

ГЕОГРАФИЯ И ГЕНЕЗИС ПОЧВ

УДК 631.48:631.4:551.4

СОДЕРЖАНИЯ УГЛЕРОДА В ПОЧВАХ СТЕПНОЙ ЗОНЫ КАЗАХСТАНА И МЕРЫ ПО ЕГО СТАБИЛИЗАЦИИ

О.Е. Ерохина, К.М. Пачикин, А.С. Сапаров

*Казахский НИИ почвоведения и агрохимии им. У.У. Успанова
050060, Алматы, пр. аль-Фараби, 75 в, Казахстан*

Рассматриваются закономерности изменения содержания углерода в почвах степной зоны Казахстана, даются рекомендации по предотвращению его потерь и стабилизации в условиях сельскохозяйственного производства

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.

Одним из регионов Республики Казахстан, где проблема деградации почв стоит наиболее остро, является степная зона, где относительно благоприятные природно-климатические условия и достаточная обеспеченность водными ресурсами создали условия для интенсивного развития сельского хозяйства.

До 50-х годов прошлого века эти территории традиционно использовались местным населением в качестве высокопродуктивных пастбищ, но после кампании освоения целинных и залежных

земель были переведены в категорию пахотных земель. К началу 90-х годов прошлого столетия площадь пахотных земель степной зоны Казахстана составляла 29,3 млн. га, или 75 % всей пашни республики. Длительная эксплуатация земель при низком уровне агротехники на фоне интенсивного применения минеральных удобрений и гербицидов привела к резкому снижению количества углерода в почве, развитию процессов эрозии и дефляции. Считается, что пахотные горизонты почв степной зоны Казахстана потеряли к настоящему времени до 30 % углерода по сравнению с уровнем 1954 года.

В 90-х годах посевные площади резко сократились, что связано, с одной стороны, с экономически обусловленными трудностями переходного периода, а с другой – со значительным снижением урожайности вследствие деградации почв. Значительные площади земель, ранее использовавшиеся под пашню, в настоящее время заняты залежами в различной стадии зарастания, большей частью занятых не поедаемой скотом сорной растительностью. Однако до настоящего времени эти земли относятся к категории пахотных.

Значительно сократилось и биологическое разнообразие уникальных степных ландшафтов степной зоны Казахстана. На землях пастбищных угодий вследствие перевыпаса изменился видовой состав растительности, богатые целинные степи трансформировались во вторичные сорные сообщества, что также

привело к заметному снижению содержания углерода в почвах.

В этой связи 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.

Основные природные закономерности, определяющие динамику содержания углерода в почвах степной зоны

Степная зона охватывает северную часть Казахстана площадью в 126,2 млн. га, что составляет 42,6 % всей территории Республики. Обширность характеризуемой территории предопределяет многообразие ландшафтов и неоднородность почвенного покрова.

Северная часть степной зоны, приуроченная к Западно-Сибирской низменности, характеризуется наиболее низкими абсолютными высотами и выположенным рельефом. В западной части зоны преобладают увалистые возвышенности и равнины (Общий Сырт, Подуральское плато, Зауральское плато, Тургайская столовая страна), которые в центральной и восточной части сменяются денудационными равнинами или плоскогорьями (Казахский мелкосопочник) с массивами островных низкогорий (Улутау, Кокчетау, Баян-Аульские, Каркаралинские горы и др.).

Основной закономерностью, определяющей неоднородность почвенного покрова степной зоны Казахстана, и, соответственно, содержания углерода в почвах, является широтная зональность, заключающаяся в усилении засушливост-

ти климатических условий с севера на юг. Определенное влияние на пространственное положение зональных и подзональных границ оказывают влияние провинциальные особенности, связанные с литолого-геоморфологическими условиями формирования почвенного покрова, а также некоторое усиление аридности и континентальности климата в направлении с запада на восток. Проявление вертикальной зональности носит ограниченный характер и приурочено к островным низкогорьям Казахского мелкосопочника и горам Мугоджары.

В почвенно-географическом отношении степная зона Казахстана представлена пятью подзонами: обыкновенных черноземов умеренно засушливых степей, южных черноземов засушливых степей, темно-каштановых почв умеренно-сухих степей, каштановых почв сухих степей и светло-каштановых почв пустынных степей (рисунок 1).

Климатические условия формирования почвенного покрова, основные усредненные показатели которых отражены в таблице 1, заметно различаются в пределах указанных подзон, но имеют и общие черты.

Среднегодовая температура воздуха для всей степной зоны положительная с закономерным увеличением к югу при соответствующем уменьшении суммы годовых осадков. Среднегодовые амплитуды температур отличаются высокими значениями. Самым теплым месяцем повсеместно является июль (20-220 С), самым холодным – январь (-17-200 С). При этом характерной особенностью теплового режима степной зоны является резкое нарастание температур при переходе от зимы к весне и от весны к лету.

Глубина промерзания почв в зимний период наибольшая в центральной части зоны (до 2 м), что связано с незначительными осенними осадками, наименьшей высотой снежного покрова и повышенной теплопроводностью почв. В среднем же этот показатель для зоны составляет 120-150 см [1].

