

УДК 631.452

ИЗМЕНЕНИЕ ЗАПАСОВ УГЛЕРОДА В ПОДЗЕМНОЙ БИОМАССЕ И ПОЧВАХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ КАЗАХСКОГО МЕЛКОСОПОЧНИКА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБАХ ОБРАБОТКИ

О.Г. Ерохина, К.М. Пачикин, Р.М. Насыров

*Казахский НИИ почвоведения и агрохимии им У.У. Успанова, 050060, г. Алматы, 75в,
oerokhina@rambler.ru*

В статье изложены результаты мониторинговых пятилетних исследований по определению содержания углерода в почвах и корнях растений залежных и целинных земель Шетского района Карагандинской области при различных способах обработки почвы.

ВВЕДЕНИЕ

В ряду наиболее острых экологических проблем, имеющих глобальное значение, не последняя роль принадлежит вопросу сохранения баланса углерода в атмосфере. Увеличение количества углекислого газа, поступающего в приземные слои атмосферы, связано не только с промышленными выбросами, но и в значительной степени обуславливается нерациональным природопользованием, приводящим к нарушению естественного биологического круговорота экосистем в сторону преобладания деструкционных процессов преобразования биомассы над продукционными. Неконтролируемая хозяйственная деятельность приводит к отчуждению почв из биологического цикла; несовершенство систем земледелия снижает уровень почвенного плодородия, которое определяется в первую очередь гумусным состоянием, в том числе запасами углерода в почве.

Регион Центрального Казахстана относится к так называемой зоне "рискованного земледелия", отличающейся нестабильностью климата. Наряду с влажными годам, позволяющими получать урожаи зерновых до 14-15 ц/га, здесь нередки засухи, повторяющиеся 1 раз в 3-4 года, в период которых урожайность снижается до 3-4 ц/га, а иногда посевы выгорают полностью. До 1954 года эти территории традиционно использовались местным населением в качестве высокопро-

дуктивных пастбищ, но после компаниии освоения целинных и залежных земель были переведены в категорию пахотных земель. Несмотря на убыточность производства зерна, земли региона использовались под земледелие вплоть до распада Советского Союза. В 90-х годах посевные площади резко сократились, однако до настоящего времени эти земли относятся к категории пахотных. Длительная эксплуатация земель при низком уровне агротехники привела к резкому снижению плодородия почв, в том числе снижению количества углерода в почве, развитию процессов эрозии и дефляции. Считается, что почвы потеряли к настоящему времени до 30 % гумуса, по сравнению с уровнем 1954 года.

Резкое сокращение посевных площадей привело к увеличению площадей залежных заброшенных земель, занятых непоедаемой скотом сорной растительностью, служащей источником появления насекомых-вредителей, в том числе и саранчи. Значительно сократилось и биологическое разнообразие уникальных степных ландшафтов Центрального Казахстана. Изменился видовой состав растительности, богатые целинные степи трансформировались во вторичные сорные сообщества.

Таким образом, назрела необходимость восстановления территории и переориентации ее из земледельческой в животноводческую. Для реализации этой

задачи необходимо, в первую очередь улучшить гумусное состояние заброшенных почв (увеличить содержание углерода в почве), на залежных землях восстановить исходную растительность, либо их окультурить путем культивирования трав. Это позволит, с одной стороны, улучшить баланс органического вещества почвы, питательных элементов, с другой стороны - повысить производство кормов в регионе для развития животноводства.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Исследования по определению содержания углерода в почвах и подземной биомассе на территории центральной части Казахского мелкосопочника (в административном отношении – Шетский район Карагандинской области) проводились в рамках реализации Проекта Всемирного банка и ГЭФ «Управление засушливыми землями» (№ PPG TF 024116; 2004-2008 г.г.). Для определения динамики содержания углерода при различных способах обработки почвы было выбрано 18 мониторинговых участков, которые были расположены на опытных полях фермеров, участвовавших в Проекте. Выбранные мониторинговые участки представлены угодами различных типов: пашнями, залежами различного возраста, улучшенными пастбищами и в совокупности характеризуют основные типы почв каштановой подзоны.

