

ИСТОЧНИКИ, СОСТАВ И УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ГЛИНИСТОГО МАТЕРИАЛА ГОРОДСКИХ ПОЧВ

Т. В. Прокофьева¹, С. Н. Седов², А. А. Каздым³

¹Факультет почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова

²Instituto de Geologi, Universidad Nacional Autonoma de Mexico

³Институт геоэкологии РАН

Значение тонкодисперсных компонентов в почвах чрезвычайно велико. В силу своей большой дисперсности и огромной удельной поверхности (десятки и сотни квадратных метров на грамм вещества) илистая фракция является наиболее активной и реакционноспособной частью минеральной почвенной массы. На поверхности глинистых минералов в почвах происходят реакции сорбции, десорбции и обмена катионов, реакции гидратации и дегидратации, взаимодействия с органическими веществами почвы и веществами, внесенными в нее извне. Содержание и состав глинистых минералов непосредственно определяют важнейшие почвенные свойства: емкость поглощения, характеристики почвенного поглощающего комплекса, водно-физические свойства (набухаемость, липкость, пластичность и т. д.), обеспеченность доступными формами калия, азота и некоторыми микроэлементами. Глинистый материал оказывает существенное влияние на деятельность микроорганизмов. Поэтому изучение состава глинистых минералов в почвах имеет большое практическое значение (Соколова и др., 2005).

Авторами впервые проведены исследования генезиса и минерального состава илистой фракции специфических городских почв – урбаноземов. Известно, что большинство выбросов токсических веществ и твердого мусора в городскую среду сосредотачивается на поверхности почвы, где происходит их постепенное депонирование, которое ведет к изменению химических и физико-химических свойств субстрата. Нарастание вверх культурного слоя – образование новых городских почв на дневной поверхности и их погребение – приводит к формированию особых почвенно-геохимических условий на территории города (Почва. Город. Экология, 1997; Stroganova et al., 1998). До сих пор в научной литературе мало работ характеризующих свойства специфических городских почв (исключая аспекты их загрязнения), не изучены процессы преобразования минералов в городских почвах. В современных научных исследованиях уделяется много внимания экологическим проблемам, связанным с состоянием городских почв, но характеристики тонкодисперсного (и в том числе глинистого) вещества, которое во многом контролирует экологические функции городских почв, остаются мало известными. Авторам показалось интересным определить источники тонкодисперсного вещества в городских поч-

вах, выяснить некоторые его свойства и возможные пути трансформации. Мы хотели бы ответить на вопросы: глинистое вещество городских почв в основном унаследовано от местных естественных почв и поверхностных отложений или велика доля антропогенного материала? Какова степень его неоднородности, дифференциации по профилю и каковы факторы ее контролирующей? Имеют ли место в городских почвах специфические процессы преобразования глинистого материала или же он относительно инертен?

Исследуемые объекты представляют собой урбаноземы – почвы старой части Москвы и Смоленска, состоящие из целой серии разновозрастных диагностических для городского почвообразования горизонтов урбик, выделенных и описанных ранее (Почва. Город. Экология, 1997; Stroganova et al., 1998). Исследованы образцы наиболее типичных, на наш взгляд, урбиковых горизонтов (как современных, так и погребенных в толще культурного слоя) из восьми разрезов.

Разр. 1 и 2. Система урбаноземов и экраноземов (почвы, запечатанные дорожными покрытиями) на урбаноземах (культурный слой более 2 м) – археологический раскоп Арбатской пл.

Разр. 4, 3. Экранозем по урбанозему мощному и урбанозем – Большой Харитоньевский пер. близ Юсуповского дворца.

Разр. 5. Урбанозем мощный – археологический раскоп в Романовом переулке за старым зданием МГУ им. М.В. Ломоносова на Моховой.

Разр. 6. Погребенный маломощный урбанозем на дерново-подзолистой почве – район Матвеевское-Раменки.

Разр. 7. Культурозем – филиал Ботанического сада МГУ им. М.В. Ломоносова на Проспекте Мира.

