

ЗЕМЛЯРОБСТВА І РАСЛІНАВОДСТВА

УДК 631.48.

Г. С. ЦЫТРОН¹, Е. В. ГОРБАЧЕВА², Т. Н. АЗАРЕНОК¹, С. В. ШУЛЬГИНА¹

ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ПОЧВООБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ В АГРОЗЕМАХ КУЛЬТУРНЫХ

¹Институт почвоведения и агрохимии

²Белорусская государственная сельскохозяйственная академия

(Поступила в редакцию 01.02.2011)

Введение. Главной особенностью современного процесса почвообразования является превалирование антропогенного фактора в формировании компонентного состава почвенного покрова. Особо следует отметить антропогенные изменения в почвах пахотных земель республики, поскольку современное развитие этих почв происходит под воздействием особого, генетически самостоятельного естественно-антропогенного почвообразовательного процесса [1, 2]. Антропогенные изменения в почвах пахотных земель столь значительны, что нашли свое отражение в последних классификационных построениях как национального, так и международного уровня [3–5 и др.]. В Беларуси почвы, образовавшиеся в результате целенаправленной деятельности человека по формированию плодородных почв на месте дерново-подзолистых, в новой классификации выделяются как самостоятельный тип – агроземы культурные.

Впервые понятие о «культурной почве» как особом природном теле, носящем на себе следы планомерного воздействия со стороны человека, было выдвинуто С. П. Кравковым [6] в середине 30-х годов прошлого столетия. Г. И. Григорьев и А. С. Коновалова [7] также указывали, что «...возникающий в результате окультуривания новый почвообразовательный процесс, поддерживаемый производственной деятельностью человека и протекающий главным образом под воздействием культурной растительности, в своем крайнем выражении настолько отличается от природного, что должен быть отнесен к другому типу».

Почвообразовательный же процесс, как отмечал еще С. С. Неуструев [8], «представляет сложное явление, состоящее из элементарных процессов, отдельных физико-химических явлений: та или иная степень и направление разложения минеральной основы и органического вещества; аэробный или анаэробный характер разложения; те или иные новообразования; энергия и направление выщелачивания, растворения и переноса и т. д.».

Однако до настоящего времени еще не разработана и теоретически не оформлена единая концепция элементарных почвенных процессов (ЭПП), несмотря на то что уже в 60-х годах прошлого века в научную литературу введены понятия и термин «элементарные почвенные процессы» [9].

В целом в современной научной литературе [9–12] единого мнения по номенклатуре и количеству ЭПП не существует. Поэтому в данной статье мы будем исходить из общепринятого в настоящее время представления [11], что любой ЭПП опирается на фактическое наличие и знание результата – диагностического признака или свойства конкретной почвы, и только затем на раскрытие сущности этого процесса. В связи с этим целью данной публикации является установление элементарных почвообразовательных процессов в агроземах культурных исходя из фактического наличия показателей отдельных их свойств, полученных в процессе исследований.

Объекты и методы исследования. Объектами исследований явились агрозоны культурные песчаного гранулометрического состава, сформировавшиеся на различных по генезису почвообразующих породах, которые представлены следующими разрезами:

разрез 3А-08 – агрозем культурный, развивающийся на мощном древнеаллювиальном песке, связнопесчаный (СПК «Голевичи» Калинковичского р-на Гомельской области: 52° 06' 39" с. ш.; 29° 29' 09" в. д., $h = 125$ м);

разрез 6А-08 – агрозем культурный, развивающийся на мощном моренном песке, связнопесчаный (СПК «Вархи» Городокского р-на Витебской области: 55° 33' 59" с. ш.; 29° 58' 55" в. д., $h = 199$ м);

разрез 7А-08 – агрозем культурный, развивающийся на мощном озерно-ледниковом песке (СПК «Озеры» Гродненского р-на Гродненской области: 53° 43' 38" с. ш.; 24° 07' 53" в. д., $h = 125$ м).

Исследования выполнены на основе сравнительно-профильно-морфологического и сравнительно-профильно-аналитического методов. Номенклатура почв и индексировка горизонтов даны по новой классификации [4]. Спектральную отражательную способность определяли на спектрофотометре СФ-18 с последующим расчетом коэффициентов цветности по формулам И. И. Карманова [13].