Для определения содержания органического углерода на каждом из 18 мониторинговых участков закладывался почвенный разрез, из которого по генетическим горизонтам отбирались образцы. Кроме того, дополнительно отбиралось 5 образцов в разных частях поля из слоя 0-20 см. Из этого же разреза отбираются образцы почв определенного объема ненарушенного сложения в трехкратной повторности для определения объемной массы почвы. Расчетная мощность слоя принята

равной 50 см. Органический углерод почвы определялся в лаборатории Казахского НИИ почвоведения и агрохимии им. УУ Успановатрадиционным и общепринятым в России и Казахстане методом Тюрина [1]. Для оценки достоверности данных были проведены параллельные определения углерода в Лаборатории гидрологии и дистанционного зондирования Исследовательского центра по сельскому хозяйству Департамента сельского хозяйства США. Результаты показали хорошую сходимость.

Корневая масса растений учитывалась на тех же площадках, где определялись запасы органического углерода в почве. Для взятия образцов откапывался столб почвы сечением 25*40 см на глубину 50 см. Образцы брались по генетическим горизонтам, а в случае большой мощности они разделялись на два или три слоя произвольной мощности. Корни отмывались, вода вместе со всплывшими корнями сливалась через сито с диаметром отверстий 0,5 мм (в трехкратной повторности). После тщательной промывки корней они также доводились до воздушно-сухого состояния и взвешивались [2]. Позже в лабораторных условиях определялось содержание углерода.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Формирование почвенного покрова большей части проектной территории, где расположены мониторинговые участки, происходит в условиях засушливого (значение гидротермического коэффициента составляет 0,7-0,8) и резко континентального климата южной части степной зоны, что в системе почвенно-географической зональности соответствует подзоне каштановых почв, которые и характеризуют большинство участков. Однако неоднородность почвообразующих пород, динамичность поверхностных рельефообразующих процессов в услови-

ях мелкосопочника, связанных с денудацией и аккумуляцией, обуславливают значительную вариабельность морфогенетических свойств каштановых почв, что, в свою очередь, определяет различия в содержании органического углерода в почвах на уровне родов, видов и разновидностей.

Наиболее распространен род нормальных зональных почв, однако встречаются и бескарбонатные (глубоковскипающие), которые формируются большей частью на элювио-делювии гранитов и песчаников. Род карбонатных зональных почв приурочен преимущественно к выположенным слабонаклонным бортам речных и межсopочных долин, где в качестве почвообразующих пород выступают покровные слабозасоленные карбонатные глины. Здесь незасоленные каштановые почвы редко образуют обширные однородные контуры, а большей частью сочетаются с каштановыми солонцеватыми почвами. В пределах волнисто-увалистых водораздельных и наклонных равнин, окаймляющих мелкосопочные и низогорные массивы, нередко встречаются ксероморфные, отчасти малоразвитые каштановые почвы. По многочисленным ложбинам в условиях дополнительного поверхностного увлажнения залегают лугово-каштановые почвы.

В целом набор мониторинговых участков характеризуется достаточно высокой репрезентативностью для оценки содержания органического углерода в почвах сельскохозяйственных угодий характеризуемой территории (таблица 1).

Запасы органического углерода зависят от типа почв, их механического состава, от способа и времени их использования. В среднем на мониторинговых участках в слое 0-50 см они составляют 55-80 т/га. Наименьшими запасами углерода (36-49 т/га) обладают каштановые почвы

легкого механического состава (супесчаные), особенно, если они подверглись эрозии (участки 316, 319). Наибольшие запасы углерода содержат лугово-каштановые почвы участков, расположенных в замкнутых межсopочных долинах и получающие дополнительное поверхностное и грунтовое увлажнение. Примером могут служить участки 309 и 320, где запасы почвенного углерода достигают 100-112 т/га.