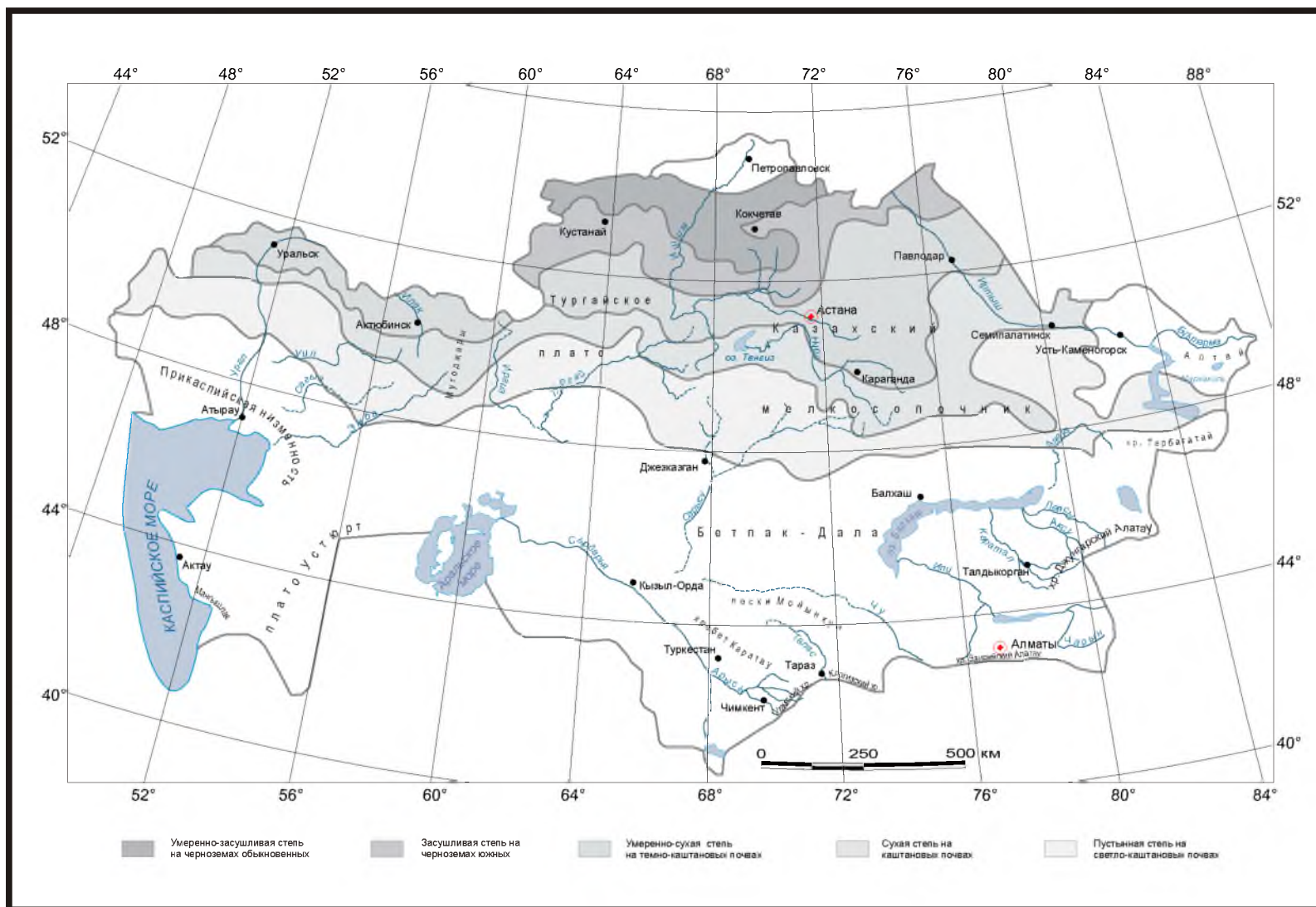


Рисунок 1 - Природная и почвенная зональность степной зоны ? ????????

Таблица 1 - Средние климатические показатели почвенных подзон степной зоны Казахстана

Подзоны	Среднегодовая температура (°C)	Сумма температур выше 10°C	Продолжительность безморозного периода (дни)	Среднегодовая амплитуда температур (°C)	Высота снежного покрова (см)	Сумма осадков (мм)		Гидротермический коэффициент за теплый период года
						за год	за период с температурой выше 10°C	
Обыкновенных черноземов умеренно засушливой степи	0,6-0,8	2070	114-118	37	23-28	320-350	220-230	0,9-1,0
Южных черноземов засушливой степи	1-1,5	2160	107-119	38	21-26	300-330	160-180	0,8-0,9
Темно-каштановых почв умеренно-сухих степей	1,5-2	2310	128-131	39	20-23	270-300	150-170	0,7-0,8
Каштановых почв сухих степей	2-4	2380	131-147	40	18-23	220-270	130-150	0,6-0,7
Светло-каштановых почв пустынных степей	4-7	2490	131-158	40	16-21	180-210	90-100	0,4-0,5

Для распределения осадков по сезонам общим отличием является их преобладание в теплый период года (до 70-80 % от годовой суммы), что приводит к большим потерям влаги за счет испарения. Высота снежного покрова повсеместно невелика, а быстрое нарастание температур в период снеготаяния на фоне значительного промерзания почв зимой сопровождается перераспределением и стоком талых вод в отрицательные элементы рельефа.

Эти климатические особенности обуславливают неоднородность структуры почвенного покрова с широким развитием почвенных комбинаций (комплексов, сочетаний, пятнистостей), связанных с различным мезо- и микрорельефным залеганием почв, возрастающую по мере усиления аридности климата.

Умеренно-засушливая и засушливая степная зона черноземов в целом характеризуется выровненностью рельефа и занимает площадь в 25,3 млн.га. Растительный покров представлен преимущественно разнотравно-ковыльными степями (при уменьшении видового состава разнотравья и его процентного соотношения в южном направлении), среди которых в северной части зоны местами по замкнутым понижениям рельефа встречаются березово-осиновые колки. Доминирующими элементами структуры почвенного покрова являются черноземы обыкновенные и южные (нормальные, карбонатные и солонцеватые), занимающие до 60-65 % всей территории зоны, 20-22 % приходится на комплексы зональных почв с солонцами степными, около 10 % - на гидроморфные и полугидроморфные почвы (лугово-черноземные, луговые, лугово-болотные). Солонцы (степные, лугово-степные и луговые) и солончаки в структуре почвенного покрова зоны занимают подчиненное положение (3-4 %).