Все данные аналитических исследований, которые приведены в статье, выполнены согласно общепринятым методам, имеющим ГОСТ [14–17]. Профили почв изучали на глубину до 160 см, но в статье мы приводим в основном данные для метровой толщи, так как именно эта часть профиля наиболее существенно изменяется в процессе агрогенеза.

Результаты и их обсуждение. Впервые генетическая диагностика почв на основе элементарных почвенных процессов рассмотрена И. П. Герасимовым [10]. Он же констатирует, что «каждый генетический тип ... характеризуется определенным и только ему свойственным сочетанием ЭПП, хотя отдельные ЭПП могут и должны проявляться (в разных сочетаниях) в различных генетических типах почв». Согласно И. П. Герасимову, в формировании дерново-подзолистых почв принимают участие следующие ЭПП: гидратация, гумусонакопление в кислой среде, оподзоливание; в палево-подзолистых (наши дерново-палево-подзолистые) – гидратация, гумусонакопление в кислой среде, срединное оглеение и лессиваж; в дерново-карбонатных – гидратация, гумусонакопление в нейтральной среде, выщелачивание; в черноземах выщелоченных – вторичное оглинение, гумусонакопление в нейтральной среде, выщелачивание, лессиваж [10].

Согласно же современным представлениям [11], в формировании дерново-подзолистых почв ведущими элементарными почвообразовательными процессами являются: поступление органических остатков, их биогенная трансформация, гумификация органического вещества, разрушение силикатов (метаморфизм минерального вещества), лессиваж (миграция вещества), т. е. пять ведущих ЭПП создают облик дерново-подзолистой почвы. Поступление растительных остатков и их биогенная трансформация формируют подстилку различной мощности (О), а гумификация приводит к формированию гумусового горизонта (А). Органические кислоты, образующиеся при трансформации органических остатков, взаимодействуя с минеральной частью почв, приводят к разрушению первичных и вторичных силикатов, что вместе с активным лессиважем формирует элювиальный горизонт (Е). Лессиваж с сопутствующими (сопряженными и фоновыми) ЭПП образует иллювиальный горизонт (В). Таким образом, профиль дерново-подзолистой почвы имеет следующий вид: О – А – Е – В – С(Д) (элювиально-иллювиальный).

Однако рассмотренные выше ЭПП формируют естественную дерново-подзолистую почву. Сельскохозяйственное же освоение, но еще в большей степени целенаправленные мероприятия по созданию высококультурной почвы на месте исходной дерново-подзолистой, создают особые условия, способствующие развитию новых элементарных почвообразовательных процессов, которые протекают на фоне уже установленных (зональных), тем самым изменяя их соотношения: усиливая, ослабляя или приводя к затуханию. В результате этого почвообразовательный процесс, формирующий исходную дерново-подзолистую почву, в целом приобретает новое направление, а почва, следовательно, новые свойства, отличные от исходных, но присущие другим почвам.

Известно, что признаков и свойств почв огромное множество. Однако в зависимости от целей исследований, например, генетических и географо-картографических, такая группа признаков

и свойств в общем виде определена и в максимальной степени позволяет понять сущность связей в триаде: свойства ← процессы ← факторы. К ним относятся следующие свойства [9–12]:

– признаки, отражающие морфологическую дифференциацию и организацию почвенной массы (их цвет, разделение на горизонты, новообразования и т. д.);

– гранулометрический, химический, минералогический составы, отвечающие за педогенные изменения основной массы материнской породы;

– гумусное состояние почвы (количество, запасы, качественный состав гумуса, гумусовый профиль);

– характеристики почвенного поглощающего комплекса.

Согласно результатам наших исследований, морфологическое строение профиля агроземов культурных имеет органо-аккумулятивный характер, а не элювиально-иллювиальный, как у исходных почв, на месте которых они образовались: агрокультурный горизонт (PK), залегающий непосредственно на срединном (иллювиальном) горизонте (B), который постепенно переходит в почвообразующую породу. Об этом свидетельствует не только визуальная (полевая) диагностика, но и результаты спектрофотометрических исследований (табл. 1).

