32–34.
37. Биоэнергетическая оценка агротехнических приемов и ресурсосберегающих технологий в растениеводстве / И. Т. Трубилин, Н. Г. Малюга и др. – Краснодар, 1995. – 65 с.
38. Бирюкова, О. Н. Период биологической активности почв и его связь с групповым составом гумуса / О. Н. Бирюкова, Д. С. Орлов // Биологические науки. – 1978. – №6. – С. 119.
39. Бурлакова, Л. М. Элементы плодородия черноземов Алтайского Приобья и их оценка в системе господствующего агроценоза: автореф. дис. ... доктора биол. наук. – 1975. – 32 с.
40. Вадковская, Н. Н. Зависимость между свойствами почв и урожайностью зерновых культур (на примере Русской равнины) / Н. Н. Вадковская // Почвоведение. – 1976. – № 4. – С. 63–69.
41. Вальков, В. Ф. Генезис почв Северного Кавказа / В. Ф. Вальков–Ростов-Дон, 1976. – 160 с.
42. Вальков, В. Ф. Дифференциация почвенной массы в генетических горизонтах черноземов / В. Ф. Вальков, В. С. Крыщенко // Почвоведение. – 1981. – №2. – С. 118–125.
43. Вальков, В. Ф. Плодородие почв и сельскохозяйственные растения: экологические аспекты / В. Ф. Вальков, Т. В. Денисова, К. Ш. Казеев, С. И. Колесников, Р. В. Кузнецов. – 2-е изд. – Ростов-на-Дону: Изд-во Южного федерального университета, 2010. – 416 с.
44. Вальков, В. Ф. Почвы Краснодарского края, их использование и охрана / В. Ф. Вальков, Ю. А. Штомпель, И. Т. Трубилин, Н. С. Котляров, Г. Н. Соляник – Ростов-на-Дону: Издательство СКНЦ ВШ, 1996. – 192 с.
45. Вальков, В. Ф. Почвоведение (почвы Северного Кавказа) / В. Ф. Вальков, Ю. А. Штомпель, В. И. Тюльпанов – Краснодар: Сов. Кубань, 2002. – 728 с.
46. Вальков, В. Ф. Очерки о плодородии почв / В. Ф. Вальков, К. Ш. Казеев, С. И. Колесников – Ростов-на-Дону: Издательство СКНЦ ВШ, 2001. – 240 с.

47. Владыческий, А. С. Содержание и распределение гумуса в профиле темно-серых лесных почв под различными насаждениями / А. С. Владыческий, К. А. Щеглов, Д. В. Малахов // Вестник МГУ. Сер.17. – 2007. – №1. – С.22–28.

48. Власенко, В. П. Деградационные процессы в почвах Краснодарского края и методы их регулирования: монография / В. П. Власенко, В. И. Терпелец – Краснодар, 2012. – 204 с.

49. Власенко, В. П. Техногенная деградация почв и методы ее регулирования / В. П. Власенко, А. В. Осипов, В. К. Бугаевский, В. И. Терпелец // Научный журнал Тр. / КубГАУ. – Краснодар, 2012. – Вып. № 6 (39). – С. 69–73.

50. Вылчу, М. К. Динамика органического вещества серой лесной почвы в зависимости от способов основной обработки почвы и факторов биологизации / М. К. Вылчу, Р. З. Набиуллин, М. Р. Ахметзянов // агрохим. вестник. – 2007. – №4. – С.3–4.

51. Гаврилов, А. М. Накопление в почве органического вещества при длительном возделывании многолетних трав / А. М. Гаврилов, И. В. Киричкова // Плодородие. – 2008. – № 2. – С. 37–38.

52. Гаврилюк, Ф. Я. О закономерностях гумусообразования в черноземах Западного Предкавказья / Ф. Я. Гаврилюк // Ученые зап. Т. XIX. Тр. биол.-почв, ф-та Ростов, гос. университета. – Ростов-Дон, 1953. – Вып. 3. – С. 227–231.

53. Гаврилюк, Ф. Я. Черноземы Западного Предкавказья / Ф. Я. Гаврилюк. – Харьков, 1955. – 146 с.

54. Гаврилюк, Ф. Я. Особенности гумусообразования и качественный состав гумуса / Ф. Я. Гаврилюк, О. С. Безуглова // Научные основы рационального использования и повышения производительности почв Северного Кавказа. – Ростов-Дон, 1983. – С. 74–89.

55. Гаврилюк, Ф. Я. Генезис и бонитировка черноземов Нижнего Дона и Северного Кавказа / Ф. Я. Гаврилюк, В. Ф. Вальков, Г. Г. Клименко // Научные основы рационального использования и повышения производительности почв Северного Кавказа. – Ростов-Дон, 1983. – С. 10–73.

56. Ганенко, В. П. Гумус почв Молдавии и его трансформация в процессе сельскохозяйственного использования: автореф. дис. ... канд. биол. наук / В. П. Ганенко – Баку, 1987. – 16 с.

57. Ганжара, Н. Ф. Сезонная и многолетняя динамика содержания органических веществ в дерново-подзолистых почвах

Смоленской области / Н. Ф. Ганжара, В. Г. Хохлов // Известия ТСХА. – 1978. – №6. – С. 95–101.

58. Гасанова, Е. С. Влияние агротехнических приемов на фракционный состав чернозема выщелоченного / Е. С. Гасанова, К. Е. Стекольников, В. В. Котов, Д. В. Ненахов // Агро XXI. – 2010 – №7-9. – С.16–18.

59. Гасанова, Е. С. Ионообменные свойства чернозема выщелоченного / Е. С. Гасанова, В. В. Котов, К. Е. Стекольников // Сорбционные и хроматографические процессы. – 2007. – №4. – С. 581–586.

60. Гасанова, Е. С. Фракционный и групповой состав гумуса чернозема выщелоченного и его трансформация под влиянием агротехнических приемов / Е. С. Гасанова, К. Е. Стекольников // Научный журнал Тр. Воронежского ГАУ. – 2010. – №1. – вып.13. – С. 19–29.

61. Герасько Л. И. Особенности генезиса черноземов северного ареала Западно-Сибирской равнины / Л. И. Герасько, П. С. Юферова, И. В. Крицков // Современное состояние черноземов: материалы Междунар. науч. конф. – Ростов-на-Дону, 2013.–С. 72–75.

62. Герцык, В. В. Сезонная динамика гумуса в мощных черноземах / В. В. Герцык // Труды ЦЧЗ им. Алехина. – Воронеж, 1959. – Вып. 5. – С. 37–49.

63. Гончарова, Л. Ю. Сезонная динамика содержания гумуса и ферментативной активности чернозема обыкновенного карбонатного / Л. Ю. Гончарова, О. С. Безуглова, В. Ф. Вальков // Почвоведение. – 1990. – №10. – С. 86–93.

64. Горбунов, Н. И. Связь минеральной части почв с гумусовыми веществами / Н. И. Горбунов, Г. Л. Ерохина, Г. Н. Щурина // Почвоведение. – 1971. – №7. – С. 46–51.

65. Горовая, А. И. Гуминовые вещества / А. И. Горовая, Д. С. Орлов, О. В. Щербенко. – Киев: Наукова Думка, 1995. – 303 с.

