

УДК 631.417.2(235.211-15)

СОСТАВ И СВОЙСТВА ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В ПОЧВАХ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ПОЧВЕННО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ПОЯСОВ ЗАПАДНОГО ПАМИРА

А. И. КАРПУХИН, М. Э. КОРНИШИНА

(Кафедра почвоведения)

В статье рассматриваются некоторые химические характеристики гумусовых соединений высокогорных почв, которые предлагаются в качестве показателей их гумусового состояния (молекулярно-массовый состав гумусовых кислот и содержание в них катионов металлов).

Состав и свойства гумуса и гумусовых кислот почв вертикальной зональности в настоящее время стали предметом подробного изучения в связи с необходимостью оценки гумусового состояния этих почв.

В работах, выполненных на территории Памиро-Алая и Западного Памира [1—4, 8, 9], достаточно подробно рассмотрены такие важнейшие характеристики почв, как запасы гумуса и азота, групповой состав гумусовых кислот некоторые их физико-химические свойства, биологическая активность.

Нами наряду с общепринятыми показателями гумусового состояния [7] были определены в почвах Дарвазского хребта, одного из крупнейших на Западном Памире, состав и свойства органоминеральных соединений, образованных гумусовыми кислотами. Такие данные для почв этого региона до сих пор отсутствовали. Вместе с тем знание их необходимо при выявлении генетических особенностей гумусовых веществ в почвах, развивающихся в разных экологических условиях, а также при изучении химического загрязнения окружающей среды.

Гумусовые вещества извлекали из почвы пирофосфатом калия по методу Кононовой — Бельчиковой, гуминовые кислоты (ГК) осаждали подкислением раствора 1 н. H_2SO_4 . В вытяжках определяли углерод методом Тюрина и содержание металлов на атомно-абсорбционном спектрофотометре «Perkin Elmer». Выделение органоминеральных соединений проводили на хроматографической колонке, наполненной гелем-молселектом марки G-10 [5]. Содержание катионов тяжелых металлов определяли в исходных металлорганических соединениях и в молекулярно-массовых фракциях органических веществ.

По результатам рекогносцировочных, исследований почв в изучаемом районе были выделены два высотных пояса: пояс высокогорных и пояс коричневых почв. Первый занимает преимущественно водораздельные поверхности хребтов, последний — всю нижележащую территорию до высот 1600—2000 м. В ряде случаев наблюдалась инверсия почвенных зон, связанная с различной ориентацией мезосклонов в отрогах хребтов.

Образцы для анализов отбирали из почвенных катен, две из которых описываются ниже более подробно.

Первая катена (условно названа Шугноу) расположена в верховьях р. Яксу на высотах от 2000 до 2400 м. Она характерна для центральной сыртообразной части высокогорий Дарвазского хребта и его отрогов. Участок с водораздельной аккумулятивной поверхностью представляет собой остаток нижнечетвертичной аллювиальной и пролювиальной террасы (дашт). Он интенсивно, но неглубоко расчленен, склоны короткие, крутизной 20—25°, с мягкими очертаниями. Почвообразующими породами в верхней и нижней частях дашта являются соответственно лёсс и бескарбонатный суглинок, которые перекрывают с поверхности толщу неогенового конгломерата. Растительный покров — мощно развитые луговые травы с большой подземной и надземной мас-