Умеренно-сухая, сухая и пустынно-степная зона каштановых почв, расположенная южнее, занимает площадь свыше 90 млн. га и отличается более сложным

устройством поверхности. В растительном покрове зональных почв в северной части зоны господствуют ксерофитные дерновинные злаки (типчак, ковыль, овсец) при незначительном участии разнотравья (грудница, лапчатка, пиретрум и др.) и полыней. К югу участие полыней в растительном покрове возрастает при уменьшении проективного покрытия с 60-80 % до 40-50 %. Для структуры почвенного покрова зоны характерно уменьшение доли незасоленных зональных почв (нормальных и карбонатных) с 40-50 % до 10-20 %, при этом в южной части зоны абсолютно доминирует род карбонатных почв. Возрастают площади комплексов зональных почв (преимущественно солонцеватых) с солонцами (с 30 % в подзоне темно-каштановых почв до 45-50 % в подзоне светло-каштановых почв), а также солонцов (с 3 до 8 % соответственно). В пределах Казахстанского мелкосопочника широко распространены малоразвитые почвы (до 7-15 % в структуре почвенного покрова). Площадь солончаков в подзоне светло-каштановых почв достигает 3 %. Почвы гидроморфного и полугидроморфного ряда увлажнения в целом имеют незначительное распространение.

В соответствии с неоднородностью структуры почвенного покрова изменяется и содержание углерода в почвах, поскольку каждая таксономическая почвенная единица вплоть до разновидности характеризуется своим балансом органического вещества, определяемым всем комплексом почвообразующих условий.

В этой связи содержание углерода в почве является показателем, отражающим равновесное состояние и результат непрерывного протекания двух разнонаправленных и взаимосвязанных процессов: гумификации растительных остатков и полной их минерализации.

Исследования показывают, что соотношение среднегодовых температур и суммы осадков, соответствующих умеренно-засушливой степной подзоне обыч-

новенных черноземов, является наилучшим для накопления углерода в почве. При недостаточном увлажнении и высоких температурах (значения гидротермического коэффициента менее 1) его количество снижается.

Растительный покров является одним из важнейших факторов, определяющих количество и состав поступающих в почву органических остатков, которые являются основным источником накопления углерода в почве. Надземные и корневые растительные остатки служат источником образования перегнойной и их содержание в почве может служить одним из показателей ее потенциального плодородия. С изменением климатических условий от умеренно засушливых степей к пустынным степям наблюдается общее уменьшение общих запасов растительной массы и, соответственно, содержания углерода в почве. Исследования показывают, что среди естественных фитоценозов степной зоны Казахстана максимальное количество биомассы (надземной и подземной) накапливается под разнотравно-ковыльной, типчаково-ковыльной растительностью (580-600 ц/га), далее по убыванию этого показателя следуют ковыльно-типчаковая (470-490 ц/га), полынно-типчаковая (350-360 ц/га) ассоциации [2]. При этом, по имеющимся экспериментальным и расчетным данным, из поступающих в почву растительных остатков гумифицируется не более 10 %, остальные 90 % органического вещества биомассы минерализуются до CO_2 [3].

Корневой массе принадлежит решающая роль в накоплении углерода в почве. В растительных ассоциациях степной зоны основная доля растительной массы представлена корнями при возростании отношения подземной массы к надземной в соответствии с усилением засушливости климатических условий: для черноземов обыкновенных оно составляет 10,3, черноземов южных – 13,4, темно-каштановых – 16,0, светло-каштановых – 19,2 [4].

Наибольшее содержание углерода приурочено к верхним горизонтам: в слое 0-20 см запасы углерода составляют 40-42 % от запасов в метровом слое, а в слое 0-50 – 75 % [5].

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. При этом наибольшая интенсивность разложения достигается при влажности почвы, близкой к 60-80 % от полной влагоемкости, и температуре 300 [5]. С учетом интенсивного нарастания биомассы растительности, использующей элементы минерального питания для вегетирования, потери углерода в самом верхнем корнеобитаемом слое (0-20 см) могут достигать 15-18 т/га [6].

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 органо-минеральных соединений.

Источником пополнения углерода в почвах к концу летнего сезона является не только опад корней и надземной биомассы, но и корневые выделения (органические кислоты, аминокислоты, сахара, ферменты и пр.), количество которых составляет более 10 % от биомассы растительности [6].

Амплитуда сезонных колебаний содержания углерода уменьшается вглубь почвенного профиля, и на глубине в 50 см практически не прослеживается.

Помимо общих биоклиматических условий, на содержание углерода в почвах оказывают влияние литолого-геоморфологические условия залегания почв и режим увлажнения.

Запасы углерода в зональных почвах одной подзоны при различном механи-

ческом составе закономерно уменьшаются от почв более тяжелого механического состава (глинистые, тяжелосуглинистые) к легким. Понижение содержания углерода при облегчении механического состава связано с более интенсивным разложением органической массы и слабым закреплением новообразованных веществ минеральной частью почвы [4].

В условиях расчлененного рельефа вариабельность в содержании углерода обуславливается залеганием почв по формам рельефа. Естественно, что на склонах почвы характеризуются более низкими значениями этого показателя в связи с поверхностным смывом, а почвы, залегающие по отрицательным формам рельефа, будут аккумулировать поступающее со смежных территорий органическое вещество.

Усредненные значения запасов углерода в основных почвах степной зоны Казахстана приведены в таблице 2.