Как правило, запасы углерода в почве закономерно уменьшаются с глубиной. Такое распределение характерно для целинных почв и почв, прошедших длительную стадию восстановления (старые залежи). Для пахотных почв запасы более или менее одинаковы до нижней границы пахотного горизонта, затем они резко снижаются. При отвальной вспашке целины и восстановленной залежи с оборотом пласта, максимальное содержание углерода наблюдается в нижней части пахотного горизонта.

Растительный покров является одним из важнейших факторов, определяющих количество и состав поступающих в почву органических остатков, которые являются основным источником накопления углерода в почве. При этом корневой массе принадлежит решающая роль в накоплении углерода в почве, особенно в засушливых условиях проектной территории, где усредненное отношение подземной биомассы к надземной достигает 16-17.

Наибольшее количество корней содержится на участках с лугово-каштановыми почвами – до 1,05-1,2 т/га, а также с полнопрофильными незащепенными зональными среднесуглинистыми почвами под старыми залежами и улучшенными пастбищами (0,64-0,96 т/га). На распаханых полях в результате отчуждения надземной биомассы и высокой минерализации подземной могут содержать углерода на порядок меньше (участки 298, 300, 311). Низкие запасы углерода отмечаются

Таблица 1 - Почвенные условия мониторинговых участков

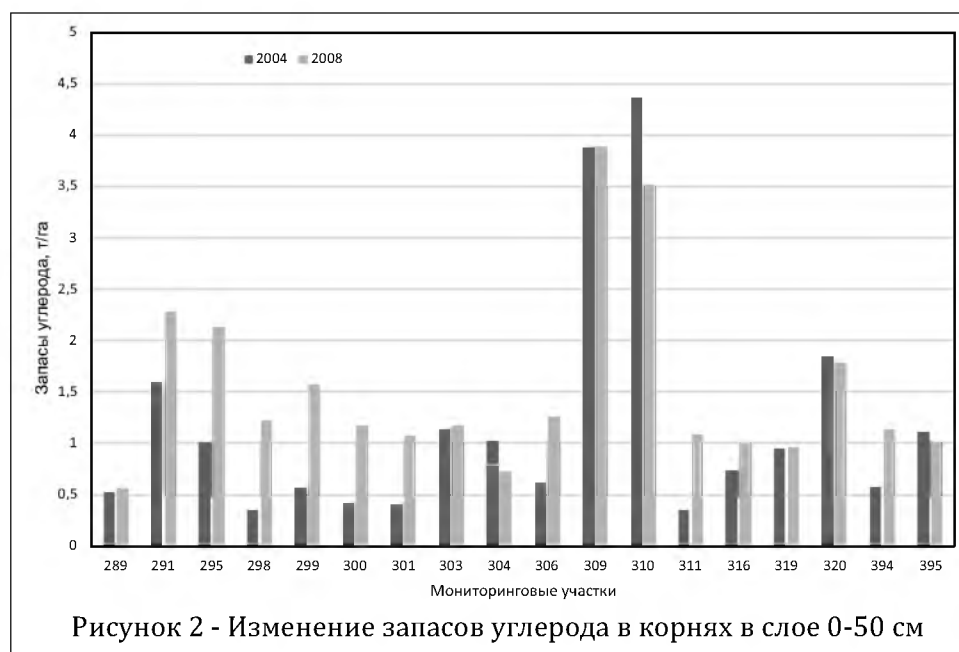
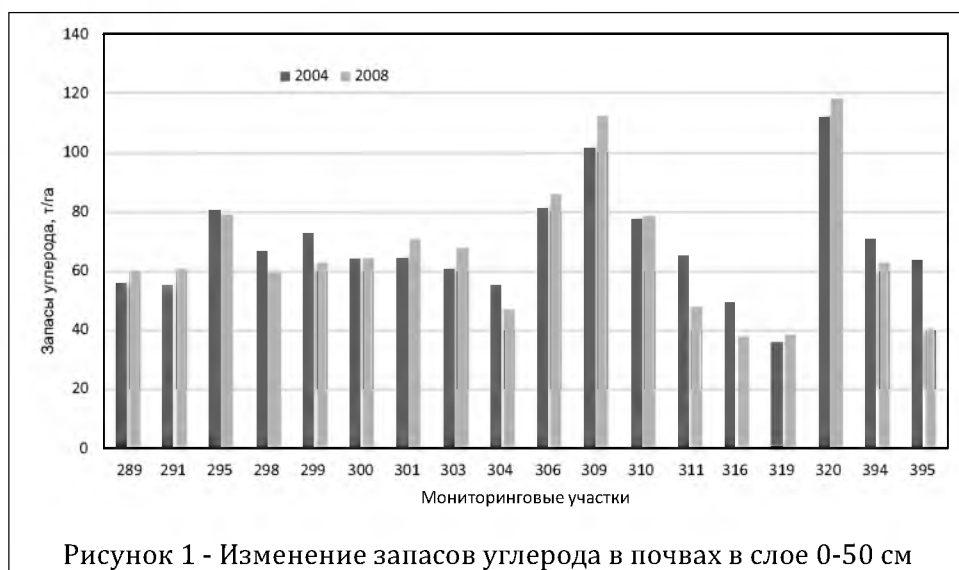
№ участка	Почвы	Почвообразующие породы
289	Каштановая солонцеватая среднесуглинистая	Тяжелый суглинок с 80 см
291	Каштановая солонцеватая среднесуглинистая	Глина с 60 см
295	Каштановая глубоковскипающая среднесуглинистая	Дресвянисто-песчаные отложения с 80 см