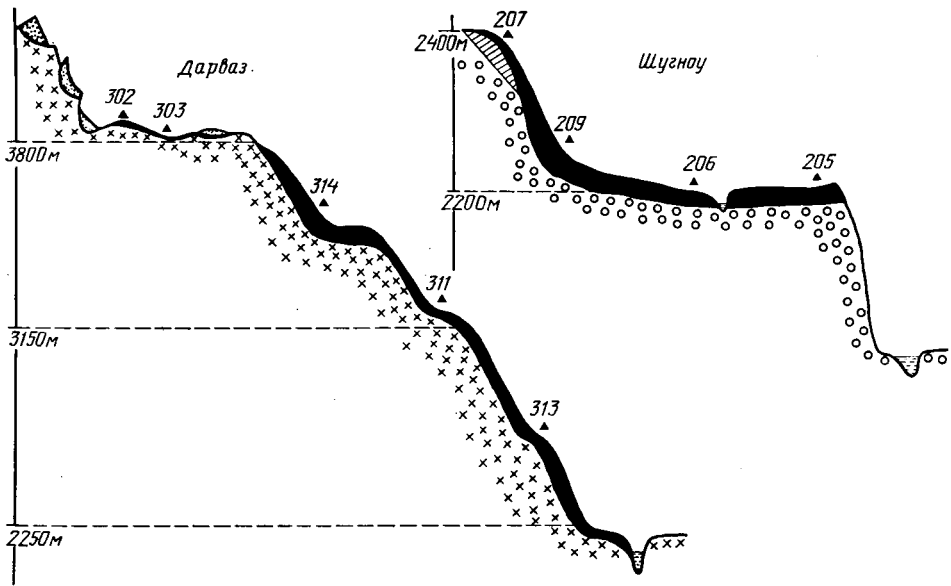


Схема рельефа участков и расположения разрезов.

сой. Имеются выходы грунтовых вод. Почвы — высокогорные лугово-степные темноцветные (рр. 205, 206, 209). На гребнях холмов, окаймляющих дашт, в верхней его части, узкая полоса ксерофитной растительности с большой долей злаков. Здесь сформированы коричневые типичные почвы (р. 207).

Вторая катена, названная Дарваз, расположена в верховьях р. Оби-Хумбоу и занимает участок с перепадом высот от 2500 до 4000 м. Она характерна для южного и частично северного склонов основного хребта. Участок находится на юго-западном мезосклоне, начинается с холодного высокогорного плато, занятого пустынно-степной растительностью, а заканчивается в пойме ручья двумя километрами ниже в зарослях борщевика и других высоких зонтичных растений. Склон крутизной приблизительно 35° покрыт разнотравными лугами, но в нижней части с вкраплением древесной и кустарниковой растительности. Имеются выходы коренных пород. Основная подстилающая порода — габбро-анортозиты. Почвы — пустынно-степные светлые (рр. 302 и 303), коричневые выщелоченные (рр. 311 и 313) и ранкеры (р. 314).

На геоморфологической схеме участков черной линией показана мощность гумусовых горизонтов в катенах. Как видно на схеме и из табл. 1, по степени сформированности мощности гумусового горизонта и содержанию в нем общего углерода почвы вертикальной зональности в данном районе можно расположить в следующий убывающий ряд: высокогорные, лугово-степные, темноцветные, коричневые, выщелоченные, коричневые типичные, высокогорные пустынно-степные.

Групповой состав гумуса почв в катенах характеризуется рядом особенностей. Во всех типах почв, кроме коричневой типичной, основная масса гумуса представлена фульвокислотами (ФК). В целом для гумусового горизонта соотношение $ГК:ФК < 1$. Поскольку в коричневых выщелоченных и особенно темноцветных почвах мощность этого горизонта значительная (р. 313 — 40 см; рр. 205 и 206 — 70—80 см; р. 209—117 см), а сам гумус неоднороден, образцы для анализа отбирали послойно.

Так как вещества фульвокислотной природы играют наиболее заметную роль, был определен и их молекулярно-массовый состав. Результаты гелевой фильтрации на колонках G-10 и G-50 показали, что эти соединения неоднородны по составу и содержат фракции с мо-

Качественный состав гумуса (% к общему углероду)
в почвах вертикальной зональности

Горизонт и глубина взятия образца, см	C _{общ} , %	ГК	ФК	Негидролизуемый остаток	C _{ГК} :C _{ФК}
Дарваз					
Пустынно-степная почва, р. 302					
А1 0—10	2,49	16,47	18,47	65,06	0,89
АВ 20—30	1,94	10,82	18,57	70,61	0,58
В 30—40	1,50	8,67	25,60	65,73	0,34
р. 303					
А1 0—10	1,89	14,81	16,76	68,43	0,88
АВ 20—30	1,48	6,81	11,68	81,53	0,58
Ранкер, р. 314					
А1 0—10	7,37	16,60	14,60	68,80	1,14
А1 20—35	5,42	26,94	49,26	23,80	0,55
Коричневая выщелоченная, р. 311					
А ₀ 0—10	8,03	11,33	7,97	80,70	1,42
А1 10—20	2,53	10,28	17,39	72,33	0,59
А1 20—30	2,14	11,68	12,15	76,17	0,96
р. 313					
А ₀ 0—10	6,27	12,60	7,97	79,43	1,58
А1 10—20	2,16	8,80	12,04	79,16	0,73
А1 20—30	1,07	11,21	27,36	61,43	0,41
Шугноу					
Лугово-степная, р. 205					
А _v 0—10	4,08	21,57	10,98	67,45	1,96
А1' 20—30	1,95	20,00	19,08	60,92	1,05
А1" 40—50	1,77	16,95	37,97	45,08	0,45
р. 206					
А _v 0—10	3,61	12,93	12,80	74,27	1,01
А1' 25—35	1,74	9,66	18,28	72,06	0,53
А1" 45—55	1,11	10,04	42,16	47,80	0,24
р. 209					
А _v 0—10	4,43	7,04	9,48	83,48	0,74
А1' 20—30	3,47	13,83	20,20	65,97	0,68
А1" 50—60	2,69	8,92	14,94	76,14	0,60
В _g 100—110	1,81	11,27	16,24	72,49	0,69
Коричневая типичная, р. 207					
А1 0—15	1,37	16,20	13,58	70,22	1,19
В _m 30—40	0,67	15,19	14,33	70,48	1,03