66. Горовая, А. И. Роль физиологически активных гуминовых веществ в адаптации растений к действию ионизирующей радиации и пестицидов / А. И. Горовая // Гуминовые вещества в биосфере. – М., 1993. – С. 144–150.

67. Горшкова, Е. И. Изменение содержания гумуса и азота в лугово-черноземных почвах дельты Кубани под влиянием культуры

риса / Е. И. Горшкова, Э. А. Корнблум // Почвоведение. – 1970. – №9. – С. 87–93.

68. ГОСТ 26213-91 Почвы. Методы определения органического вещества. – Введ. 01.07.1993. – М.: Комитет стандартизации и метрологии СССР, 1991. – 8 с.

69. ГОСТ 27821-88 Определение суммы поглощенных оснований по методу Каппена. – Введ. 01.01.1990. – М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1988 – 5 с.

70. ГОСТ Р 52554-2006 Пшеница. Технические условия. – Введ. 01.06.2006. – М.: Стандартиформ, 2006 – 16 с.

71. Грати, В. П. Содержание и состав гумуса отдельных механических фракций в почвах Молдавии / В. П. Грати, З. А. Синкевич, Ф. И. Клещ // Почвоведение. – 1965. – №10. – С. 72–81.

72. Гринченко, А. М. Трансформация гумуса при сельскохозяйственном использовании почв / А. М. Гринченко, В. Д. Муха, Г. Я. Чесняк // Вестник сельскохозяйственной науки. – 1979. – №1. – С. 37–40.

73. Гришина, Л. А. Гумусообразование и гумусное состояние почв / Л. А. Гришина. – М., 1986. – 243 с.

74. Громовик, А. И. Многолетняя динамика содержания гумуса в черноземе выщелоченном в условиях длительного применения удобрений / А. И. Громовик // Вестн. ВГУ, Сер. Химия, Биол. Фармация. – 2012. – №1. – С. 71–76.

75. Громовик, А. И. Трансформация и динамика активных компонентов в составе гумуса черноземов выщелоченных при разных антропогенных нагрузках / А. И. Громовик // Докл. Рос.акад. с.-х. наук. – 2012. – №1. – С. 30–33.

76. Громовик, А. И. Трансформация гумусного состояния чернозема выщелоченного при длительном применении удобрений в зерносвекловичном севообороте.: автореф. дис. ... на соиск. уч. степ. канд. биол. наук / Громовик А. И. – Воронеж: Воронеж. гос. ун-т, 2009. – 25 с.

77. Гукалов, В. Н. Динамика органического вещества в почвах агроландшафта (на примере ОАО «Заветы Ильича» Ленинградского района) / В. Н. Гукалов, О. А. Мельник // Труды КубГАУ. – 2007. – №2 (6). – С.77–86.

78. Давлетова, З. А. Гумусное состояние почв восточной части дельты Волги / З. А. Давлетова, А. А. Мухин // Актуальные про-

блемы современных аграрных технологий: материалы Российской научной конференции студентов и молодых ученых с международным участием. – Астрахань, 2006. – С. 6–8.

79. Дегтярев, В. В. Влияние сельскохозяйственного использования черноземов "Михайловской целины" на количественное и качественное изменение гумуса / В. В. Дегтярев, Л. Г. Шеремет // Сб. науч. тр. Харьков. СХИ. – 1985. – С. 94–98.

80. Демкина, Т. С. Определение скорости минерализации гумусовых веществ в почве / Т. С. Демкина, Б. Н. Золотарева // Почвоведение. – 1997. – № 10. – С. 1217–1221.

81. Дергачева, М. И. Органическое вещество почв: статика и динамика (на примере Западной Сибири) / М. И. Дергачева. – Новосибирск, 1984. – 152 с.

82. Державин, Л. М. Научно-методическое обеспечение комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения / Л. М. Державин // Плодородие. – 2010. – № 6. – С. 6–9.

83. Дмитриев, Е. А. Математическая статистика в почвоведении. – М.: Изд-во МГУ, 1972. – 291 с.

84. Донских, И. Н. Состав и свойства гуминовых кислот выщелоченного чернозема при длительном применении разных систем удобрения в центрально-черноземном регионе / И. Н. Донских, Раед Авад, Н. Г. Мязин, К. Е. Стекольников // Плодородие. – 2011. – № 4. – С. 30–32.

85. Донских, И. Н. Элементный состав гуминовых кислот выщелоченного чернозема при длительном применении разных систем удобрения в условиях Центрального Черноземного района РФ / И. Н. Донских, РаедАвад, К. Е. Стекольников, Н. Г. Мязин // Изв. С.-Петербург. аграр. ун-та. – 2010. – №18. – С. 48–52.

86. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

87. Дьяконова, К. В. Блок «органическое вещество» в моделях почвенного плодородия / К. В. Дьяконова // Расширенное воспроизводство плодородия почв в интенсивном земледелии. – М, 1988. – С. 80–86.

88. Егоров, В. В. Органическое вещество почвы и её плодородие / В. В. Егоров // Вестник с.-х. науки. – 1978. – №5. – С. 5–21.

89. Ефремов, Е. Н. Совершенствование мониторинга почв земель сельскохозяйственного назначения и учет состояния их плодородия / Е. Н. Ефремов // Плодородие. – 2011. – №3 (60). – С. 42–44.

90. Живчиков, В. Г. Изменение гумусового состояния черноземов выщелоченных Западного Предкавказья при различных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Живчиков В. Г. – Краснодар: КубГАУ, 2001. – 25 с.

91. Жуков, А. И. Регулирование баланса гумуса в почве / А. И. Жуков, П. Д. Попов. – М.: Росагропромиздат, 1988. – 40 с.

92. Захаров, Б. Е. Изменение плодородия почвы во времени. Технология возделывания зерновых культур в Краснодарском крае / Б. Е. Захаров, Л. П. Леплявченко // Сб. научн. тр. Краснодар. НИИСХ. – 1980. – Вып. 22. – С. 43–50.

93. Звягинцев, Д. Г. Биология почв: учебник / Д. Г. Звягинцев, И. П. Бабьева, Г. М. Зенова. – 3-е изд., испр. и доп. – М.: Изд-во МГУ, 2005. – 445 с.

94. Зенова, М. Г. Практикум по биологии почв: учеб. пособие / М. Г. Зенова, А. Л. Степанов, А. А. Лихачёва, Н. А. Манучарова. – М.: Изд-во МГУ, 2002. – 120 с.

95. Зеленин, А. И. Баланс гумуса в севооборотах с бобовыми травами при разных системах обработки почвы / А. И. Зеленин // Земледелие. – 2008. – №4. – С. 26–27.

96. Ильинова, М. И. Изменение содержания органического вещества в чернозёмах Ставропольского плато при сельскохозяйственном использовании / М. И. Ильинова, В. И. Фаизова, Д. В. Калугин, Н. В. Седых // Тезисы докл. Всезда Всероссийского общества почвоведов им. В. В. Докучаева. – Ростов-на-Дону, 2008. – С. 282.

97. Ильинова, М. И. Содержание микроэлементов в чернозёмах при их сельскохозяйственном использовании / М. И. Ильинова, В. С. Цхоробов, В. И. Фаизова // Плодородие. – 2008. – №5 (44). – С. 11–13.