298	Каштановая нормальная среднесуглинистая	Дресвянисто-песчаные отложения со 100 см
299	Каштановая нормальная среднесуглинистая	Дресвянисто-песчаные отложения с 65 см
300	Каштановая нормальная среднесуглинистая	Средний суглинок с 60 см
301	Каштановая глубоковскипающая среднесуглинистая	Супесь с 70 см
303	Лугово-каштановая солонцеватая карбонатная среднесуглинистая	Глина с 95 см
304	Каштановая нормальная среднесуглинистая	Щебнисто-песчаные отложения с 55 см.
306	Каштановая нормальная среднесуглинистая	Дресвянисто-песчаные отложения с 85 см
309	Лугово-каштановая глубоковскипающая среднесуглинистая	Глина с 70-80 см
310	Лугово-каштановая нормальная среднесуглинистая	Песчано-суглинистые отложения с 90 см
311	Каштановая нормальная ксероморфная среднесуглинистая	Песчано-дресвянистые отложения с 40 см
316	Каштановая глубоковскипающая супесчаная	Песок с 75см
319	Каштановая нормальная супесчаная почва	Дресвянисто-песчаные отложения с 80 см
320	Лугово-каштановая нормальная среднесуглинистая	Тяжелый суглинок с 70 см
394	Каштановая глубоковскипающая легкосуглинистая почва	Песок с 95 см
395	Каштановая нормальная среднесуглинистая почва	Дресвянисто-песчаные отложения с 85 см

также на супесчаных почвах, маломощных щебнистых почвах и почвах, близко подстилаемых песчано-щебнистыми отложениями. Эти почвы обладают пониженной влагоемкостью, повышенной фильтрацией и накапливают значительно меньше влаги. Такими свойствами характеризуются мониторинговые участки 299, 301, 306. Запасы углерода в корнях растений в этих случаях составляют лишь 0,11-0,25 т/га.

Наглядно оценить динамику показателей запасов органического углерода в почвах и корнях растений в 50-сантиметровом слое на мониторинговых участ-

тках за 2004-2008 гг. позволяют диаграммы (рисунки 1, 2).