Данные таблицы показывают, что запасы углерода в поуметровом слое в почвах степной зоны Казахстана колеблются в значительных пределах, уменьшаясь от величины 136-170 т/га для зональных полноразвитых почв подзоны умеренно засушливой степи до 49-52 т/га - пустынно-степной подзоны в соответствии усилением засушливости климата.

Среди зональных почв наиболее низким уровнем естественного плодородия и, соответственно, запасов углерода характеризуются солонцеватые роды, что связано с их ухудшенными, по сравнению с нормальными почвами, водно-физическими свойствами и условиями для развития растительности.

Несмотря на то, что роды карбонатных почв по процентному содержанию гумуса заметно не отличаются от нормальных зональных почв, запасы углерода в них как в слое 0-50 см, так и в слое 0-20 см несколько выше, что связано с более тяжелым механическим составом. Наиболее низкие значения запасов угле-

рода (на 25-35 % меньше полноразвитых почв) характерны для малоразвитых почв, которые отличаются небольшой мощностью гумусового горизонта, щебнистостью, разреженным растительным покровом.

В условиях дополнительного грунтового или поверхностного увлажнения создаются более благоприятные условия для развития растительности, что способствует накоплению органического вещества в почвах, поэтому почвы гидроморфного и полугидроморфного рядов заметно богаче по сравнению с автоморфными зональными почвами по запасам углерода, причем, чем большей засушливостью отличаются климатические условия, тем эта разница выше.

Засоленность и крайне неблагоприятные водно-физические свойства являются лимитирующими факторами для развития растительности на солонцах. В соответствии с этим запасы углерода в них низкие и не превышают 30-75 т/га, что на 40-50 % меньше по сравнению с нормальными зональными почвами.

ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ УГЛЕРОДА В ПОЧВАХ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Вовлечение земель степной зоны в сельскохозяйственное производство является главным фактором, изменяющим баланс углерода в почвах. Наиболее кардинальные изменения связаны с использованием земель под пашню.

Степная зона черноземов характеризуется как земледельческая зона зернового направления относительно устойчивого (подзона черноземов обыкновенных) и недостаточно устойчивого (подзона черноземов южных) бесполивного земледелия. Повторяемость засух в последней составляет 25 % лет. Черноземы обыкновенные и южные являются лучшими пахотно-пригодными среди зональных почв степной зоны Казахстана и к настоящему времени почти полностью распаханых.

Подзоны темно-каштановых и каштановых почв относятся к так называе-

Таблица 2 - Запасы углерода в почвах степной зоны Казахстана

Почвы	Вид угодя	Запасы углерода			
		в слое 0-50 см		в слое 0-20 см	
		т/га	% от целинного аналога	т/га	% от целинного аналога
Черноземы обыкновенные нормальные	целина	165		98	
	пашня	149	90	83	85
Черноземы обыкновенные карбонатные	целина	170		85	
Черноземы обыкновенные солонцеватые	целина	136		78	
	пашня	120	88	68	87
Черноземы обыкновенные малоразвитые	целина	107		73	
Черноземы южные нормальные	целина	115		75	
	пашня	103	90	63	83
Черноземы южные карбонатные	целина	132		56	
	пашня	113	86	48	85
Черноземы южные солонцеватые	целина	101		60	
	пашня	90	89	52	86
Черноземы южные малоразвитые	целина	93		51	
Лугово-черноземные типичные	целина	192		134	
Темно-каштановые нормальные	целина	102		52	
	пашня	91	89	43	82
Темно-каштановые карбонатные	целина	117		60	
	пашня	98	85	50	83
Темно-каштановые солонцеватые	целина	93		47	
	пашня	86	92	43	90
Темно-каштановые малоразвитые	целина	95		54	
Каштановые нормальные	целина	75		40	
	пашня	68	90	32	80
Каштановые карбонатные	целина	73		36	
	пашня	62	85	30	83
Каштановые солонцеватые	целина	62		33	
Каштановые малоразвитые	целина	51		33	
Светло-каштановые нормальные	целина	53		28	
	пашня	49	92	22	78
Светло-каштановые карбонатные	целина	52		30	
	пашня	45	86	24	80
Светло-каштановые солонцеватые	целина	49		25	
Светло-каштановые малоразвитые	целина	46		31	
Лугово-каштановые типичные	целина	131		75	
	пашня	114	87	70	93
Луговые типичные	целина	257		145	
Солонцы степные	целина	74		46	
Солонцы пустынно-степные	целина	34		21	

мой зоне "рискованного земледелия", отличающейся нестабильностью климата. Повторяемость засух соответственно составляет 35 и 50 % лет. В период засух урожайность снижается в 3-4 раза, а иногда посевы выгорают полностью. Лими-

тирующим фактором для развития земледелия здесь также является широкое развитие в структуре почвенного покрова солонцовых комплексов. Сельскохозяйственное использование земель пустынно-степной зоны преимущественно

животноводческое вследствие крайней засушливости климата. Повторяемость засух до 75 % лет. Нормальные зональные почвы (без признаков солонцеватости и засоления) имеют незначительное распространение и приурочены, как правило, к почвообразующим породам легкого механического состава.

Антропогенная трансформация пахотных почв, помимо чисто механического нарушения строения поверхностных горизонтов (А и частично В₁) и переуплотнения подпахотного горизонта, связана прежде всего со снижением гумусности, обусловленным перемешиванием поверхностных горизонтов, смывом и выдуванием гумуса в составе мелкозема, минерализацией гумуса и выносом элементов питания с урожаем сельскохозяйственных культур.