Разр. 8. Погребенный урбанозем – г. Смоленск (Соборный Холм).

Данные объекты характеризуются наличием на поверхности отложений антропогенных педоседиментов, представляющих собой системы урбиковых горизонтов, которые прерываются перемещенными естественными породами и техногенными горизонтами, состоящими преимущественно из артефактов (строительный мусор, фундаменты, остатки дорожных покрытий). Также в профиле почвы Старого ботанического сада и микрорайона Матвеевское (разр. 6, 7) описаны естественные горизонты погребенных дерново-подзолистых почв. Разрезы на Арбатской площади, в микрорайоне Матвеевское и на Соборном холме Смоленска (разр. 6, 8) характеризуются наличием на поверхности недавно сформированных (возраст менее года) отложений техногенных грунтов, представляющих собой смесь естественных пород и строительного мусора.

Для того чтобы охарактеризовать среду образования и трансформации минералов изучены рН водной вытяжки, содержание органического углерода по Тюрину в модификации Никитина, содержание CaCO_3 в мелкозе-

ме (по Козловскому), фосфор и калий в вытяжках Мачигина или Кирсанова, содержание тяжелых металлов (в 1н. HNO_3 и 0,1н. HCl вытяжках), гранулометрический состав пирофосфатным методом.

Для выделения илистой фракции применяли методику отмучивания по Горбунову. Препараты из ила были исследованы рентгенографическим методом на дифрактометре ДРОН-2. Также анализировали ориентированные препараты, препараты насыщенные глицерином и прокаленные при температуре 350 и 550°C.

Приближенная количественная оценка содержания основных групп глинистых минералов проводилась по интенсивностям соответствующих рефлексов. При этом содержание иллита (диоктаэдрического) оценивалось по высоте пика 1,00 нм на дифрактограммах воздушно-сухих препаратов; каолинит – по высоте пика 0,71 нм после прокаливания при температуре 350°, а суммарное содержание вермикулита и монтмориллонита – по приращению интенсивности пика 1,00 нм после насыщения образца глицерином (Градусов, 1976).

Ранее показано, что субмикро- и микроморфологические методы весьма эффективны при изучении генезиса таких сложных гетерогенных объектов, как городские почвы (Прокофьева и др., 2001). Проведены микроскопические наблюдения для выявления пространственного распределения тонкодисперсного материала, его организации и взаимоотношения с другими компонентами почвенной массы на микроуровне.

Электронная микроскопия выполнена на сканирующем электронном микроскопе Hitachi. Микроморфологические исследования проводились в прозрачных шлифах (объектив от $\times 9$ до $\times 20$, окуляр 6,3) на поляризационном микроскопе ПОЛАМ-211. Полагали, что морфологические исследования на разных уровнях структурной организации почвенной массы позволят определить источники глинистого вещества урбаноземов.

Для изученных урбаноземов характерно смещение реакции среды в щелочную сторону; варьирование содержаний $\text{C}_{\text{орг}}$ (0,5-7,0%) и основных питательных элементов (P_2O_5 10–600 мг/кг, K_2O_4 10–400 мг/кг) при достаточно высоких средних концентрациях (P_2O_5 200 мг/кг, K_2O_4 100 мг/кг); наличие карбонатов (CaCO_3 1–5%). Самые высокие концентрации P_2O_5 обнаружены в разр. 5 (до 400 мг/кг). В одном из горизонтов того же разреза в Романовом пер. содержание карбонатов достигло 60%. Кроме того, в отдельных горизонтах изученных почв обнаружены концентрации свинца, меди, цинка, никеля, превышающие или равные ПДК.