лекулярной массой 7000—9000 и 400—500. Их процентное соотношение в разных типах почв оказалось различным.

Известно [5, 6], что соотношение между молекулярно-массовыми фракциями гумусовых веществ и абсолютное значение молекулярных масс фракций зависят от генезиса почвенного горизонта, сельскохозяйственного использования и степени гидроморфности почв. В свою очередь, молекулярная масса гумусовых соединений определяет многие свойства почв, а также характер процессов превращения и передвижения веществ в почвах. Поэтому при оценке гумусового состояния почв необходимо учитывать молекулярно-массовое распределение основных групп гумусовых веществ.

В вытяжках, полученных для анализа на групповой состав гумусовых веществ при соотношении почва : раствор — 1:10, был определен ряд металлов группы кальция (Ca, Sr, Mg) и железа (Fe, Mn, Zn, Cu, Co, Ni, Cr, Cd, Ag).

Состав соединений гумусовых кислот в почвах вертикальной зональности

Горизонт и глубина взят- ия образца, см	Содержание металлов, мг на 1 г С						Ca:Sr
	Mg		Ca		Sr		
	ГК	ФК	ГК	ФК	ГК	ФК	
Дарваз							
Пустынно-степная почва, р 302							
A1 0—10	0,4	12,9	—	26,8	8,0	132,4	0,2
AB 20—30	0,4	13,8	—	17,2	18,9	168,3	0,1
B 30—40	1,5	13,6	—	9,9	40,5	164,1	0,1
р. 303							
A1 0—10	0,9	10,0	—	24,4	17,8	95,2	0,2
AB 20—30	1,8	28,5	—	75,8	83,3	239,4	0,2
Ранкер, р. 314							
A1 0—10	2,7	20,9	12,0	63,1	11,0	53,9	1,2
A1 20—35	2,9	28,1	5,1	62,7	15,4	83,7	0,7
Коричневая выщелоченная, р. 312							
A ₀ 0—10	4,2	71,2	17,3	170,0	18,0	90,0	1,6
A1 10—20	9,5	66,1	33,8	188,6	86,2	121,4	1,1
A1 20—30	6,5	117,5	20,8	144,6	48,0	212,3	0,6
р. 343							
A ₀ 0—10	1,0	49,9	20,8	144,4	5,6	112,0	1,4
A1 10—20	8,5	68,8	17,9	145,4	5,3	246,2	0,6
A1 20—30	10,1	34,4	26,7	142,7	16,0	185,4	0,8
Шугноу							
Коричневая типичная, р. 207							
A1 0—15	1,5	7,5	25,9	152,7	—	24,7	7,2
B _m 30—40	6,3	14,5	65,8	206,8	—	33,0	8,2
Лугово-степная, р. 209							
A _y 0—10	0,8	38,2	24,2	52,3	—	28,8	3,0
A ^y 20—30	1,9	16,9	29,1	61,7	—	27,8	3,6
A1 ⁿ 50—60	0,5	17,7	26,6	48,2	—	27,5	3,1
B _g 100—110	1,1	25,6	29,0	49,0	—	29,9	2,9

Как видно из табл. 2 и 3, общее содержание металлов, в том числе тяжелых, достаточно велико и разнообразно, а распределение их неравномерно как в пределах катен, так и по группам гумусовых кислот.