Как показывают исследования, потери углерода в пахотных неорошаемых почвах не ограничиваются только пахотным слоем, а захватывают более глубокие слои вплоть до 1 м. В количественном отношении эти потери существенно варьируют в зависимости от генетических свойств почв, рельефа, типа севооборота, системы обработки почвы, применения удобрений и могут достигать в пахотном горизонте 30 % [7]. В среднем за 50 лет распашки черноземы потеряли 19-22 %, каштановые почвы – 28-30 % гумуса. При этом среднегодовые потери углерода составляют 4,6-5,8 т/га [8].

В природных экосистемах содержание углерода в почве, количество органического вещества, которое создается биомассой, и поступление углерода в атмосферу при минерализации растительных остатков, остаются постоянными при непрерывности процессов продуцирования органического вещества в течение всего вегетационного периода, т.к. естественные фитоценозы состоят из растений с различными фенологическими ритмами.

При распашке экологический режим почв резко изменяется. Ритм продукционного процесса агрофитоценозов зада-

ется искусственно, при этом взаимодействие растений с почвой ограничено по времени, а значительная часть органического вещества агросистем изымается безвозвратно, нарушается биохимическое равновесие, проводящее к потерям углерода в почве. В агроценозах с урожаем и хозяйственно полезной продукцией отчуждается до 50-60 % органического вещества [3].

В пахотных почвах 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. Наибольшая часть растительных остатков бывшей целинной растительности после распашки разлагается через 8 лет [2], причем наиболее интенсивно – на паровых полях. Малоподвижный гумус вовлекается в биологический круговорот, а питательные элементы переходят в доступную для растений форму.

Исследования показывают, что корни культурной растительности в слое 0-50 см пахотных почв разлагаются в 1,4-1,6 раз быстрее, чем на целине [5]. С учетом того, что биомасса культурной растительности (120-140 ц/га) намного ниже, чем целинной (350-360 ц/га для темно-каштановых почв), расходная часть углеродного баланса многократно возрастает. На паровом поле биомасса растительности, представленная лишь корнями старопашки, составляет 70-90 ц/га [2] и здесь потери углерода особенно велики и достигают 20-25 % [3, 10, 11]. Например, было установлено, что верхний 20-сантиметровый слой чернозема обыкновенного в результате 12-летнего парования потерял 30,2 т/га углерода по сравнению с целинным аналогом [6].

Ускорению процессов минерализации способствуют также резкие колебания гидротермических условий (смена сухих жарких периодов теплыми влажными), что характерно для климата степной зоны.

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 большой устойчивостью к минерализации, обусловленной его прочными химическими связями с минеральной частью почвы [6]. Переход почв в новое стационарное состояние происходит примерно через 25 лет.

В таблице 2 приводятся данные по содержанию углерода целинных и пахотных почв, которые позволяют оценить потери углерода в почвах степной зоны Казахстана в слоях 0-50 см и 0-20 см.

В слое 0-50 см для нормальных зональных почв величина потерь углерода в почвах при их использовании под пашню в целом варьирует в незначительных пределах и составляет 9-10 %, несколько увеличиваясь для почв солонцеватых (11-12 %) и карбонатных (14-15 %).

Потери углерода в распахиваемом поверхностном слое (0-20 см) более ярко отражают их взаимосвязь с генетическими свойствами почв, обусловленными зональными и родовыми различиями.

Для нормальных пахотных почв потери углерода наиболее велики при закономерном возрастании по мере усиления засушливости климатических условий (от 15 % для черноземов обыкновенных до 23 % для светло-каштановых почв). Несколько пониженные значения этого показателя (15-20 %) для карбонатных родов по сравнению с нормальными связано с тем, карбонатность почв понижает растворимость гумуса. Для солонцеватых почв характерно не столь резкое падение содержания гумуса с глубиной, как для нормальных и карбонатных, обусловленное высокой емкостью поглощения солонцевых горизонтов, что несколько нивелирует негативные последствия перемешивания слоя 0-20 см при распашке. У этого рода почв потери углерода в слое 0-20 см незначительно превышают таковые для слоя 0-50 см и составляют 10-13 %.

Для интразональных пахотных почв полугидроморфного и гидроморфного ряда характерны большие потери углерода в слое 0-50 см (до 23-25 %) при незначительных – в слое 0-20 см (около 5%), что связано с миграцией растворимых компонентов гумуса вглубь профиля и более благоприятными условиями для развития корневой системы растений в поверхностных горизонтах. К тому же эти почвы имеют более растянутый гумусовый профиль и менее выраженное падение гумусности с глубиной.

Такие климатические факторы степной зоны, как небольшая высота снежного покрова при глубоком промерзании почв в зимний период, резкие колебания сезонных и суточных температур воздуха, частая повторяемость почвенной и атмосферной засухи, высокая ветровая активность, низкая относительная влажность воздуха, создают природные предпосылки для развития ветровой эрозии почв. Ареалами дефляции почв в степной зоне Казахстана являются древнеаллювиальные равнины (Прииртышская равнина, Северо-тургайское, Подуральское плато) и песчаные массивы.

Снижение запасов углерода в пахотных почвах степной зоны вызывается выдуванием наиболее тонких (менее 0,01 мм в диаметре), богатых органическим веществом частиц. При этом пахотный горизонт опесчанивается, и в дальнейшем такие почвы становятся совершенно неустойчивы против эрозии; содержание углерода резко снижается, его потери могут достигать 15-30 % [8].

Наиболее сильно подвергаются ветровой эрозии почвы легкого механического состава, а среди тяжелых по механическому составу почв – карбонатные. Ветровая эрозия проявляется особенно интенсивно осенью, зимой и ранней весной, когда поля лишены растительности.

В результате разработки почвозащитной системы земледелия [11] дефляция пахотных почв в целом была предотвращена, однако водная эрозия до сих пор остается одним из существенных фак-

торов деградации почв. Основными предпосылками усиленного поверхностного стока почв степной зоны является преимущественно ливневый и кратковременный характер летних осадков и бурное снеготаяние на фоне глубокого промерзания почв.