Т а б л и ц а 1. Спектральная отражательная способность исследуемых почв

Разрез	Генетический горизонт	Глубина отбора образца, см	750 нм	ЦУ	ЦХ	КО	ОПС	ОЧ	КД
3А-08	PK	5–10	31,0	5,8	–1,5	23,7	19,7	3,0	2,3
	PK	15–20	31,1	6,2	–1,5	23,9	19,5	3,3	2,4
	PK	25–30	30,8	5,3	–0,8	23,7	19,7	2,7	2,1
	PK	30–35	31,7	7,4	–2,0	24,5	18,9	4,1	2,8
	B ₁	55–60	58,8	17,7	3,9	42,2	9,3	19,5	4,5
	B _{2g}	75–80	60,5	19,8	4,7	44,2	8,6	23,7	4,8
6А-08	PK	5–10	30,6	10,7	–3,5	22,7	20,6	5,5	4,3
	PK	15–20	30,7	10,7	–2,1	22,7	20,6	5,3	4,4
	PK	30–35	35,5	12,8	–4,1	26,0	17,6	7,6	4,5
	B ₁	55–60	50,0	23,6	–7,2	34,9	12,2	20,2	6,1
	B _{2C}	75–80	39,0	25,1	–14,4	26,3	17,4	16,6	7,9
7А-08	PK	5–10	36,8	8,2	–1,1	28,7	15,7	5,3	2,7
	PK	15–20	37,6	8,0	–0,3	29,3	15,3	5,2	2,7
	PK	25–30	38,0	8,7	–0,8	29,4	15,2	5,7	2,9
	PK	30–35	37,1	8,1	–1,4	28,9	15,6	5,3	2,7
	B ₁	55–60	55,0	33,7	–5,0	37,6	11,0	31,0	8,6
	B _{2C}	75–80	55,0	28,4	–2,4	39,0	10,5	27,1	7,1

Количественные значения коэффициента дифференциации профиля плавно изменяются на всю глубину агрогумусового горизонта, увеличиваясь в срединном (иллювиальном) горизонте. Резкого снижения показаний КД на границе этих горизонтов, указывающих на наличие элювиального, не наблюдается (см. табл. 1) [13]. Отсутствует здесь также и характерная для дерново-подзолистых почв дифференциация по распределению илистой фракции (табл. 2).

Т а б л и ц а 2. Профильное распределение фракций физической глины

Разрез	Генетический горизонт	Глубина отбора образца, см	Физическая глина (< 0,01 мм)	В том числе		
				пыль средняя (0,01–0,005 мм)	пыль мелкая (0,005–0,001 мм)	ил (< 0,001 мм)
3А-08	PK	5–10	5,8	1,5	1,3	3,0
	PK	15–20	4,3	0,3	1,3	2,7
	PK	25–30	4,4	0,2	1,6	2,6
	PK	30–35	4,7	0,7	1,2	2,8
	B ₁	55–60	5,0	0,8	1,9	2,3
	B _{2g}	75–80	5,3	0,7	2,6	2,0

Разрез	Генетический горизонт	Глубина отбора образца, см	Физическая глина (< 0,01 мм)	В том числе		
				пыль средняя (0,01–0,005 мм)	пыль мелкая (0,005–0,001 мм)	ил (< 0,001 мм)
6А-08	PK	5–10	9,6	3,1	3,7	2,8
	PK	15–20	8,5	2,5	3,4	2,6
	PK	30–35	4,4	0,7	1,3	2,4
	B ₁	55–60	4,8	0,9	1,2	2,7
	B _{2C}	75–80	3,3	0,3	0,6	2,4
7А-08	PK	5–10	8,7	2,3	2,6	3,8
	PK	15–20	8,8	2,3	2,7	3,8
	PK	30–35	9,2	3,0	2,2	4,0
	B ₁	55–60	8,8	3,0	2,6	3,2
	B _{2C}	75–80	6,9	4,0	1,4	1,5

Минералогический состав этих почв (табл. 3) указывает на то, что характерный для зонального типа почвообразования процесс вермикулитизации гидрослюдистого компонента не прекращается и протекает уже на фоне некоторого увеличения отношения содержания вермикулита к содержанию гидрослюды в агрокультурном горизонте, что свидетельствует о существенном росте емкости поглощения в исследуемых почвах (табл. 4), благоприятно сказывающемся на их оструктурировании (табл. 5).