Помимо определения запасов углерода на каждом конкретном из заложенных мониторинговых участков, задачей проекта было выявление закономерностей протекания процессов накопления углерода при проведении различных агротехнических мероприятий для определения наиболее оптимальных. В этом отношении более показательными являются относительные и усредненные величины изменений в запасах углерода, поскольку они в определенной степени нивелируют различия почв участков на уровне родов и



разновидностей. Результаты обобщения полученных фактических данных представлены в таблице 2.

При проведении мероприятий по ускоренному восстановлению (посев жителя с применением органических и минеральных удобрений) старых посевов жителя в целом происходит увеличение запасов органического углерода (в среднем на 6,2 %) в слое 0-50 см при стабильных показателях для участков 295 и 310 и достаточно ярко выраженной тенденции к уве-

личению для участков 303 и 309. Существенные различия в значениях запасов органического углерода в почве на участке 320 (111,8 т/га в 2004 г., 180,2 т/га в 2006 г. и 118,24 т/га в 2008 г.) обусловлены неоднородностью почвенного покрова в пределах поля, связанной с различиями в микрорельефном залегании исходных целинных почв. Почвенный покров здесь представлен сочетанием лугово-каштановых и луговых почв при незначительном участии последних (менее 5 %),

Таблица 2 – Изменение запасов углерода в корнях растений и почвах в зависимости от технологии обработки

№ участка	Исходное состояние	Запасы углерода в почве, т/га (0-50 см)		Изменение, %	Запасы углерода в корнях, т/га (0-50 см)		Изменение, %
		2004	2008		2004	2008	
Ускоренное восстановление							
295	Старый посев житняка	80,40	78,97	-1,8	1,01	2,14	+111,9
301		64,48	70,71	+9,7	0,41	1,08	+163,4
303		60,60	67,71	+11,8	1,14	1,17	+2,6
309		101,50	112,31	+10,6	3,88	3,89	+0,2
310		77,3	78,55	+1,6	4,36	3,52	-19,2
320		111,8	118,24	+5,7	1,85	1,79	-3,2
Среднее				+6,27			+43,95
Прямой посев житняка							
289	Старая залежь	55,9	60,11	+7,5	0,52	0,56	+7,7
319		36,0	38,56	+7,1	0,95	0,96	+1,0
Среднее				7,3			4,35
Минимальная обработка							
291	Старый посев житняка	55,0	60,50	+10,0	1,60	2,29	+43,1
394		70,08	62,77	-11,4	0,58	1,14	+96,5
298	Засоренный пар	66,8	59,39	-11,1	0,35	1,22	+248,6
Среднее				-4,17			+129,07
Посев житняка после дискования							
304	Старый посев житняка	55,0	47,11	-14,4	1,02	0,72	-29,4
311	Пар	48,7	47,87	-1,7	0,35	1,09	+211,4
316		49,2	37,74	-23,3	0,74	1,00	+35,1
395		63,6	40,65	-36,1	1,11	1,01	-9,0
Среднее				-20,37			+52,02
Посев житняка с орошением							
306	Посев ячменя с житняком	81,0	91,8	+11,3	0,62	1,26	+103,2
Посев люцерны							
299	Целина	72,8	62,79	-13,8	0,57	1,57	+175,4
Посев эспарцета							
300	Пашня	63,8	64,14	+0,6	0,42	1,08	+157,1

залегающих ограниченными по площади, но часто повторяющимися пятнами среди преобладающих почв.

По данным аналитического обследования образцов, отобранных в пяти точках поля методом конверта (5*5 м), содержание гумуса в горизонте 0-20 колеблется в значительных пределах – от 3,6 до 9,2 %. Неоднородностью почвенного покрова объясняются также несколько повышенные данные по запасам углерода в почве

на участке 301, но они находятся в пределах естественной вариабельности, обусловленной различной степенью опесчаненности поверхностных горизонтов.