В этих условиях водная эрозия проявляется на склонах до $0,5^\circ$ включительно. В составе пашни таких земель до 4,2 млн. га. За 25 лет наблюдений площадь эродированной пашни увеличилась на 40 % [9]. Наиболее сильно водная эрозия проявляется в пределах Подуральского плато, Кокчетауской возвышенности, Общего Сырта, останцовых денудационных равнин Центрального Казахстана.

Немаловажным фактором, обуславливающим снижение запасов углерода в почвах, являются чрезмерные пастбищные нагрузки. Перевыпас проявляется прежде всего в нарушении естественного растительного покрова, с образованием вторичных сорнотравных фитоценозов, а местами до полного его уничтожения. Уменьшение биомассы, поступающей в почву, неизбежно сопровождается потерями углерода.

В пределах черноземной зоны и подзоны темно-каштановых почв большие площади степей распаханы, и пастбищные угодья приурочены к непригодным для земледелия участкам, как правило, с более расчлененным рельефом либо с широким распространением засоленных почв. Возрастание нагрузок скота на единицу площади приводит к ускорению пастбищной дигрессии, сопровождаемой водной эрозией, особенно по бортам речных долин и озерных котловин.

В подзонах каштановых и светло-каштановых подзон площадь пахотных земель невелика, а пастбищные угодья соответственно занимают большие площади, но разреженность растительного покрова, высокая ветровая активность, недостаточное увлажнение почв при неумеренном выпасе создают предпосылки для развития процессов дефляции. Установлено, что даже разовый про-

гон скота разрушает поверхностный слой почвы, а распыленный материал легко выносится уже при скорости ветра в 4-5 м/сек [12]. Исследования показывают, что интенсивный выпас является причиной потери до 15-18 % углерода в слое 0-10 см [12, 13].

МЕРОПРИЯТИЯ ПО СТАБИЛИЗАЦИИ И УВЕЛИЧЕНИЮ СОДЕРЖАНИЯ УГЛЕРОДА В ПОЧВАХ

Проблема воспроизведения почвенного плодородия почв степной зоны Казахстана, а, следовательно, и увеличения содержания углерода в почве, носит комплексный характер.

В первую очередь на основе результатов инвентаризации и оценки современного состояния почвенного покрова представляется необходимым выявление наиболее деградированных в результате длительной распашки, а также обладающих изначально низким уровнем естественного плодородия земель с целью выведения их из пахотного клина как не пригодных для производства сельскохозяйственной продукции.

При использовании земель под пашню необходимо поддержание бездефицитного баланса углерода за счет сбалансированных севооборотов с заменой паровых и паропропашных на травопольные или с выводным клином многолетних трав, на фоне внесения органических удобрений, включая сидераты.

С учетом высокого процента эродированных и эрозионно опасных почв в структуре пахотных земель степной зоны Казахстана особо важным представляется соблюдение необходимых противозерозионных мероприятий, которые должны быть адаптированы к зональным и региональным природно-климатическим и литолого-геоморфологическим условиям.

После распашки огромных площадей целинных земель степной зоны Казахстана в середине прошлого века резко активизировались процессы дефляции почв, сопровождаемые большими поте-

рями углерода. Для предотвращения ускоренной деградации почв Всесоюзным научно-исследовательским институтом зернового хозяйства была разработана почвозащитная система земледелия, основным агротехническим приемом которой является неглубокая (12-16 см) плоскорезная обработка почв без оборачивания пласта [11].

При этом снижается скорость ветра в приземном слое за счет шероховатости поверхности и оставляемой стерни, что предотвращает выдувание тонких, наиболее обогащенных органическим веществом частиц, способствует снегозадержанию и увеличению запасов продуктивной влаги. Повсеместное внедрение безотвальной вспашки позволило остановить ветровую эрозию почв степной зоны Казахстана.

Однако последующими исследованиями было установлено, что не для всех подзон характеризуемой территории ее преимущества столь же несомненны, как для черноземов, особенно если речь идет не только о предотвращении дефляции, но и сохранении запасов углерода в почве [10, 14].

Для черноземов при плоскорезной обработке пашни сохраняется свыше 50% углерода по сравнению с отвальной, так как не происходит постоянного перемешивания пахотного слоя почвы, а только разрыхление. При этом наиболее активным в биологическом отношении является слой 0-15 см [4, 5].

Однако полевые опыты, проведенные на темно-каштановых и каштановых почвах, показывают, что в условиях засушливого климата глубокая вспашка (до 30-35 см) с оборотом пласта, предшествующая безотвальной вспашке, способствует формированию на небольшой глубине плодородного погребенного горизонта, способствующего сохранению и консервации органического вещества, а при благоприятных условиях увлажнения – и некоторого его пополнения [14]. При этом создаются более благоприятные условия для развития кор-

невых систем растений, а извлеченный на поверхность малоплодородный горизонт В, как правило, плотный и оструженный, менее подвержен процессам эрозии, чем поверхностные горизонты, имеющие пылеватую структуру. Наибольшая эффективность глубокой вспашки проявляется в засушливые годы.

Для степной зоны Казахстана оптимальной является система земледелия, основанная на сочетании различных приемов отвальной и безотвальной обработки, порядок чередования которых должен выбираться с обязательным учетом генетических особенностей распахиваемых почв и биоклиматических условий их формирования.

Как уже отмечалось, существенные потери углерода в пахотных почвах степной зоны обуславливаются поверхностным смывом. Для его предотвращения необходимо проведение ряда специальных мероприятий, зависящих от степени расчленения рельефа и крутизны склонов.