98. Казеев, К. Ш. Биология почв Юга России / К. Ш. Казеев, С. И. Колесников, В. Ф. Вальков – Ростов-на-Дону: Изд-во ЦВВР, 2004. – 350 с.

99. Картамышев, Н. И. Роль обработки культурных растений и почвенной фауны в гумусообразовании / Н. И. Картамышев,

В. А. Шумаков, А. В. Зеленин, В. Ю. Тимонов // Вестн. Курск.с.-х. акад. – 2008 – №1. – С. 8–15.

100. Кащенко, А. С. Закрепление азота минерального удобрения и растительной массы в гумусовых веществах дерново-подзолистой супесчаной почвы / А. С. Кащенко, А. С. Федорова // Экологич. последствия применения агрохимикатов (удобрения). – Пущино, 1982. – С. 126–127.

101. Кислицына, А. П. Гумусное состояние почв кормовых севооборотов / А. П. Кислицына, А. Г. Иванова // Актуальные проблемы регионального экологического мониторинга: научный и образовательный аспекты: материалы Всероссийской научной школы. – Киров, 2006 – С.183–184.

102. Кирюшин, В. И. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий. Методическое руководство / В. И. Кирюшин, А. Л. Иванов – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2005. – 784 с.

103. Классификация и диагностика почв СССР. – М.: Колос, 1977. – 233 с.

104. Классификация и диагностика почв России. – Смоленск: Ойкумена, 2004. – 343 с.

105. Ковда, В. А. Почвенный покров, его улучшение, использование и охрана / В. А. Ковда. – М.: Наука, 1981. – 184 с.

106. Когут, Б. М. Влияние длительного использования черноземов на органическое вещество его фракций / Б. М. Когут, Н. П. Масютенко, О. В. Киселева, Э. Шульц // Земледелие. – 2007. – №2. – С. 11–12.

107. Когут, Б. М. Сезонная динамика гумуса и его лабильных форм при сельскохозяйственном использовании черноземов / Б. М. Когут, В. П. Яковченко // Вестник МГУ. Сер.почвовед. – 1987. – №4. – С. 14–19.

108. Коковина, Т. П. Черноземы как элемент агроэкосистемы и некоторые вопросы их плодородия / Т. П. Коковина, И. И. Лебедева // Рациональное воспроизводство плодородия почв в интенсивном земледелии. – М., 1988. – С. 45–51.

109. Коляда, Л. П. Использование космической съемки при исследовании черноземных почв / Л. П. Коляда // Современное состояние черноземов: материалы Междунар. науч. конф. – Ростов-на-Дону, 2013. – С. 150–151.

110. Кононова, М. М. Проблема почвенного гумуса и современные задачи его изучения / М. М. Кононова. – М., 1951. – 392 с.
111. Кононова, М. М. Органическое вещество почв, его природа, свойства и методы изучения / М. М. Кононова. – М.: Издательство Академии наук СССР, 1963. – 315 с.
112. Кононова, М. М. Процессы превращения органического вещества их связь с плодородием почвы / М. М. Кононова // Почвоведение. – 1968. – №8. – С. 17–22.
113. Кононова, М. М. Ускоренные методы определения состава гумуса минеральных почв / М. М. Кононова, Н. П. Бельчикова // Почвоведение. – 1961. – С. 75–81.
114. Копейкин, Ю. В. Гумус в почвах Ставрополя / Ю. В. Копейкин, М. Т. Куприченков, Н. С. Пищугина // Почвоведение. – 1973. – №8. – С. 40–47.
115. Коробской, Н. Ф. Изменение органического вещества почв Западного Предкавказья при землепользовании / Н. Ф. Коробской, И. Б. Морозова // Докл. Рос. акад. с.-х. наук. – 1995. – № 6. – С. 20–22.
116. Коробской, Н. Ф. Агроэкологические проблемы повышения плодородия черноземов Западного Предкавказья / Н. Ф. Коробской. – Пушкино: ОНТИ ПНЦРАН, 1995. – 211 с.
117. Коробской, Н. Ф. Чернозёмы Западного Предкавказья. Экологические проблемы и пути их решения / Н. Ф. Коробской. – Краснодар: Издательство КубГАУ, 2002 – 509 с.
118. Королев, В. А. Изменение основных показателей плодородия выщелоченных черноземов под влиянием удобрений / В. А. Королев, Л. Д. Стахурлова // Почвоведение. – 2004. – № 5. – С. 604–611.
119. Кравченко, Р. В. Растительные остатки и плодородие почв / Р. В. Кравченко, М. Т. Куприченков // Научный журнал Тр. / КубГАУ. – Краснодар, 2012. – Вып. № 79 (05). – С. 77–82.
120. Круглов, Ю. В. Микрофлора почвы и пестициды / Ю. В. Круглов. – М.: Агропромиздат, 1991. – 128 с.
121. Крыщенко, В. С. О взаимосвязи минерального и органического вещества в черноземах Ростовской области / В. С. Крыщенко, О. С. Безуглова // Научн. основы рацион. использ. и повыш. плодородия почв. – Ростов-Дон, 1978 – С. 38–41.
122. Крыщенко, В. С. Матричные черты гумус – гранулометрических отношений в полидисперсной системе почв / В. С. Крыщенко, Т. В. Рыбьянец, О. А. Бирюкова // Известия высших учебных за-

ведений. Северо-Кавказский регион, Естеств. Науки. – 2003. – № 4. – С. 102–110

123. Кулаковская, Т. Н. Почвенно-агрохимические основы получения высоких урожаев / Т. Н. Кулаковская. – Минск, 1978. – 129 с.

124. Куликова, А. Х. Влияние систем основной обработки почвы на содержание и качественный состав гумуса чернозема выщелоченного / А. Х. Куликова, Н. Г. Захаров // Плодородие. – 2010. – №5. – С. 19–20.

125. Куприченков, М. Т. Земельные ресурсы Ставрополя и их плодородие / М. Т. Куприченков, Т. И. Антонова, Я. Ф. Симберев, А. С. Циганков // Ставрополь: Ставропольский НИИ Сельского хозяйства, 2002. – 311 с.

126. Курбатов, И. М. Современные представления о природе гумуса и его роль в жизни почв и растений / И. М. Курбатов // Сб. научн. тр. Белорус. с.-х. акад. – Минск, 1968. – Т. 57. – С. 17–24.

127. Лапа, В. В. Влияние органо-минеральной системы удобрения на продуктивность севооборота и баланса гумуса в дерново-подзолистых почвах / В. В. Лапа, В. Н. Босак, Г. В. Пироговская // Агрохимия. – 2009. – №2. – С. 40–44.

128. Ларионова, А. А. Динамика органического вещества в экосистемах при восстановлении многолетней растительности / А. А. Ларионова, А. М. Ермолаев, И. Н. Курганова // Агроэкологическое состояние и перспективы использования земель России, вышедших из активного сельскохозяйственного оборота: материалы Всероссийской научной конференции – Москва, 13-14 мая, 2008. – С. 329–330.