Исследуемые почвы Москвы преимущественно легкого гранулометрического состава (супесчаного, иногда легко- или среднесуглинистого) с большой примесью скелетного материала, на долю которого приходится иногда 50% или более объема почвы, например, в урбаноземе на Арбатской площади (разр. 1, 2). По имеющимся данным о гранулометрическом

составе (табл. 1) прослеживается следующая закономерность распределения илистой фракции по профилю. В сохранившихся от дерново-подзолистых почв иллювиальных горизонтах (Bt) или фрагментах этих горизонтов имеет место относительное накопление ила. При этом общее содержание илистой фракции в исследуемых горизонтах не превышает 30%. В разр. 1 заметно относительное накопление ила (10%) в верхней части профиля (25–39 см), в разр. 6 характерное накопление на глубине 100–154 см (гор. UBt) составляет 28%, а также в залегающих ниже остатках неизмененного гор. Bt до глубины 174 см. Содержание илистой фракции в разр. 8 достигает 10%, ее распределение по профилю равномерно, а на глубине 460 см ее содержится 5%.

Для большинства исследуемых урбаноземов характерен профиль, почти полностью состоящий из урбиковых горизонтов (разр. 1–5, 8). Даже самые нижние почвенные горизонты, находящиеся на контакте с неизмененными породами существенно преобразованы в результате урбопедогенеза.

Микроморфологические исследования городских почв подзоны южной тайги показали, что в их образовании участвует комплекс процессов, не характерный для дерново-подзолистых почв. В урбаноземах одновременно имеют место следующие почвенные процессы: формирование органо-минеральных горизонтов с большим количеством детрита; накопление грубого гумуса; растворение и перераспределение карбонатов; оглеение на карбонатном фоне; связанное с ним образование железистых конкреций; формирование минеральных новообразований кальцита, гипса, вивианита и других фосфатов, пирита (Прокофьева и др., 2001).

Скелет (песчано-крупнопылеватый материал) горизонтов урбик полиминерален, но в подавляющем большинстве случаев в его составе преобладает кварц. В качестве включений встречаются обломки горных пород различного генезиса, временами экзотические для Русской равнины. Андезит-базальт (изверженная вулканическая порода) обнаружен в шлифе образца из Романова пер. (глубина 121–139 см), гранитная дресва в образцах объекта Матвеевское (разр. 6). Зерна минералов различны по размерам, степени окатанности и трещиноватости. Горизонты урбанозема обогащены скелетным материалом за счет антропогенных включений. Для естественных горизонтов, сохранившихся в глубине профиля, характерны лучшие сортировка материала и окатанность, а также меньшая трещиноватость минеральных зерен.

Тонкодисперсное вещество (фракции тонкой пыли, ила) может быть разнообразным по составу: глинисто-гумусовым (разр. 1–4, 7, 8), карбонатно-глинистым (разр. 5); железисто-глинистым (разр. 6). В почве района Матвеевское наблюдается повышенное по сравнению с урбаноземами старых районов содержание тонкодисперсного вещества (в основном гумусово-железисто-глинистого, железисто-глинистого состава).