В соединениях фульвокислотной природы были обнаружены все определяемые элементы, и в значительно больших количествах, чем в ГК. По их содержанию в расчете на 1 г углерода можно составить следующий ряд: Ca и Sr > Fe > Mg > Mn > Zn > Ni > Co > Cu > Cr > Cd.

Отмечена геохимическая аномалия в содержании стронция в катенах. Стронций и его широко распространенный аналог кальций соперничают между собой по общему количеству и содержанию в той или иной группе ГК (табл. 2). Катена Шугноу была заранее интересна тем, что она находится на территории стронциевой биогеохимической провинции Таджикистана, выделенной В. В. Ковальским с сотрудниками [7]. Данный район был охарактеризован ими как участок вторичного накопления стронция, обусловленного выносом его из горных пород подземными водами. Общий фон содержания стронция в почвах этой провинции в 2—2,5 раза выше, чем в курских черноземах, условно принятых за эталон; коэффициент отношения Ca : Sr в них равен 200, а для районов, окружающих участок Шугноу, — около 10. Нами было установлено, что отношение Ca : Sr в составе органического вещества почв еще более узкое: в коричневой типичной оно близко к 10, а в темноцветной — значительно меньше.

Если рассматривать аналогичным образом участок Дарваз, то сразу видна его чрезвычайная обогащенность стронцием. Так, отношение

Содержание тяжелых металлов (мг на 1 г С)
в составе ГК и веществах фульватной природы

Горизонт и глубина взят- ия образца	В ГК			В веществах фульватной природы								
	Fe	Zn	Cu	Fe	Mn	Zn	Ni	Co	Cu	Cr	Cd	
Дарваз												
Пустынно-степная почва, р. 302												
АI 0—10	9,2	2,5	0,5	48,5	10,2	3,4	2,9	2,9	1,7	0,3	0,1	
АВ 20—30	33,9	11,7	1,1	56,5	15,2	5,2	4,6	3,2	2,0	0,7	0,2	
В 30—40	38,3	12,8	—	52,7	11,2	6,8	4,5	3,3	1,7	0,6	0,1	
р. 303												
АI 0—10	1,7	3,1	0,1	75,3	8,7	9,8	7,8	5,2	3,7	1,2	0,4	
АВ 20—30	18,0	4,8	0,4	146,9	30,5	13,8	6,7	6,2	4,0	2,4	0,4	
Ранкер, р. 314												
АI 0—10	1,6	2,0	0,5	28,1	5,1	5,4	2,9	2,2	1,3	1,2	0,1	
АI 20—35	4,1	2,2	0,7	44,6	11,0	7,6	5,3	3,4	1,3	1,8	0,2	
Коричневая выщелоченная, р. 311												
А ₀ 0—10	4,9	2,5	0,7	72,8	6,2	4,9	3,0	1,8	0,9	0,4	0,1	
АI 10—20	21,5	7,3	0,7	147,1	16,5	6,2	4,4	3,6	1,2	0,6	0,1	
АI 20—30	36,0	3,9	1,1	131,7	11,4	5,4	4,3	2,6	1,4	0,7	0,1	
р. 313												
А ₀ 0—10	3,0	1,5	0,7	35,7	10,6	5,7	4,4	3,4	0,9	0,8	0,2	
АI 10—20	14,2	4,7	1,2	51,4	19,2	13,8	5,9	3,9	2,1	0,6	0,2	
АI 20—30	15,8	5,5	0,3	49,2	16,7	7,7	6,9	4,4	2,8	0,6	0,3	
Шугноу												
Коричневая типичная, р. 207												
АI 0—15	3,3	13,6	1,2	13,0	4,8	9,3	6,5	6,1	2,3	0,3	0,4	
В _m 30—40	25,0	10,8	10,0	17,0	5,0	11,9	9,8	8,3	3,3	0,6	0,4	
Лугово-степная, р. 209												
А _v 0—10	6,7	8,9	1,0	32,3	8,8	6,0	4,5	3,3	1,0	0,2	0,2	
АI' 20—30	24,3	3,4	1,5	39,2	10,0	4,9	4,3	2,8	0,7	0,2	0,1	
АI'' 50—60	52,4	3,7	1,6	149,3	87,8	5,0	3,0	2,4	0,8	0,3	0,2	
В _g 100—110	43,4	5,9	2,8	133,2	60,5	5,0	3,8	3,2	0,9	0,4	0,2	
р. 206												
А _v 0—10	6,0	2,1	1,0	56,5	9,3	7,2	5,3	2,4	1,5	0,3	0,2	
АI' 25—35	32,4	10,9	1,8	95,6	14,2	7,1	6,3	3,6	2,1	0,9	0,2	
АI'' 45—55	34,0	10,9	1,7	140,3	8,2	6,7	6,9	3,8	2,4	0,9	0,5	
р. 205												
А _v 0—10	3,1	3,5	1,3	135,1	19,1	14,3	6,0	4,6	1,5	0,6	0,3	
АI' 20—30	26,8	6,2	3,1	142,7	34,2	8,5	6,2	3,7	1,7	0,9	0,2	
АI'' 40—50	54,8	8,0	3,8	146,8	55,6	8,8	6,8	2,9	2,2	0,9	0,8	