129. Лебедева, И. Н. Изменение группового состава гумуса черноземов Западной Сибири в процессе их сельскохозяйственного использования / И. Н. Лебедева // Управление плодородием почв в интенсивных системах земледелия. – Новосибирск, 1988. – С.4–9.

130. Лисецкий, Ф. Н. Особенности трансформации растительного вещества степных экосистем / Ф. Н. Лисецкий // Фундам. исслед. – 2012. – №3. – С. 245–249.

131. Лозановская, И. Н. Теория и практика использования органических удобрений / И. Н. Лозановская, Д. С. Орлов, П. Д. Попов – М., 1987. – 95 с.

132. Локтионова О. А. Гумусное состояние горно-лесных бурых почв Кавказского заповедника. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Ростов-на-Дону, 2002. – 21 с.
133. Лукьянчикова, З. И. Содержание и состав гумуса в почвах при интенсивном земледелии / З. И. Лукьянчикова // Почвоведение. – 1980. – №6. – С. 78–39.
134. Лыков, А. М. Гумус и плодородие почвы / А. М. Лыков. – М., 1985. – 192 с.
135. Лыков, А. М. Воспроизводство плодородия в Нечерноземной зоне / А. М. Лыков. – М.: Россельхозиздат, 1982. – 141 с.
136. Любченко, А. Ю. Влияние различных технологий на продуктивность сахарной свёклы на выщелоченном чернозёме Западного Предкавказья / А. Ю. Любченко // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: материалы 3-ей Всерос. конф. мол. ученых / КубГАУ. – Краснодар, 2009. – С. 47–49.
137. Малюга, Н. Г. Влияние культур севооборота и агротехнологий на содержание и баланс гумуса в черноземе выщелоченном равнинного агроландшафта / Н. Г. Малюга, В. И. Терпелец, Л. Х. Аветянц, А. В. Бузоверов, А. В. Загорулько, А. П. Пинчук, А. В. Югов, Л. Г. Горьковенко // Агроэкологический мониторинг в земледелии Краснодарского края: сборник. – 2008. – С. 44–48.
138. Марданлы, А. Г. Изменение качественных и количественных параметров гумуса на эродированных почвах под влиянием минеральных удобрений / А. Г. Марданлы, Б. К. Шакури // Агро XXI. – 2007. – №1-3. – С.46–48.
139. Марченко, З. С. Черноземы мочаковатые предгорий Кубани и их агроэкологическая оценка / З. С. Марченко // Почвенно-экологические проблемы земельного фонда Краснодарского края. – Краснодар: КГАУ, 1999. – С. 38–51.
140. Масютенко, Н. П. Трансформация органического вещества в черноземных почвах ЦЧР и системы его воспроизводства / Н. П. Масютенко – М. Россельхозакадемия, 2012. – 151 с.
141. Методические рекомендации по расчету баланса гумуса и потребности в органических удобрениях. – Краснодар. – 1989. – 24 с.
142. Методическое руководство по проектированию применения удобрений в технологиях адаптивно-ландшафтного земледелия / под ред. А. Л. Иванова, И. М. Державина. – М.: Минсельхоз РФ, РАСХН, 2008. – 392 с.

143. Методические указания по определению содержания и состава гумуса в почвах (минеральных и торфяных). – ВАСХНИЛ, 1975. – 105 с.
144. Методические указания по определению экономической эффективности использования научных разработок в земледелии. – Краснодар, 1986 – 61 с.
145. Методические рекомендации по лабораторным исследованиям почв в гипроземах. – Мытищи, 1986. – 290 с.
146. Минакова, О. А. Гумусное состояние чернозема выщелоченного в условиях длительного применения удобрений в зерно-пропашном севообороте ЦЧП / О. А. Минакова, А. М. Громовик // Плодородие. – 2009. – № 3. – С. 20–22.
147. Минакова, О. А. Трансформация гумусового состояния чернозема при длительном применении удобрений / О. А. Минакова, А. М. Громовик // Сахарная свекла. – 2008. – № 9. – С.19–20.
148. Минеев, В. Г. Агрохимия, биология и экология почвы / В. Г. Минеев, Е. Х. Ремпе. – М.: Росагропромиздат, 1990. – 20 с.
149. Муха, В. Д. Агрочвоведение / В. Д. Муха, Н. И. Картамышев, Д. В. Муха. – М.: КолосС, 2004. – 528с.
150. Небольсин, А. Н. Агрономическая роль гумуса в земледелии / А. Н. Небольсин // Современные проблемы и перспективы известкования кислых почв: материалы научной конференции, посвященной 75-летию со дня рождения доктора с.-х. наук, профессора А. Н. Небольсина – Санкт-Петербург, 22 апр., 2010. – С. 8–19.
151. Носко, Б. С. Гумусовое состояние почв Украины и пути его регулирования / Б. С. Носко, А. А. Бацула, Г. Я. Чесняк // Почвоведение. – 1992. – №10. – С. 33–39.
152. Носко, Б. С. Изменение гумусного состояния чернозема типичного под влиянием удобрений / Б. С. Носко// Почвоведение. – 1987. – №5. – С. 26–32.
153. Орлов, Д. С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации / Д. С. Орлов. – М., 1990. – 325 с.
154. Орлов, Д. С. Органическое вещество почв Российской Федерации / Д. С. Орлов, О. Н. Бирюкова, Н. И. Суханова. – М.: Наука, 1996. – 254 с.
155. Орлов, Д. С. Химия почв / Д. С. Орлов. – М., 1985. – 376 с.
156. Парахневич, Т. М. Изменение почвенно-агрохимических показателей плодородия чернозема выщелоченного и пути их регулирования в парозернопропашном севообороте: Автореф. дис.

...канд. сельскох. наук / Т. М. Парахневич. – Каменная степь, 1999. – 23 с.

157. Пинчук, А. П. Баланс гумуса в черноземе выщелоченном в системе агроэкологического мониторинга / А. П. Пинчук, Л. Х. Аветянц // Энтузиасты аграрной науки. – Краснодар: КубГАУ, 2009. – № 9. – С. 200–203.

158. Пономарёва, В. В. Гумус и почвообразование (методы и результаты изучения) / В. В. Пономарева, Т. А. Плотникова. – Л.: Наука, 1980. – 186 с.

159. Попов, Д. А. Гумусное состояние почв различных природных зон России / Д. А. Попов // Актуальные проблемы современных аграрных технологий: материалы Российской научной конференции студентов и молодых ученых с международным участием. – Астрахань, 2006. – С. 29–30.

160. Попова, Т. В. Гумусное состояние черноземов при орошении / Т. В. Попова // Орошаемые черноземы. – М., 1989. – С. 137–144.

161. Постников, А. В. Применение органических удобрений и баланс гумуса в земледелии РСФСР / А. В. Постников, Э. Н. Садовская // Проблема гумуса в земледелии и использование органических удобрений. – Владимир, 1987. – С. 14–15.

162. Практикум по агрохимии / под ред. Л. А. Ягодина. – М.: Агропромиздат, 1987. – 512 с.

163. Практикум по почвоведению / под ред. И. С. Кауричева. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1986. – 336 с.

164. Пруцков, Ф. М. Озимая пшеница / Ф. М. Пруцков. – М.: Колос, 1976. – 352 с.