Таблица 1. Гранулометрический состав исследуемых образцов, %

Горизонт	Глубина, см	Песок		Пыль			Ил, < 0,001
		крупный и средний 1–0,25	мелкий, 0,25–0,05	крупная, 0,05–0,01	средняя, 0,01–0,005	мелкая, 0,005–0,001	
Современные и погребенные урбаноземы на культурном слое, разр. 1							
U↓↑	0–25	49,0	26,2	9,5	7,1	0,6	7,6
U 2	25–39	34,3	40,1	12,0	3,1	1,0	9,5
U3	39–49	29,9	48,1	8,6	6,7	3,2	3,5
U4	49–77	53,9	30,1	6,0	4,2	4,6	1,2
Камень	77–110	Не опр.					
(U5)	110–121	47,5	33,9	8,9	5,2	0,9	3,6
(U6)	121–143	47,5	35,0	11,4	0,7	3,4	2,0
(Ug)	143–171	46,9	39,8	10,2	0,2	1,5	1,4
(UG)	171–245	Не опр.					
(UT)	245–265	40,7	49,2	5,8	1,3	1,7	1,3
C	265–300...	Не опр.					
Урбанозем маломощный погребенный под техногенными отложениями, разр. 6							
Ad	0–4	18,65	14,36	33,88	2,36	11,49	19,26
TG	20–76	5,64	6,32	45,18	12,65	11,18	19,03
TG	76–90	2,57	13,01	48,64	4,57	16,23	14,98
(U)	90–100	16,0	20,06	37,66	3,80	10,40	12,08
(UAELBt)	100–154	6,07	14,95	42,22	3,40	5,14	28,22
(ELBt)	154–174	30,6	11,67	58,52	4,21	12,81	9,73
(Bt)	174....	0,37	2,96	45,29	13,17	7,58	30,63
Культурозем, разр. 7							
Aur1	0–13	36,46	32,27	23,01	1,54	4,68	2,04
Aur2	13–52	33,82	34,89	19,84	2,38	4,16	4,91
U1	52–65	33,93	43,15	9,57	3,12	4,31	5,91
U2	65–85	51,07	13,30	13,58	4,97	4,90	12,17
U3	85–96	13,04	13,90	29,07	8,74	15,07	20,18
U4	96–120	30,59	29,47	16,22	4,86	7,75	11,11
Урбанозем, погребенный под техногенными отложениями и фундаментом здания (Смоленск), разр. 8							
(U1)	210–307	19,6	44,4	17,0	6,1	3,9	9,0
(U2)	307–350	15,1	36,9	25,8	8,1	4,2	9,9
(U3)	350–450	32,0	39,4	15,2	2,8	0,7	9,9
(Au)	450–470	15,4	45,8	25,1	3,0	4,9	5,8

При микроморфологических исследованиях обращает на себя внимание небольшое количество тонкодисперсной составляющей вообще и оптически ориентированной в частности.

Органическое вещество урбаноземов имеет своеобразный характер. Во всех случаях в горизонтах урбик растительные остатки разной степени разложенности и углистые частицы присутствуют в значительно больших количествах, чем высокодисперсное органическое вещество. Бурый коллоидный гумус слабо смешивается с минеральными компонентами, в ряде случаев образуя пленки на поверхности песчаных частиц и натеки по стенкам пор. Наличие кое-где потечного гумуса говорит о возможности воздействия экстращелочных растворов на почвенный материал (разр. 3, 4).

Карбонаты в описываемых образцах присутствуют в виде включений песчаного размера (1–0,05 мм), состоящих из микрокристаллического кальцита (разр. 1, 2, 3), а также входят в состав тонкодисперсного вещества (разр. 4, 5). В описанных шлифах наблюдаются микрозоны, где зерна силикатов сцементированы микрокристаллическим кальцитом. Как правило, эти зоны имеют неправильную конфигурацию и, по всей видимости, являются обломками застывших известковых растворов. Повсеместно в урбиковых горизонтах присутствуют признаки разрушения карбонатных включений. В экраноземах (городских почвах, запечатанных асфальтовыми покрытиями) и в древних “законсервированных” урбиковых горизонтах присутствуют не только признаки разрушения, но и признаки перераспределения карбонатов (карбонатные натеки по стенкам пор, участки с карбонатно-глинистой плазмой) – разр. 2, 5, 8. Присутствует новообразованный кальцит (Прокофьева и др., 2001).

В образцах из разных разрезов в составе тонкодисперсного вещества обнаружены минералы, формирование которых происходит в химически насыщенной и богатой органическим веществом среде: сульфиды железа в виде фрамбонидов и хлопьевидных образований, минералы вивианит-керченитового ряда, ожеженные фосфаты кальция (Каздым, 2001; Каздым и др., 2003).

Наши исследования указывают на неоднородность материала горизонтов городских почв. Зачастую в одном шлифе можно выделить несколько микрозон, образованных материалом с различными свойствами. Например, в урбаноземах обнаруживаются микрофрагменты, обедненные плазменным веществом, обогащенные пылеватым материалом. Поверхности зерен в составе этих фрагментов почти не имеют пленок, присутствуют железистые стяжения и небольшие бурые глинистые папулы (фрагменты старых кутан иллювиирования) – эти микрозоны соответствуют материалу гор. EВt дерново-подзолистой почвы. Такие микрофрагменты могут соседствовать с микрофрагментами, представляющими собой смесь песка и органических остатков разной степени разложенности или с микрофрагмен-