Ca : Sr в органическом веществе пустынно-степных почв этой катены (рр. 302 и 303) почти в 10 раз меньше, чем в почвах катены Шугноу. Указанное позволяет считать, что столь же высоко и содержание стронция в минеральной части почвы (валовое его содержание здесь нами не определялось).

Наиболее богаты стронцием почвы на высокогорном плато участка Дарваз. На склоне снижается содержание стронция в составе органических веществ и уменьшается соотношение Ca : Sr благодаря увеличению доли кальция. При этом в органическом веществе катены Дарваз при соотношении Ca : Sr, равном 0,1—0,2, наблюдается замещение кальция стронцием в составе ГК и стронций обнаруживается лишь при соотношении Ca : Sr 0,6—0,7.

В катене Шугноу отмечается обратная картина. Преобладание в ней кальция сказывается следующим образом: при соотношении Ca : Sr 3 и больше он полностью вытесняет стронций из состава ГК.

Состав органоминеральных соединений,
образованных веществами фульвокислотной природы

Номер фракции	ММ	С фракции, %	Fe	Mn	Cu	Zn	Co	Ni	Cd
			мг на 1 г С						
Пустынно-степная, р. 302, А1									
1	495	67	14,1	0,8	—	0,6	0,4	0,5	—
2	7427	33	34,6	9,3	1,0	2,4	2,2	2,3	—
Лугово-степная, р. 205, А _v									
1	518	65	26,0	1,9	—	5,1	3,0	2,6	—
2	9526	35	102,8	16,1	0,8	6,5	1,4	1,5	0,3
Коричневая типичная, А1									
1	570	52	4,6	—	—	5,4	4,3	2,9	—
2	8534	48	7,2	2,0	0,5	2,6	1,1	1,3	0,3

По содержанию магния в почвах катены мало различаются: в ГК его содержится до 10 мг, в группе веществ фульвокислотной природы — до 100 мг на 1 г С.

Общее содержание тяжелых металлов в составе гумусовых кислот изменяется в широких пределах. В катене Дарваз в р. 303 по сравнению с р. 302 в условиях аккумулятивного ландшафта содержание тяжелых металлов выше. На склоне, в р. 314, их количество остается почти на том же уровне, хотя различия в морфологии гумусовых горизонтов рр. 303 и 314 очень велики. В рр. 311 и 313 наблюдается некоторое накопление катионов в составе ГК и особенно ФК. Связь между их содержанием и элементами рельефа в этой катене проявляется не очень четко, что можно объяснить большой вертикальной протяженностью склона и недостаточным количеством разрезов на нем. В этом отношении более показательна катена Шугноу, где отчетливо наблюдается накопление металлов, прежде всего железа и магния, сверху вниз по элементам ландшафта.

При рассмотрении поведения отдельных катионов в составе гумусовых кислот выявляются следующие особенности. Так, в ГК обеих катен в заметном количестве обнаружены железо, цинк, медь и лишь следы магния, остальные определяемые металлы отсутствовали (табл. 3). Содержание катионов железа заметно возрастает в глубь гумусового горизонта. Это можно сказать и о других элементах.

Почти все количество тяжелых металлов, выходящих в пирофосфатную вытяжку, находится в форме органоминеральных соединений, т. е. все определяемые металлические катионы выходили из хроматографической колонки во фракциях, связанных с углеродом (табл. 4).