Т а б л и ц а 3. Профильное распределение основных минеральных фаз менее 1 мкм в агроземах культурных

Разрез	Генетический горизонт	Глубина отбора образца, см	Содержание фракции менее 1 мкм	Содержание глинистых минералов									
				% от ила					% от почвы				
				сметит	вермикулит	гидрослюда	каолинит	хлорит	сметит	вермикулит	гидрослюда	каолинит	хлорит
3А-08	PK	5–10	3,0	–	43	34	17	6	–	1,29	1,02	0,51	0,18
	PK	25–30	2,6	–	45	30	15	10	–	1,17	0,78	0,39	0,26
	PK	35–40	2,8	–	49	24	15	12	–	1,37	0,67	0,42	0,33
	B ₁	55–60	2,3	2	17	47	27	7	0,05	0,39	1,08	0,62	0,16
	B _{2g}	75–80	2,0	5	21	49	21	4	0,10	0,42	0,98	0,42	0,08
6А-08	PK	5–10	2,8	–	34	37	22	7	–	0,95	1,03	0,61	0,19
	PK	15–20	2,6	–	35	35	22	8	–	0,91	0,91	0,57	0,21
	PK	30–35	2,4	–	34	35	21	10	–	0,81	0,84	0,50	0,24
	B ₁	55–60	2,7	–	27	38	25	10	–	0,73	1,03	0,67	0,27
	B _{2C}	75–80	2,4	–	11	60	24	5	–	0,26	1,44	0,57	0,12
7А-08	PK	5–10	3,8	–	35	35	23	7	–	1,33	1,33	0,87	0,26
	PK	15–20	3,8	–	41	29	21	9	–	1,56	1,10	0,80	0,34
	B ₁	55–60	3,8	–	41	40	10	9	–	1,56	1,52	0,38	0,34
	B _{2C}	75–80	1,5	–	21	60	13	6	–	0,31	0,90	0,19	0,09

Т а б л и ц а 4. Среднестатистические показатели физико-химических свойств агроземов культурных

Разрез	Генетический горизонт / глубина отбора образца, см	рН	Hг ⁺	S	T	V
			смоль(+)-кг ⁻¹			
3А-08	PK 5–35	6,58 ± 0,07 19	0,85 ± 0,06 9	22,29 ± 4,86 9	23,14 ± 4,83 9	96,33 ± 2,58 9
	B ₁ 55–60	6,37 ± 0,04 5	0,77 ± 0,12 5	3,87 ± 0,90 5	4,64 ± 1,10 5	83,40 ± 1,60 5
	B _{2g} 75–80	6,25 ± 0,12 5	0,70 ± 0,12 5	4,64 ± 0,52 5	5,34 ± 1,12 5	86,89 ± 1,42 5

Разрез	Генетический горизонт / глубина отбора образца, см	pH	Нг ⁺	S	T	V
			смоль(+)-кг ⁻¹			
6A-08	PK	$6,00 \pm 0,12$ 18	$1,44 \pm 0,15$ 7	$18,37 \pm 2,64$ 7	$19,81 \pm 2,56$ 7	$92,73 \pm 1,41$ 7
	$\frac{B_1}{55-60}$	$6,12 \pm 0,27$ 7	$0,98 \pm 0,17$ 7	$5,37 \pm 0,28$ 7	$6,35 \pm 1,19$ 7	$84,57 \pm 3,62$ 7
	$\frac{B_2C}{75-80}$	$6,08 \pm 0,82$ 5	$0,79 \pm 0,09$ 5	$8,00 \pm 3,40$ 5	$8,79 \pm 3,49$ 5	$91,01 \pm 3,02$ 5
7A-08	PK	$6,21 \pm 0,10$ 14	$1,32 \pm 0,18$ 7	$8,29 \pm 0,97$ 7	$9,61 \pm 1,00$ 7	$86,26 \pm 1,91$ 7
	$\frac{B_1}{55-60}$	$6,17 \pm 0,29$ 5	$0,35 \pm 0,10$ 5	$3,33 \pm 0,98$ 5	$3,68 \pm 1,04$ 5	$90,49 \pm 2,00$ 5
	$\frac{B_2C}{75-80}$	$6,60 \pm 0,13$ 5	$0,22 \pm 0,13$ 5	$3,00 \pm 0,60$ 5	$3,22 \pm 0,47$ 5	$93,17 \pm 3,14$ 5