165. Пузаченко, Ю. Г. Оценка запасов органического вещества в почвах мира: методика и результаты / Ю. Г. Пузаченко, Д. И. Козлов, Е. В. Слунова, А. Г. Санковский // Почвоведение. – 2006. – №12. – С. 1427–1440.

166. Разработать теоретические основы и приемы сохранения и воспроизводства почвенного плодородия, альтернативные технологии возделывания основных полевых культур; создать модели сбалансированной биологизированной системы земледелия для различных агроландшафтов Краснодарского края (№ госрегистрации 01.2.006 06 825): отчет о НИР / Терпелец В. И., Слюсарев В. Н., Бузоверов А. В., Осипов А. В., Швец Т. В., Мышко М. Н. и др. – Краснодар: КубГАУ, 2003-2004. – 55 с.

167. Разработать теоретические основы и приемы сохранения и воспроизводства почвенного плодородия, альтернативные технологии возделывания основных полевых культур; создать модели сбалансированной биологизированной системы земледелия для различных агроландшафтов Краснодарского края (№ госрегистрации 01.2.006 06 825): отчет о НИР / Терпелец В. И., Слюсарев В. Н., Бузоверов А. В., Осипов А. В., Швец Т. В., Мышко М. Н. и др. – Краснодар: КубГАУ, 2005. – 63 с.

168. Разработать теоретические основы и приемы сохранения и воспроизводства почвенного плодородия, альтернативные технологии возделывания основных полевых культур; создать модели сбалансированной биологизированной системы земледелия для различных агроландшафтов Краснодарского края (№ госрегистрации 01.2.006 06 825): отчет о НИР / Терпелец В. И., Слюсарев В. Н., Бузоверов А. В., Осипов А. В., Швец Т. В., Мышко М. Н. и др. – Краснодар: КубГАУ, 2006. – 44 с.

169. Разработать теоретические основы и приемы сохранения и воспроизводства почвенного плодородия, альтернативные технологии возделывания основных полевых культур; создать модели сбалансированной биологизированной системы земледелия для различных агроландшафтов Краснодарского края (№ госрегистрации 01.2.006 06 825): отчет о НИР / Терпелец В. И., Слюсарев В. Н., Бузоверов А. В., Осипов А. В., Швец Т. В., Мышко М. Н. и др. – Краснодар: КубГАУ, 2007. – 21 с.

170. Разработать теоретические основы и приемы сохранения и воспроизводства почвенного плодородия, альтернативные технологии возделывания основных полевых культур; создать модели сбалансированной биологизированной системы земледелия для различных агроландшафтов Краснодарского края (№ госрегистрации 01.2.006 06 825): отчет о НИР / Терпелец В. И., Слюсарев В. Н., Бузоверов А. В., Осипов А. В., Швец Т. В. и др. – Краснодар: КубГАУ, 2008. – 51 с.

171. Редькин, Н. Е. Черноземы Краснодарского края и их плодородие: автореф. дис. ... доктора с.-х. наук. / Редькин Н. Е. – Краснодар, 1969. – 61 с.

172. Редькин, Н. Е. Влияние культуры земледелия на содержание гумуса и биологическую активность черноземов Кубани / Н. Е. Редькин, В. И. Сидоренко // Труды Куб. СХИ. – Краснодар, 1978. – Вып. 164(192). – С. 57–67.

173. Редькин, Н. Е. Содержание и состав гумуса черноземов Кубани / Н. Е. Редькин, В. И. Сидоренко // Труды Куб. СХИ. – Краснодар, 1977. – Вып. 144(172). – С. 4–15.

174. Редькин, Н. Е. Плодородие и биологическая активность верхних слоев черноземов Кубани / Н. Е. Редькин, В. И. Терпелец // Труды Куб.СХИ. – Краснодар, 1978. – Вып. 164(192). – С. 3–12.

175. Редькина, Н. В. Содержание и запасы органического вещества в пахотных черноземных почвах / Н. В. Редькина, Н. В. Полякова, Е. Н. Володина // Нижегородская гос. с.-х. академия. Агропроизводственные особенности почв Нижегородской области приемы их эффективного использования статистико-стохастического моделирования технологических процессов в сельском хозяйстве: сборник статей. – Нижний Новгород, 2006. – С. 103–107.

176. Рекомендации для исследования баланса и трансформации органического вещества при сельскохозяйственном использовании и интенсивном окультуривании почв / Почв. институт им. В. В. Докучаева. – М., 1984. – 96 с.

177. Розанов, Б. Г. Морфология почв / Б. Г. Розанов. – М., 1983. – 320 с.

178. Романенко, А. А. Научные основы повышения плодородия почв и продуктивности сельскохозяйственных культур на Кубани: монография / А. А. Романенко, М. Х. Ширинян, В. М. Кильдюшкин, А. Г. Солдатенко, Н. Г. Романов – Краснодар: Изд-во «ЭДВИ», 2010. – 167 с.

179. Руденская, К. В. Характеристика гумуса основных почв Ростовской области: автореф. дис. ... канд. биол. наук. / К. В. Руденская – Ростов-Дон, 1968. – 26 с.

180. Русанов, А. М. Гумусообразование и гумус лесостепных и степных чернозёмов Южного Предуралья / А. М. Русанов, Л. В. Анилова // Почвоведение. – 2009. – №10. – С. 1184–1191.

181. Рыжова, И. М. Проблемы и перспективы моделирования динамики органического вещества почв: Докл. [Международный симпозиум «Динамика органического вещества почвы в длительных полевых опытах и ее моделирование», Курск 15-17 сент. 2010]/ И. М. Рыжова // Агрохимия. – 2011. – №12. – С. 71–80.

182. Самойлова, Е. М. Географические закономерности изменения гумусного состояния степных почв при орошении / Е. М. Са-

мойлова, Г. Г. Омелянюк // Биологические науки. – 1992. – №10. – С. 70–80.

183. Сборник отраслевых стандартов ОСТ 10294–2002 – ОСТ 10297-2002. Показатели состояния плодородия почв по основным природно-сельскохозяйственным зонам Российской Федерации. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2002. – 160 с.

184. Седых, В.А. Экономически и экологически обоснованные модели плодородия почв / В. А. Седых, К. В. Савич, Е. В. Быкова, Хуссейн Халед Ахмед // Плодородие. – 2011. – №3 (60).– С. 35–37.

185. Семёнов, В. М. Минерализация органического вещества в разных по размеру агрегатных фракциях почвы / В. М. Семёнов, Л. А. Иванникова, Н. А. Семенова, А. К. Ходжаева, С. Н. Удальцов// Почвоведение. – 2010. – №2. – С. 157–165.

186. Семенов, В. М. Стабилизация органического вещества в почве / В. М. Семенов, Л. А. Иванникова, А. С. Тулина // Агрохимия. – 2009. – № 10. – С.77–96

187. Сидоренко, В. И. Влияние удобрений и обработки почвы на свойства выщелоченного чернозёма Кубани. Урожай озимой пшеницы и его качество при орошении / В. И. Сидоренко, А. И. Столяров, В. П. Суетов // Тр. / КубГАУ, 1994. – Вып. 339 (367). – С. 56–68

188. Сидоренко, В. И. Повышение плодородия черноземов Кубани в условиях севооборота и урожай возделываемых культур: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / В. И. Сидоренко. – Краснодар: Куб. СХИ, 1984. – 23 с.