Сравнительные данные по запасам углерода в корнях растений характеризуются как положительными, так и отрицательными значениями, связанными с высокой пространственной и временной изменчивостью этого показателя. Усредненные данные, однако, свидетельствуют

обувеличении содержания углерода в корнях растений на 43,95 % по сравнению с 2004 г. Наибольший прирост корневой биомассы отмечен на участках 295 и 301, что в первом случае связано с подкормкой аммофосом, а в другом – сменой агроценоза с преобладанием сорнотравья на злаковое (житнякавое).

При прямом посеве житняка, который проводился по старой залежи, когда поверхностные почвенные горизонты практически не нарушаются, запасы органического углерода в почве в целом остаются стабильными. Некоторое увеличение этого показателя (7,3 %) по сравнению с 2004 г. отражает не реальный прирост запасов углерода, а особенности морфогенетических свойств почв. На мониторинговом участке 289 распространены каштановые солонцеватые почвы.

В зависимости от степени солонцеватости запасы гумуса и, соответственно, органического углерода в солонцовом горизонте могут существенно изменяться. Данные по запасам углерода на 2004, 2006 и 2008 год в поверхностном 10-сантиметровом слое остаются неизменными (13,22; 13,68 и 13,10 т/га соответственно).

Аналогичные данные для участка 319, почвенный покров которого представлен каштановыми нормальными почвами, составляют 12,24; 12,77 и 12,52 т/га. Колебания в запасах углерода в нижней части 50-сантиметрового слоя по трем тестовым годам обусловлены различной глубиной залегания почвообразующих пород и, в соответствии с этим, - карбонатного горизонта.

Возрастание запасов углерода (в среднем на 4,35 %) в корнях растений на характеризуемых участках обнаруживается лишь на уровне тенденции, что, видимо, связано с низкой всхожестью семян в условиях засушливости лет мониторинговых наблюдений.

По данным проведенных исследований, при минимальной обработке средние значения запасов органического углерода в почве снижаются на 11,2 %, при дисковании поля потери достигают 20,4 %. Данные по запасам органического углерода на участке 291 фиксируют его увеличение с 55,05 до 60,50 т/га, однако это связано с неоднородностью почвенного покрова, обусловленной различной глубиной залегания глинистых отложений, служащих водоупором и существенно влияющих на режим увлажнения почв. По данным аналитического обследования образцов, отобранных в пяти точках поля методом конверта, содержание гумуса в горизонте 0-20 см колеблется в пределах от 1,5 до 2,3 %.

При разрыхлении поверхностного горизонта происходит ускоренное разложение органических веществ, обусловленное улучшением водного, воздушного и теплового режимов и в соответствии с этим усилением микробиологической активности, а также распадом почвенных агрегатов. Малоподвижный гумус вовлекается в биологический круговорот, а питательные элементы переходят в доступную для растений форму. Однако, обработка поверхностных горизонтов способствует улучшению условий для повышения всхожести и ускорению укоренения житняка и, соответственно, увеличению запасов углерода в корнях растений. При указанных агротехнических мероприятиях это увеличение составляет 97,0 % и 52,2 %.

Посев многолетних бобовых кормовых культур (люцерна, эспарцет), корневая система которых развивается быстрее по сравнению с житняком, способствует значительному увеличению запасов углерода в корнях за сравнительно короткий период. В данном случае это возрастание составило 175,4 % для люцерны и 151,7 % для эспарцета. На обоих полях с

3-летними посевами многолетних трав, почвенный покров которых представлен каштановыми нормальными среднесуглинистыми почвами, по данным 2006 г. запасы углерода одинаковые (61,3 и 60,1 т/га), однако если для поля с эспарцетом (№ 300) они по сравнению с 2004 г. остались стабильными, то на поле с люцерной (№ 299) снизились на 13,8 %. Это связано с тем, что посев эспарцета проводился на пахотном поле, а люцерны – после распахивания целинного участка.