Примечание. Над чертой – среднестатистическое значение, под чертой – количество определений.

Согласно результатам исследований, в агроземах культурных увеличивается интенсивность процессов минерализации и трансформации органического вещества, формируется более ценный в агрономическом понимании гумус с более широким отношением углерода гуминовых кислот к углероду фульвокислот и более узким, по сравнению с исходными, отношением углерода к азоту (табл. 6).

Таблица 5. Показатели структурного состояния агрокультурных горизонтов исследуемых почв

Разрез	Генетический горизонт / глубина отбора образца, см	Размер агрегатов (мм) и их содержание (%)		Коэффициент структурности (K _{стр})	Критерий водоустойчивости (критерий АФИ), %
		при сухом расसेве (0,25–10 мм)	при мокром рассеве (> 0,25, мм)		
3A-08	PK 5–10	$74,49 \pm 2,66$ 8	$34,40 \pm 1,83$ 7	$3,39 \pm 0,65$ 8	$74,61 \pm 10,01$ 8
6A-08	PK 5–10	$85,43 \pm 1,55$ 8	$79,01 \pm 1,01$ 8	$6,53 \pm 0,93$ 8	$246,61 \pm 44,68$ 8
7A-08	PK 5–10	$60,22 \pm 3,26$ 8	$42,23 \pm 1,49$ 4	$1,64 \pm 0,21$ 8	$74,48 \pm 16,67$ 4

Таблица 6. Показатели гумусного состояния агроземов культурных

Разрез	Генетический горизонт / глубина отбора образца, см	Гумус, %	C _{общ} , %	C : N	Σ C _{гк}	Σ C _{фк}	C _{гк} : C _{фк}	Негидролизующий остаток	Степень гумификации, %	Запасы гумуса, т/га	
										0–20 см	0–50 см
3A-08	PK 5–10	2,81	1,63	8,58	39,26	22,69	1,73	38,05	63,37	76,58	168,75
6A-08	PK 5–10	6,36	3,69	11,18	37,40	16,26	2,30	46,34	69,70	103,17	205,60
7A-08	PK 5–10	5,43	3,15	11,25	39,37	18,36	2,14	42,27	68,20	78,18	166,19

Заключение. Таким образом, все вышеизложенное позволяет диагностировать в формировании агроземов культурных следующие элементарные почвообразовательные процессы и установить степень их проявления, согласно Н. А. Караваевой, В. О. Таргульяну и др. [11, 12]:

гумификация органического вещества, т. е. интенсивное гумусообразование *in situ* и гумусонакопление с образованием мощного поверхностного агрокультурного горизонта темного цвета с фульватно-гуматным или гуматным типом гумуса;

антропогенные педотурбации – перемещение почвенной массы в результате человеческой деятельности, которые затрагивают, как правило, относительно наших исходных почв несколько

верхних диагностических горизонтов и приводят к нарушению естественного строения профиля, полному уничтожению элювиальной части;

метаморфизм минерального вещества осуществляется в виде следующих ЭПП: ведущий почвообразовательный процесс – трансформация глинистых минералов: сочетание вермикулитизации гидрослюдистого компонента (деградация) с одновременным образованием гидрослюд (агродация); а ЭПП – разрушение силикатов под действием кислых органических кислот в условиях промывного водного режима из ведущего превращается в фоновый;

оструктуривание (образование достаточно прочной зернисто-комковатой структуры в генетическом отношении, хорошего и отличного структурно-агрегатного состояния – в агрономическом отношении).