Общее содержание ионов металлов в составе органоминеральных соединений зависит от состава и свойств органических веществ, генетического горизонта, степени гидроморфности и сельскохозяйственного использования почв [5] и поэтому может служить важным диагностическим показателем процессов почвообразования. Это в первую очередь относится к таким типоморфным элементам для многих почв, как кальций, железо, алюминий и марганец. На практике также важно учитывать катионы металлов, используемых растениями в качестве микроэлементов, и ионы тяжелых металлов — в целях охраны окружающей среды [5, 6].

В связи с указанным значительное содержание металлов в органическом веществе почв вертикальных поясов Дарваза следует принимать во внимание при оценке гумусного состояния почвы.

Выводы

1. В почвах вертикальных почвенно-климатических поясов Дарвазского хребта при разной гидротермической обстановке создаются не-

одинаковые условия для формирования гумусовых горизонтов. По мере увеличения абсолютной высоты над уровнем моря снижается интенсивность процессов гумусообразования.

2. Наиболее благоприятными для гумусонакопления являются зоны распространения коричневых выщелоченных и лугово-степных темноцветных почв.

3. Особенность почв изученного района — высокое содержание стабильного стронция в органическом веществе. При этом для групп гумусовых кислот характерно следующее: в зависимости от соотношения Ca : Sr в гуминовых кислотах происходит изоморфное замещение кальция стронцием и наоборот.

4. В органоминеральных соединениях гумусовых веществ выявлено высокое содержание катионов тяжелых металлов. При этом фульвокислоты по сравнению с гуминовыми кислотами имеют большую емкость поглощения. Ее величина возрастает в глубь гумусового горизонта, что, по-видимому, связано с особенностями почвообразующих и подстилающих пород данного района.

5. При характеристике гумусового состояния почв нужно учитывать общее содержание и состав всех катионов металлов в основных группах гумусовых веществ. Необходимо также использовать характеристику молекулярно-массового распределения основных групп специфических гумусовых соединений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Акрамов Ю. Органическое вещество почв вертикальных поясов Таджикистана, его роль в почвообразовании и земледелии. — Автореф. канд. дис. Баку, 1979. — 2. Бирюкова О. Н., Орлов Д. С., Демин В. В. Особенности гумусного состояния высокогорных почв Памира. — Почвоведение, 1984, № 3, с. 44—53. — 3. Демин В. В. Гумусные показатели некоторых высокогорных почв Западного Памира. — Вестн. МГУ, сер. 17, 1981, № 3, с. 77—79. — 4. Иловайская Н. Н. Органическое вещество основных типов почв Таджикистана. — Почвоведение, 1959, № 8, с. 15—25. — 5. Карпухин А. И. Применение гелевой хроматографии в почвенных исследованиях. — М.: ТСХА, 1984. — 6. Карпухин А. И., Платонов И. Г., Шестаков Е. И. Органоминеральные соединения подзолистых почв на карбонатных легких суглинках. — Почвоведение, 1982, № 3, с. 37—45. — 7. Ковальский В. В., Блохина Р. И. и др. Стронциевые биогеохимические провинции Таджикистана. — Тр. Биогеохим. лабор. АН СССР, Т. 12, 1968, с. 28—41. — 8. Орлов Д. С., Гришина Л. А. Практикум по химии гумуса. — М.: Изд-во МГУ, 1981. — 9. Хайлоев С. Х. Состав гумуса основных типов почв Западного Памира. — Почвоведение, 1982, № 8, с. 60—69. — 10. Чербарь В. В. Групповой состав гумуса и некоторые химические характеристики почв вертикальных почвенно-климатических поясов центральной части Западного Памира. — Тр. Тадж. с.-х. ин-та, 1977. Т. 27, с. 134—146.

Статья поступила 23 сентября 1985 г.

SUMMARY

The work was conducted in the Western Pamirs area. Some chemical characteristics of mountain soils' humic compounds are studied, and they are suggested as characteristics of cationic state of such soils (molecular-mass composition of humic acids and the amount of cations (metals) in them).

Accumulation of ions of heavy metals, especially stable strontium, in the organic matter appeared to be a specific feature of the soils of this area. According to the amount of heavy metals in the substances of fulvo-acid nature (in mg per 1 g of C), the following order may be arranged: Fe>Mn>Zn>Ni>Co>Cu>Cr>Cd.

By means of systematized gel chromatography technique, low- (400—500) and high-molecular (7000—9000) fractions of humic compounds are distinguished. In the former there are not so many cations of heavy metals as in the latter.