189. Сиухина, М. С. Влияние сельскохозяйственного использования на гумусовое состояние чернозема выщелоченного Новосибирского Приобья / М. С. Сиухина, С. Л. Быкова // научное обеспечение развития АПК в условиях реформирования: Материалы научной конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов СПбГАУ. – Санкт-Петербург-Пушкин, 29-30 янв, 2009. – С. 139–142.

190. Сиухина, М. С. Изменение свойств чернозема выщелоченного при различной антропогенной нагрузке / М. С. Сиухина, С. Л. Быкова // Сиб. вестн. с.-х. науки. – 2010. – №8. – С. 12–17.

191. Слюсарев, В. Н. Сравнительная характеристика физико-химических свойств чернозёма выщелоченного Западного Предкавказья в системе агроэкологического мониторинга / В. Н. Слюсарев, А. В. Осипов, Н. Б. Каркус // Тр. / КубГАУ. – 2011. – № 4 (31) – С. 168–171.

192. Стахурлова, Л. Д. Содержание и состав гумуса черноземов выщелоченных в опыте с удобрениями / Л. Д. Стахурлова, Д. И. Щеглов, А. И. Громовик, О. А. Минакова, М. П. Комарова // Вестн. ВГУ, Сер. Химия, Биол. Фармация. – 2009. – №2. – С. 145–151.

193. Сухановский, Ю. П. Долгосрочное прогнозирование изменения запасов гумуса в почве / Ю. П. Сухановский, Н. П. Масютенко, С. И. Санжарова, А. В. Прущик // Земледелие. – 2010. – №4. – С. 22–25.

194. Сычев, В. Г. Влияние длительного применения удобрений на органическое вещество почв / В. Г. Сычев – М.: ВНИИА, 2010. – 352 с.

195. Тейт, Р. Органическое вещество почвы / Р. Тейт; пер. с англ. – М.: Мир. – 1991. – 400 с.

196. Теория и практика химического анализа / под ред. Л. А. Воробьевой. – М.: ГЕОС, 2006. – 400 с.

197. Терпелец, В. И. Динамика агрофизических свойств почв низменно-западных агроландшафтов Кубани под влиянием обработок и систем удобрений / В. И. Терпелец, В. П. Власенко, Ю. С. Плитинь, Ю. И. Шенец // Энтузиасты аграрной науки. – Краснодар: КубГАУ, 2012. – Вып. № 14. – С. 179–181.

198. Терпелец, В. И. Оценка современного состояния чернозёмов выщелоченных в условиях агроэкологического мониторинга / В. И. Терпелец, В. Г. Живчиков // Тр. / КубГАУ. – 1999. – Вып. № 373 (401). – С.66–80.

199. Терпелец, В. И. Структура почвенного покрова агроэкологического мониторинга Азово-Кубанской низменности / В. И. Терпелец, Е. Е. Прочухан // Энтузиасты аграрной науки. – Краснодар: КубГАУ, 2009. – Вып. № 9. – С. 229–231.

200. Терпелец, В. И. Современное состояние почв равнинного и низменно-западного агроландшафтов в агроэкологическом мониторинге Западного Предкавказья / В. И. Терпелец, Е. Е. Прочухан, Ю. С. Плитинь // Энтузиасты аграрной науки. – Краснодар: КГАУ, 2010. – Вып. № 12. – С. 66–68.

201. Терпелец, В. И. Мониторинг баланса гумуса в черноземе выщелоченном Западного Предкавказья при возделывании полевых культур альтернативными технологиями / В. И. Терпелец, Ю. С. Плитинь, Е. Е. Баракина, Т. В. Швец // Современное состоя-

ние чернозёмов: материалы Междунар. науч. конф. – Ростов-на-Дону, 24-26 сентября, 2013. – С. 307–308.

202. Терпелец, В. И. Мониторинг гумусного состояния чернозема выщелоченного в агроценозах Западного Предкавказья / В. И. Терпелец, Ю. С. Плитинь, Е. Е. Баракина // Научно-обоснованные системы земледелия: теория и практика: материалы Международ. научно-практ. конф. – Ставрополь, 2013. – С. 215–217

203. Терпелец, В. И. Изменение гумусового состояния чернозема выщелоченного Азово-Кубанской низменности при возделывании полевых культур альтернативными технологиями [Электронный ресурс] / В. И. Терпелец, Ю. С. Плитинь, Е. Е. Баракина // Электронный научный журнал КубГАУ. – 2013. – № 93(09) – С. 831–846. Режим доступа: – <http://ej.kubagro.ru>

204. Терпелец, В. И. Изменение свойств и воспроизводство плодородия чернозема выщелоченного в агроценозах Западного Предкавказья / В. И. Терпелец, В. Н. Слюсарев, В. П. Власенко, Ю. С. Плитинь, Е. Е. Баракина, О. В. Жердева // Научный журнал Тр. / Куб ГАУ. – Краснодар, 2013. – Вып. № 6 (45). – С. 146–151.

205. Технический отчет о почвенном обследовании опытного поля Кубанского Государственного Аграрного Университета города Краснодара Краснодарского края. – Краснодар: КубаньНИИги-прозем, 1991. – 26 с.

206. Территориальный орган федеральной службы государственной статистики по Краснодарскому краю [Электронный ресурс]– URL: [http:// www.krsdstat.ru](http://www.krsdstat.ru)

207. Тишков, Н. М. Плодородие выщелоченного чернозема Западного Предкавказья и продуктивность зернопропашного севооборота с масличными культурами при длительном применении удобрений: автореф. дис. ... доктора с.-х. наук / Н. М. Тишков. – Краснодар, 2005. – 48 с.

208. Тонконоженко, Е. В. Микроэлементы в почвах Кубани и применение удобрений / Е. В. Тонконоженко. – Краснодар: Кн. Изд-во, 1973. – 110 с.

209. Трубилин, А. И. Нормативно-правовые основы управления плодородием почв: учебное пособие / А. И. Трубилин, А. Х. Шеуджен, Л. М. Онищенко. – 2-е изд. перераб. и доп. – Краснодар: КубГАУ, 2013. – 581 с.

210. Трубилин, И. Т. Научные основы биологизированной системы земледелия в Краснодарском крае / И. Т. Трубилин, Н. Г. Малюга, В. П. Василько. – Краснодар, 2006. – 432 с.

211. Тулина, А. С. Влияние влажности на стабильность органического вещества почв и растительных остатков / А. С. Тулина, В. М. Семенов, Л. Н. Розанова, Т. В. Кузнецова, Н. А. Семенова // Почвоведение. – 2009. – №11. – С. 1333–1340.

212. Тюрин, И. В. Органическое вещество почв и его роль в плодородии / И. В. Тюрин. – М., 1965. – 319 с.

213. Усманов, Р. З. Накопление органической массы агроценозом в почвах Терско-Кумской низменности при естественных и антропогенных условиях / Р. З. Усманов, С. В. Осипова // Юг России: экол. развитие. – 2009 – №3. – С. 97–100.