Сочетание вышеназванных ведущих, фоновых и сопряженных ЭПП позволяет относить формируемые ими почвы уже к совершенно другому типу.

Литература

1. Муха, В. Д. Естественнo-антропогенная эволюция почв (общие закономерности и особенности) / В. Д. Муха. – М.: Колос, 2004. – 271 с.
2. Агроземы культурные – миф или реальность / Г. С. Цытрон [и др.] // Эволюция почвенного покрова: история идей и методы, голоценовая эволюция, прогнозы: труды V междунар. конф., 26–31 окт., 2009 г., Пушкино, Московская обл.; отв. ред. И. В. Иванов, Л. С. Песочина. – Пушкино, 2009. – С. 56–59.
3. Классификация и диагностика почв России / Л. Л. Шишов [и др.]. – Смоленск: Ойкумена, 2004. – 342 с.
4. Смян, Н. И. Классификация, диагностика и систематический список почв Беларуси / Н. И. Смян, Г. С. Цытрон. – Минск, 2007. – 220 с.
5. World Reference Base for Soil Recourses. // FAO [Electronic resource]. – Rome, 2006. – Mode of access: www.fao.org/ag/agl/agll/wrb/doc/wrb2006_final.pdf. – Date of access: 17.01.2011.
6. Кравков, С. П. Агрологические исследования в области изучения диагностики биохимических процессов в почвах подзолистого типа / С. П. Кравков // Почвоведение. – 1925. – № 1–2. – С. 5–19; № 3. – С. 28–29.
7. Григорьев, Г. И. О разработке классификации почв по окультуренности / Г. И. Григорьев, А. С. Коновалова // Изменение почв при окультуривании, их классификация и диагностика. – М., 1965. – С. 171–192.
8. Неуструев, С. С. Элементы географии почв / посм. изд-е под ред. Л. И. Прасолова. – М.; Л.: Сельхозгиз, 1930. – 240 с.
9. Герасимов, И. П. Элементарные почвенные процессы как основа для генетической диагностики почв / И. П. Герасимов // Почвоведение. – 1973. – № 5. – С. 104–113.
10. Герасимов, И. П. Опыт генетической диагностики почв СССР на основе элементарных почвенных процессов / И. П. Герасимов // Почвоведение. – 1975. – № 5. – С. 3–9.
11. Караваева, Н. А. Элементарные почвообразовательные процессы: Опыт концептуального анализа, характеристика, систематика / Н. А. Караваева, В. О. Таргульян. – М.: Наука, 1992. – 184 с.
12. Таргульян, В. О. Почвообразование и элементарные почвообразовательные процессы / В. О. Таргульян // Почвоведение. – 1985. – № 11. – С. 36–45.
13. Карманов, И. И. Спектральная отражательная способность и цвет почв как показатели их свойств / И. И. Карманов. – М.: Колос, 1974. – 351 с.
14. Методические указания по корректировке почвенных материалов осушенных и прилегающих к ним земель в сельскохозяйственных организациях Республики Беларусь / Н. И. Смян [и др.]. – Минск: РУП ИПА НАН Беларуси, 2005. – 17 с.
15. Горбунов, Н. И. Минералогия и физическая химия почв / Н. И. Горбунов. – М.: Наука, 1978. – 293 с.
16. Способ определения минералогического состава фракций физической глины почв: пат. 10926, Респ. Беларусь МПК G 01N 33/24, С 1 2008.08.30 / Н. И. Смян [и др.]; заявитель Ин-т почвоведения и агрохимии. – № 10926 // Изобретения. – 2008.
17. Шеин, Е. В. Курс физики почв: учебник для вузов / Е. В. Шеин. – М., 2005. – С. 57–62.

G. S. TSYTRON, E. V. GORBACHOVA, T. N. AZARONAK, S. V. SHUL'GINA

ELEMENTARY SOIL FORMING PROCESSES IN HORTIC ANTHROSOLS

Summary

The article presents the results of the research of composition and properties of Hortic Anthrosols on the basis of which the basic elementary soil processes comprising a part of soil forming process are diagnosed.