Наиболее ярко выраженная положительная динамика углеродного баланса

обнаруживается на орошаемом поле с житняком (№ 306). Увеличение запасов органического углерода в почве за период наблюдений составило 11,3 %, а запасов углерода в корнях растений – 103,2 % при довольно высоких исходных значениях этих показателей (81,0 и 0,62 т/га по состоянию на 2004 г.).

Таким образом, проведенные исследования позволили выделить наиболее эффективные для увеличения запасов углерода в корнях растений и в почве агротехнические мероприятия (рисунок 3).

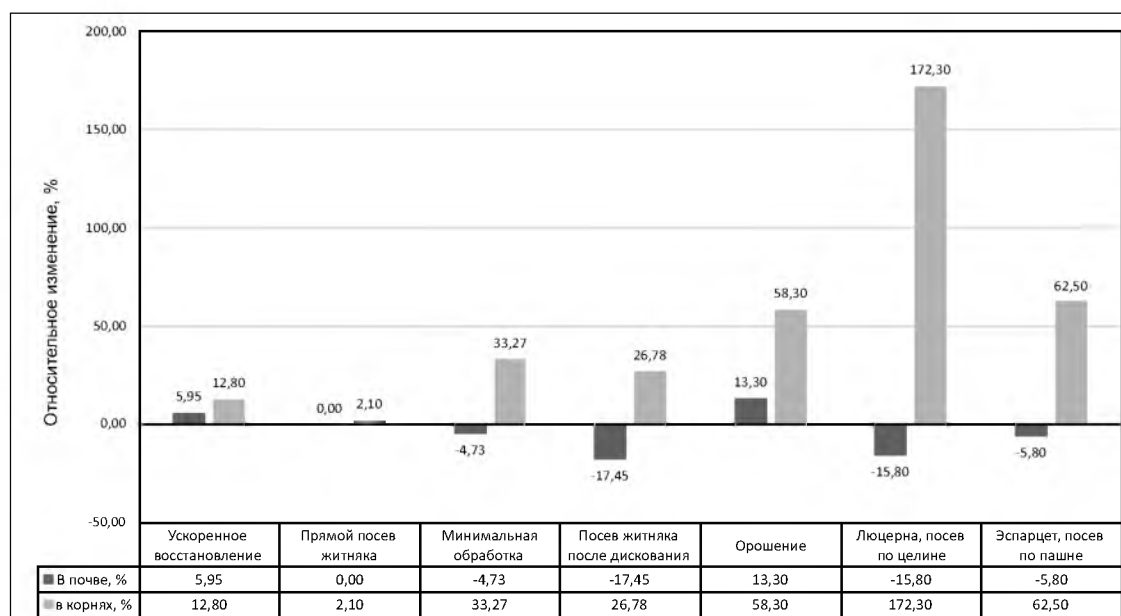


Рисунок 3 – Относительное изменение запасов углерода в почве и корнях растений в зависимости от агротехнических мероприятий

Из их комплекса наиболее неблагоприятными являются те, следствием которых являются потери углерода, связанные с ухудшением гумусного состояния почв, поскольку его восстановление происходит очень медленно, в отличие от подземной биомассы растений.

Следует иметь в виду, однако, что полученные данные не являются абсолютными, а отражают лишь общие тенденции углеродного баланса при различных способах обработки почвы. Это связа-

но, с одной стороны, с тем, что содержание углерода в почвах в течение года не остается постоянным. В начале лета происходит его уменьшение, т. к. это время является периодом, наиболее благоприятным для минерализации органических веществ. К тому же в период интенсивного нарастания биомассы растительность использует элементы минерального питания для вегетирования и потери углерода в корнеобитаемом слое возрастают. В конце лета, когда рост растений практически

прекращается, а микробиологическая активность почв затухает, содержание углерода в почве стабилизируется. В это время новообразованные гумусовые вещества не вовлекаются в новые биологические процессы, а связываются с минеральной частью почвы с образованием прочных органно-минеральных соединений. Запасы углерода в корнях растений характеризуются еще большей динамичностью, обусловленной как сезонными изменениями, связанными с фенологическими фазами развития растений, так и годовыми, зависящими от количества осадков и их распределения по месяцам.