На полях с уклоном менее 4-5° хорошие результаты дает периодическая глубокая вспашка (без переворачивания малоплодородных горизонтов) для разрушения плужной подошвы, которую следует применять во влажные годы с одновременным посевом кулис, безотвальная обработка с сохранением стерни, замена чистых паров занятыми и сидеральными, бороздование и лункование, введение севооборотов с многолетними травами с участием трав до 50 %. Перечисленные меры позволяют практически полностью предотвратить поверхностный смыв. Глубина промачивания почвы в весенний период при этом возрастает на 15-25 см.

На склонах до 6° обязательным является поконтурная обработка почв (вдоль горизонталей), обвалование, щелевание, планировка зарождающихся промоин, устройство постоянных буферных полос. При этом оптимальной шириной междоусов является 400-500 м, темно-каштановых

почв – 300-400 м, каштановых – 200-300 м [13, 15, 17].

При уклонах поверхности более 6° необходимо полное залужение склонов и превращение пашни или залежи в сенокосы, облесение оврагов и крутых склонов.

Одним из важных мероприятий по сохранению и восстановлению плодородия пахотных почв в условиях засушливого климата и активной ветровой деятельности степной зоны является создание лесозащитных полос. Исследованиями установлено, что скорость ветра в лесополосе в 3-метровом приземном слое снижается на 44-65 %, а зимой протяженность шлейфов задерживаемого снега вдоль полос достигает 30-70 высот посаженных деревьев.

Увеличение мощности снежного покрова значительно уменьшает промерзание почв в зимний период. Если в открытом поле на пашне почвы промерзают до глубины в 120 см, то на расстоянии в 100 м от лесных полос этот показатель уменьшается до 60-90 см, а в непосредственной близости от полос – до 15-24 см. При этом возрастают запасы продуктивной влаги.

Сохранению баланса углерода способствует также и отложение мелкозема, богатого органическим веществом, переносимого ветром, который "наращивает" мощность гумусового горизонта. При этом в межполосных пространствах (при расстоянии между полосами в 250-300 м) урожайность возрастает на 20-40 %. Особенно существенные изменения претерпевают почвы в пределах самих полос, где через 8-10 лет после посадки деревьев и кустарников запасы углерода в слое 0-40 см возрастают на 20-25 % и заметно превышают аналогичные показатели для зональных целинных почв [13, 17, 18].

В южной части подзоны, где повторяемость засух очень велика, рациональным представляется более широкое, чем в настоящее время, развитие орошаемого земледелия. Затраты на обустройство

оросительной сети и скважин в недостаточно обводненных районах достаточно быстро окупаются за счет прибавки сельскохозяйственной продукции. В сухостепной зоне с темно-каштановыми почвами, к примеру, орошение позволяет в 3-5 раз повысить продуктивность каждого гектара пашни [19]. Очаговое искусственное орошение таким образом, хотя и косвенно, способствует сохранению углеродного баланса степных экосистем, поскольку позволяет значительно сократить посевные площади.

Важное значение с точки зрения улучшения гумусного состояния почв имеет проблема восстановления залежных земель, выведенных из пахотного клина. Как показывает практика, в условиях недостаточного увлажнения самовосстановление антропогенно нарушенных почв происходит крайне медленно. В течение длительного периода (до 10 лет и более в зависимости от подзональной принадлежности) растительность залежных земель представляет собой сорнотравные сообщества, биопродуктивность которых намного меньше, чем естественных фитоценозов. К тому же корневые системы сорной растительности, как правило, не образуют плотной дернины и не препятствуют развитию процессов водной эрозии.

Эффективным методом улучшения углеродного баланса залежей является их залужение многолетними травами. Желательным при этом является внесение органических удобрений. Для восстановления естественных степных фитоценозов на залежных землях хорошо оправдывает себя метод сенования, когда в почву вносятся растительные остатки, скошенные на целинных участках в период после созревания семян. В данном случае семена служат посадочным материалом, а остатки надземных частей растений – органическим удобрением.

Коренного улучшения требуют и пастбищные угодья степной зоны, поскольку

ку, как показывают исследования, они большей частью деградированы. В первую очередь необходимым условием является упорядочение выпаса при недопустимости перегрузок скотом. Для этого пастбищные угодья надо разбить по сезонности выпаса, когда в качестве летних пастбищ используются равнинные степи и отчасти горные и предгорные территории, а зимних – песчаные территории и поймы крупных рек. Выпас следует осуществлять в условиях пастбищеоборота с выводным восстановительным клином, чтобы исключить эрозию, дефляцию и снижение биопродуктивности фитоценозов [15]. На сильно деградированных пастбищах необходимо проводить посев полезных трав, а на эродированных – мероприятия по предотвращению дефляции и эрозии почв.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Степная зона Казахстана характеризуется обширностью территории, разнообразием биоклиматических условий и сложным устройством поверхности и, в соответствии с этим, неоднородностью почвенного покрова при высокой вариабельности генетических свойств почв, его составляющих. В связи с этим изменяется и содержание углерода в почвах, поскольку каждая таксономическая почвенная единица вплоть до разновидности характеризуется своим балансом органического вещества.

Основной закономерностью, определяющей содержание углерода в почвах, является его уменьшение с севера на юг. В пределах подзон колебания в содержании углерода обусловлены неоднородностью почвенного покрова, определяемые литолого-геоморфологическими и гидрологическими условиями формирования.

Динамика содержания углерода в почвах в значительной степени определяется и антропогенным фактором, связанным прежде всего с сельскохозяйственным использованием земель. Экстенсивная система земледелия с неоправданным увеличением площади пахотных земель, несовершенными агротехническими приемами обработки пашни, высокими дозами вносимых минеральных удобрений при недостатке органических привели к утрате почвенного плодородия и потерям углерода в почвах.