214. Федотов, Г. Н. Органо-минеральные образования в почвах и пути улучшения почвенных свойств / Г. Н. Федотов, В. С. Шалаев // Вестн. Мос. гос. ун-та леса. Лес.вестн. – 2012. – №2. – С. 80–87.

215. Храмцов, И. Ф. Изменение плодородия почвы и продуктивности севооборота под влиянием длительного применения удобрений и различных способов обработки / И. Ф. Храмцов, Н. Ф. Кочегарова // Докл. РАСХН. – 1999. – № 2. – С. 12–16.

216. Цыпленков, В. П. Новые представления о трансформации органического вещества почвы в связи с ее сельскохозяйственным использованием / В. П. Цыпленков, И. А. Терешенкова // Тезисы докл. VII Делегат, съезда ВОЛ. – Ташкент, 1985. – С. 45.

217. Чекмарев, П. А. Мониторинг содержания органического вещества в пахотных почвах ЦЧР / П. А. Чекмарев, С. В. Лукин, Ю. И. Сискевич, Н. П. Юмашев, В. И. Корчагин, А. Н. Хижняков // Достиж. науки и техники АПК. – 2011. – №9. – С. 23–26.

218. Чендев, Ю. Г. Длительные изменения содержания гумуса в пахотных черноземах центра Восточно-Европейской равнины / Ю. Г. Чендев, Л. Г. Смирнова, А. Н. Петин, Н. С. Кухарук, Л. Л. Новых // Достиж. науки и техники АПК. – 2011. – №8. – С. 6–9.

219. Черноземы СССР (Предкавказье и Кавказ) / Всесоюз. акад. с.-х. наук им. В. И. Ленина. – М.: Агропромиздат, 1985. – 262 с.

220. Шарков, И. Н. Концепция воспроизводства гумуса в почвах: Докл. [Международный симпозиум «Динамика органического вещества почвы в длительных полевых опытах и ее моделирова-

ние», Курск 15–17 сент. 2010] / И. Н. Шарков // Агрохимия. – 2011. – №12. – С. 21–27.

221. Швец, Т. В. Гумусное состояние чернозема выщелоченного в агроэкологическом мониторинге равнинного агроландшафта Западного Предкавказья / Т. В. Швец, Е. Е. Баракина // Тр. КубГАУ. – 2011. – №3. – С. 114–118.

222. Шеуджен, А. Х. Органическое вещество почвы и методы его определения: учебное пособие / под ред. В. Т. Куркаева / А. Х. Шеуджен, Н. Н. Нецадим, Л. М. Онищенко. – Майкоп: ОАО «Полиграфиздат «Адыгея», 2007. – 344 с.

223. Шеуджен, А. Х. Органическое вещество почвы и его экологические функции: учебное пособие / А. Х. Шеуджен, Н. Н. Нецадим, Л. М. Онищенко. – Краснодар, КубГАУ, 2011. – 202 с.

224. Шеуджен, А. Х. Удобрения и оценка экономической эффективности их применения: учебное пособие / А. Х. Шеуджен, И. Т. Трубилин, Л. М. Онищенко. – Краснодар, КубГАУ, 2013. – 331 с.

225. Шоль, В. В. Повышение экономической и биоэнергетической эффективности производства высококачественного зерна озимой пшеницы: автореф. дис. ... канд. экон. наук / В. В. Шоль; КубГАУ. – Краснодар, 2001. – 25 с.

226. Штомпель, Ю. А. Охрана и рекультивация земель Северо-Западного Предкавказья / Ю. А. Штомпель, Н. С., Котляров, В. И. Терпелец. – Краснодар: Изд-во «Советская Кубань», 2000. – 207 с.

227. Щеглов, Д. И. Черноземы Центра Русской равнины и их эволюция под влиянием естественных и антропогенных факторов / Д. И. Щеглов. – М.: Наука, 1999. – 214 с.

228. Щербаков, А. П. Экологические проблемы плодородия Центрально-Черноземной Области / А. П. Щербаков, И. И. Васенев // Почвоведение. – 1994. – №8. – С. 83–96.

229. Югов, А. В. Плодородие почвы в зависимости от возделываемых культур / А. В. Югов, А. В. Сисо // Научный журнал Тр. / Куб ГАУ. – Краснодар, 2008. – Вып. 35 (1). – С. 1–10.

230. Яшин, И. М. Методология и опыт изучения миграции веществ / И. М. Яшин, Л. Л. Шишов, В. А. Раскатов. – М.: Изд-во МСХА, 2001. – 173 с.

231. Metay Aurelie, Effets des techniques culturales sans laboursur le stockage de carbone dans le sol en context climatique tempere. / Metay

Aurelie, Mary Bruno, Arrouays Dominique, Labreuche Jerome, Martin Manuel, Nicolardot Bernard, German Jean-Claude. *Can. J. // Soil Sci.* – 2009. – №5. – P. 623–634.

232. Liu, X. Effects of agricultural management on soil organic matter and carbon transformation – a review. / Liu X., Herbert S. J., Hashemi A. M., Zhang X., Ding G. // *Plant, Soil and Environ.* – 2006.52. – №12. – P. 531–543.

233. Adhikari, M. Soil organic matter – humus / M. Adhikari, B. Mandal // *Sci. and Cult.* – 1979. 45. – N4.

234. Brummer, G.W. Adsorption-desorption and or precipitation-dissolution processes of zinc in soil / G. W. Brummer, K. G. Tiller, U. Herms, P. M. Clayton // *Geoderma.* – 1983. – Vol.31. – №4. – P. 41–61.

235. Cooke, G. W. Fertilizing for maximum yield / G. W. Cooke 3d. ed. – London etc.: Granada, 1982. – P. 9.

236. Elliot, H. A. Competitive adsorption of heavy metals by soils / H. A. Elliot, M. R. Liberati, C. P. Huang // *Environmental Quality.* – 1986. – V. 15. – P. 214–219.

237. Flaig, W. Organische Verbindungen als Stickstoffquelle für die Ernährung der Pflanzen / W. Flaig, H. Söchtig // *Anales de edafologia y agrobiologia.* – 1967. – Bd. 26. – № 1-4. – S. 802.

238. Kemmitt, S. J. Mineralization of native soil organic matter is not regulated by the size, activity or composition of the soil microbial biomass – a new perspective / S. J. Kemmitt, C. V. Lanyon, I. S. Waite, Q. Wen, T. M. Addiscott, N.R. A. Bird, A. G. O. Donnell, P. C. Brookes // *Soil Biol. Biochem.* – 2008. – V.40. – P. 61–73.

239. Chaney, K. The influence of organic matter on aggregate stability in some British soils. / K. Chaney, R. S. Swift. // *J. Soil Sci.* – 1984. – P. 223–230.

240. Stark, J. M. Mechanisms for soil moisture effects on acidity of nitrifying bacteria / J. M. Stark, M. K. Firestone // *Appl. Environ. Biol.* – 1995. – V.61– P. 218–221.