С другой стороны, период наблюдений (2004-2008 г.г.) является недостаточно продолжительным для прогноза дальнейших изменений. Отмеченное на некоторых полях падение запасов органического углерода, связанное с нарушением поверхностных горизонтов, как правило, происходит только в первые годы после распашки. Известно, что потери углерода в агроценозах с течением времени понижаются, что связано в первую очередь с уменьшением запасов гумуса. К тому же оставшийся после длительной распашки гумус изменяется по своему групповому и фракционному составу и характеризуется большей устойчивостью к минерализации, обусловленной его прочными химическими связями с минеральной частью почвы. Если почвы используются под посев многолетних трав, переход почв в новое стационарное состояние происходит довольно быстро. Однако на интенсивность протекания этого процесса при одинаковых агротехнических мероприятиях зависит также от литолого-геоморфологических условий залегания почв и водного режима. В условиях дополнительного грунтового или поверхностного увлажнения создаются более благоприятные условия для накопления органи-

ческого вещества в почвах. Восстановление запасов углерода в зональных почвах одной подзоны при различном механическом составе закономерно уменьшаются от почв более тяжелого механического состава (глинистые, тяжелосуглинистые) к легким, что связано со слабым укреплением новообразованных веществ минеральной частью последних.

Тем не менее, на основании проведенных исследований можно не только выявить основные тенденции в динамике углеродного баланса обследованных участков, но и определить необходимость проведения дополнительных мероприятий, направленных на увеличение запасов углерода в почве. На всех сенокосных полях необходимо внесение минеральных удобрений для компенсации потерь питательных веществ, использованных растениями во время вегетации. Пахотным почвам, помимо этого, требуется внесение органических удобрений. Наибольший эффект в условиях засушливого климата достигается при орошении. Разработка конкретных агротехнических мероприятий для поддержания бездефицитного баланса углерода должна проводиться с учетом всех факторов почвообразования и морфогенетических свойств почв.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования по определению содержания углерода в корнях растений и почвах, анализ полученного фактического материала позволили установить, что за период наблюдений с 2004 по 2008 г.г. обследованные участки характеризуются различной динамикой углеродного баланса в зависимости от проведенных агротехнических мероприятий и исходного состояния почвенного покрова, которое, в свою очередь, определяется как факторами предшествующего антропогенного воздействия, так и морфогене-

тическими свойствами почв. Каждая таксономическая почвенная единица вплоть до разновидности характеризуется своим балансом органического вещества, определяемым всем комплексом почвообразующих условий.

В настоящее время особую важность приобретают вопросы управления земельными ресурсами для целей устойчивого развития территорий, контроля за экологическим состоянием почвенного

покрова, сохранения и воспроизводства почвенного плодородия, прогнозирования тенденций антропогенной трансформации почв. Возникает насущная потребность в разработке научно обоснованных рекомендаций по стабилизации и увеличению содержания углерода в почве, как показателя, определяющего уровень биопродуктивности почв, а в конечном итоге – социально-экономического благополучия общества.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. – М.: МГУ, 1962. 491 с.
2. Колходжаев М.К. О запасах органических остатков и гумуса в некоторых почвах юго-западных склонов Калбинских гор // Микробиологические и физико-химические исследования почв Казахстана. Тр. Института почвоведения. Т. 14. С. 161-168.

ТҮЙІН

Мақалада бес жылдық мониторингалық зерттеудің нәтижесі сипатталған, онда Қарағанды облысының Шет ауданындағы тың және тыңайған жерлерінде топырақ пен өсімдіктің тамырларындағы көміртектің мөлшері және ол топырақты өңдеудің әр-түрлі тәсілі анықталған.

SUMMARY

In article, results of monitoring five years' researches by definition of the content of carbon in soils and plants roots of abandon and virgin lands are stated at various tillage.