Степные территории являются особым типом природной среды, где особенности динамики органического вещества в почвах обуславливают высокую уязвимость почвенного покрова при антропогенном воздействии. Опасность прогрессирующих потерь углерода в почвах особенно велика в связи с тем, что самовосстановление нарушенных экосистем в условиях засушливого климата степной зоны происходит чрезвычайно медленно.

В связи с этим к настоящему моменту назрела необходимость коренной перестройки методов хозяйственного управления земельными ресурсами степной зоны Казахстана, в основу которого должен быть положен принцип ландшафтно-экологического земледелия, предусматривающего использование принципов компенсации баланса органического вещества в почвах. При этом обязательным является учет генетических особенностей почв для выбора оптимальной системы земледелия и целесообразного размещения угодий, а также внедрение почвозащитных технологий возделывания растений, проведение влагосберегающих и противозерозионных мероприятий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Климат Казахстана (под ред. Утешева А.С.) Л.: Гидрометеиздат. 1959. С. 367.
2. Громыко И.Д., Кулаков Е.В., Мершин А.П., Панов Н.П. Биологический круговорот и плодородие черноземов и каштановых почв Целинного края // Плодородие и

мелиорация почв СССР. Доклады к VIII Международному Конгрессу почвоведов. М.: "Наука". 1964. С. 38-47.

3. Титлянова А.А., Тихомирова Н.А., Шатохина Н.Г. Продукционный процесс в агро-ценозах. Новосибирск: "Наука". 1985. 185 с.

4. Колходжаев М.К. Почвы Калбы и прилегающих территорий. Алма-Ата: «Наука». 1974. 254 с.

5. Вишневская Б.Я. Содержание и состав органических веществ // Южные черноземы Северного Казахстана. Алма-Ата: «Наука». 1974. С. 148-190.

6. Пономарева В.В., Плотникова Т.А. Гумус и почвообразование. Л.: "Наука". 1980. 221 с.

7. Рубинштейн М.И., Тазабеков Т.Т. Антропогенные изменения гумуса в пахотных почвах Казахстана / Достижения докучаевского почвоведения в Казахстане. Алма-Ата, 1985. С. 33-43.

8. Аханов Ж.У., Елешев Р.Е., Джаланкузов Т., Рубинштейн М.И., Иорганский А.И. Проблемы воспроизводства плодородия почв Республики Казахстан // Состояние и рациональное использование почв Республики Казахстан. Алматы. Тетис. 1998. С. 8-14.

9. Адерихин П.Г. Исследования плодородия черноземов Центрально-черноземной полосы при окультуривании // Плодородие и мелиорация почв СССР. Доклады к VIII Международному Конгрессу почвоведов. М.: "Наука". 1964. С. 31-38.

10. Аханов Ж.У. Теоретические основы воспроизводства плодородия почв Казахстана / Известия МН-АН РК. Серия биологическая. 1996. № 3. С. 13-24.

11. Бараев А.И. Защита почв от ветровой эрозии // Плодородие и мелиорация почв СССР. Доклады к VIII Международному Конгрессу почвоведов. М.: "Наука". 1964. С. 223-230.

12. Мухаметкаримов К.М., Смаилов К.Ш. Изменение физико-химических свойств почвы при различных режимах выпаса на естественном пастбище // Научные основы воспроизводства плодородия, охраны и рационального использования почв Казахстана, Алматы, 2001. С. 228-231.

13. Джанпейсов Р.Д., Алимбаев А.К., Балгабеков К.Б. и др. Развитие эрозии и дефляции почв, научные основы и практика почвозащитной мелиорации в Казахстане // Земельные ресурсы и повышение плодородия почв Казахстана Алма-Ата: "Наука". 1978. С. 80-97.

14. Матышук И.В. Проблема создания культурных почв в засушливом земледелии Казахстана // Почвенные исследования в Казахстане. Алма-Ата: АН Каз ССР. 1964. С. 118-143.

15. Аханов Ж.У., Пачикин К.М., Соколов А.А. Современное состояние почв и почвенного покрова Казахстана, их рациональное использование, охрана и задачи дальнейшего изучения // Состояние и рациональное использование почв Республики Казахстан. Алматы. Тетис, 1998. С. 4-8.

16. Соболев С.С., Брауде И.Д., Бялый А.М. и др. Зональные системы противоэрозионных мероприятий в СССР в условиях интенсификации сельского хозяйства // Плодородие и мелиорация почв СССР. Доклады к VIII Международному Конгрессу почвоведов. М.: "Наука". 1964. С. 206-215.

17. Рубинштейн М.И., Борангазиев Б.К., Бектемиров А. Влияние полезащитных лесных полос на плодородие темно-каштановых почв Восточного Казахстана // Плодородие почв Казахстана. Вып.1. Алма-Ата: "Наука". 1985. С.5-12.

18. Вадюнина А.Ф. Мелиоративное действие лесных полос на почвы полупустыни // Плодородие и мелиорация почв СССР. Доклады к VIII Международному Конгрессу почвоведов. М.: "Наука". 1964. С. 197-206.

19. Жердева С.В. К оценке продуктивности и некоторых свойств темно-каштановых почв в условиях орошения // Плодородие почв Казахстана. Вып.1. Алма-Ата: "Наука".1985. С.12-18.

Түйін

Қазақстанның дала зонасының топырағында көміртек құрамының өзгеруінің заңдылығы қаралған, олардың шығынының болмауына және ауыл шаруашылық өндіріс жағдайында қалпына келтіру ұсыныстары берілген.

Resume

Laws of change of the of carbon stock in soils of a steppe zone of Kazakhstan are considered, recommendations about prevention of its losses and stabilisation in the conditions of an agricultural production are given