241. Stoeva, J. Yield and quality performance of winter wheat variety during 15 years of cropping with different fertilization level and rotation / Stoeva J., Tonev T. // *Bulg. J. Agr. Sc.* – 2003. – Vol. 9 – №3. – P. 297–303.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Приложение 1 – Морфологическое описание профиля чернозема выщелоченного сверхмощного глинистого (агрочернозема глинисто-иллювиального агрогенно переуплотненного глинистого) при возделывании озимого ячменя по экстенсивной технологии при зональной системе обработки почвы (в конце второй ротации севооборота)

$A_{\text{п}}$ (PU1), 0–22 см – воздушно-сухая, средне уплотнена, темно-серая, глинистая, крупнокомковатая, много корней, переход постепенный по окраске;

A (PU2), 22–59 см – воздушно-сухая, средне уплотнена, темно-серая, глинистая, комковатая, среднеуплотнена, тонкопористая, много корней, переход постепенный по окраске;

AB_1 (AU_i), 59–112 см – воздушно-сухая, средне уплотнена, темно-серая с буроватым оттенком, глинистая, комковатая, средне уплотнена, тонкопористая, корни растений, кротовины, переход постепенный по окраске;

AB_2 (AU_{b,i}), 112–150 см – увлажнена, темно-серая с буроватым оттенком, глинистая, комковатая, средне уплотнена, тонкопористая, корни растений, червороины, переход постепенный по окраске;

B (BI), 150–174 см – увлажнена, неоднородно бурая с затеками гумуса, глинистая, непрочно комковатая, среднеуплотнена, тонкопористая, корни, червороины, в нижней части горизонта карбонатная плесень, переход постепенный по окраске;

C (BCAmc), 174 см и более – увлажнена, желто-бурая, тяжелосуглинистая, бесструктурная, тонкопористая, карбонатная плесень, белоглазка, пятна CaCO_3 .

Вскипание от 10% HCl проявляется со 180 см, бурное – на верхней границе залегания карбонатной плесени – 186 см.

Приложение 2 – Морфологическое описание профиля чернозема выщелоченного сверхмощного глинистого (агрочернозема глинисто-иллювиального агрогенно переуплотненного глинистого) при возделывании озимого ячменя по беспестицидной технологии при зональной системе обработки почвы (в конце второй ротации севооборота)

A_п (PU1), 0–22 см – увлажнена, темно-серая, глинистая, комковатая, среднеуплотнена, тонкопористая, корни люцерны, переход постепенный по окраске;

A (PU2), 22–62 см – увлажнена, темно-серая с буроватым оттенком, глинистая, комковатая, среднеуплотнена, корни люцерны, переход постепенный по окраске;

AB₁ (AU_i), 62–112 см – увлажнена, темно-серая с буроватым оттенком, глинистая, комковатая, среднеуплотнена, тонкопористая, мало корней, переход постепенный по окраске;

AB₂ (AU_{b,i}), 112–152 см – увлажнена, темно-серая с буроватым оттенком, глинистая, комковатая, среднеуплотнена, тонкопористая, мало корней, переход постепенный по окраске;

B (BI), 152–180 см – увлажнена, неоднородно бурая, легкоглинистая, непрочно комковатая, слабоуплотнена, тонкопористая, отдельные корни, червороины, новообразования, переход постепенный по окраске;

C (BCA_{mc}), 180 см и более – увлажнена, желтовато-бурая, тяжелосуглинистая, непрочно комковатая, слабоуплотнена, тонкопористая, отдельные корни, плесень, белоглазка, червороины, переход постепенный по окраске.

Вскипание от 10 % HCl проявляется со 182 см, бурное – на верхней границе залегания карбонатной плесени – 186 см.

Приложение 3 – Морфологическое описание профиля чернозема выщелоченного сверхмощного глинистого (агрочернозема глинисто-иллювиального агрогенно переуплотненного глинистого) при возделывании озимого ячменя по экологически допустимой технологии при зональной системе обработки почвы (в конце второй ротации севооборота)

A_n (PU1), 0–22 см – увлажнена, серая, глинистая, комковатая, слабоуплотнена, тонкопористая, корни люцерны, переход постепенный по окраске

A (PU2), 22–64 см – увлажнена, темно-серая, глинистая, комковатая, среднеуплотнена, тонкопористая, корни растений, переход постепенный по окраске;

AB_1 (AU_i), 64–115 см – увлажнена, темно-серая с буроватым оттенком, глинистая, зернисто-комковатая, среднеуплотнена, тонкопористая, корни люцерны, переход постепенный по окраске;

AB_2 (AU_{b,i}), 115–155 см – увлажнена, темно-серая с буроватым оттенком, глинистая, комковато-зернистая, среднеуплотнена, тонкопористая, мало корней, переход постепенный по окраске;

B (BI), 155–184 см – увлажнена, желтовато-бурая с затеками гумуса, глинистая, непрочно комковатая, среднеуплотнена, тонкопористая, корни, белесые пятна, переход постепенный по окраске;

C (BCA_{mc}), 184 см и более – увлажнена, желтовато-бурая, тяжелосуглинистая, бесструктурная, уплотнена, белоглазка.

Вскипание от 10 % HCl проявляется со 186 см, бурное – на верхней границе залегания карбонатной плесени – 190 см.

Приложение 4 – Морфологическое описание профиля чернозема выщелоченного сверхмощного глинистого (агрочернозема глинисто-иллювиального агрогенно переуплотненного глинистого) при возделывании озимого ячменя по интенсивной технологии при зональной системе обработки почвы (в конце второй ротации севооборота)

A_п (PU1), 0–22 см – увлажнена, серая, глинистая, комковатая, слабоуплотнена, тонкопористая, корни растений, переход постепенный по окраске;

A (PU2), 22–65 см – увлажнена, темно-серая, глинистая, комковатая, среднеуплотнена, тонкопористая, корни растений, переход постепенный по окраске;

AB₁ (AU_i), 65–119 см – увлажнена, темно-серая с буроватым оттенком, глинистая, зернисто-комковатая, среднеуплотнена, тонкопористая, корни растений, переход постепенный по окраске;

AB₂ (AU_{b,i}), 119–155 см – увлажнена, темно-серая с буроватым оттенком, глинистая, комковато-зернистая, среднеуплотнена, тонкопористая, мало корней, переход постепенный по окраске;

B (BI), 155–184 см – увлажнена, желтовато-бурая с затеками гумуса, глинистая, непрочно комковатая, среднеуплотнена, тонкопористая, корни растений, белесые пятна, переход постепенный по окраске;

C (BCA_{mc}), 184 см и более – увлажнена, желтовато-бурая, тяжелосуглинистая, бесструктурная, уплотнена, белоглазка.

Вскипание от 10% HCl проявляется со 188 см, бурное – на верхней границе залегания карбонатной плесени – 190 см.

Научное издание

Терпелец Виктор Иванович
Плитель Юлия Сергеевна

**ГУМУСНОЕ СОСТОЯНИЕ ЧЕРНОЗЕМА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО
В АГРОЦЕНОЗАХ АЗОВО-КУБАНСКОЙ НИЗМЕННОСТИ**

Монография

В авторской редакции

Дизайн обложки – Н. П. Лиханская

Подписано в печать 25.03.2015. Формат 60×84 ¹/₁₆.

Усл. печ. л. – 7,3. Уч.-изд. л. – 5,7.

Тираж 500 экз. Заказ № 160

Типография Кубанского государственного аграрного университета.
350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13