тами, плазма которых имеет глинисто-карбонатный состав. Присутствие микрофрагментов почв, сформированных почвообразовательными процессами, характерными для дерново-подзолистых почв, отмечалось повсеместно, в том числе и в запечатанных асфальтобетоном почвах, режимы которых изменены. Эти микрофрагменты горизонтов естественных почв в горизонтах урбик, по нашему мнению, являются унаследованными. Необходимо отметить, что микрофрагменты иллювиальных горизонтов дерново-подзолистой почвы наиболее насыщены тонкодисперсным материалом, который представляет собой оптически ориентированное глинистое вещество. В некоторых случаях микрофрагменты стабильны, но встречаются и признаки их разрушения (фрагментация, разъедание по краям) (рис. 1).

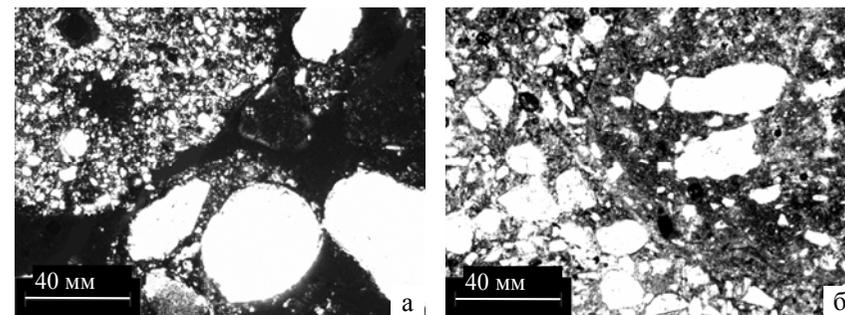


Рис. 1. Неравномерное распределение глинистого вещества, связанное с включением микрофрагментов горизонтов естественных почв: а) слева сверху – компактный блок, обогащенный глинистой плазмой, с кутаной иллювиирования во внутренней поре (предположительно из гор. Вt); справа внизу – крупные песчаные зерна (предположительно антропогенный привнос), николи х, б) резкий контакт между микрозоной, обогащенной глинистой плазмой (предположительно из гор. ВС) и зоной, обогащенной скелетом (предположительно из гор. ЕВ), без анализатора.

В исследованных образцах найдены минералы: иллит, каолинит, хлорит, смешанослойные минералы, такие как иллит-сметтиты, вермикулит-монтмориллониты, а также смешанослойные минералы с участием хлорита, кварц (табл. 2). Все исследованные профили характеризуются сходным набором минералов в составе тонкодисперсных фракций (<0,001 мм). Кроме вышеперечисленных минералов обнаружены кальцит (разр. 4, 5), лепидокрокит (разр. 6, 8), амфибол (роговая обманка) (разр. 2, 5), полевые шпаты (разр. 8), кварц (разр. 1, 2, 6).

По данным рентгенографического анализа (табл. 2) отмечено, что распределение глинистых минералов в разрезах идет по-разному в зависимости от генезиса почвы и содержания в ней илистой фракции. Так, содержание иллита в разр. 1 и 2 распределяется равномерно по профилю (35–40%); в разр. 3 оно также практически равномерно (35–45 %). В разр. 8 относи-

тельно высоко среднее содержание иллита (около 60 %). Наиболее высокое содержание иллита в этом разрезе на глубине 350–450 см (73%), а затем вниз по профилю оно уменьшается до 55%.

Разр. 6 имеет три области с повышенным содержанием иллита на глубинах: 0–4 см (50%), 76–90 см (51%), 100–154 см (47%). Такое распределение минерала соответствует неравномерности распределения микрофрагментов естественных почвенных горизонтов в профиле. На вышеозначенных глубинах имеются фрагменты естественных горизонтов Vt (различаемые при полевом или микроморфологическом описаниях). Видимо при строительных работах материал этих горизонтов был перемешан с материалом урбо-техногенных поверхностных горизонтов. Для разр. 6 и 8, где сохранились естественные иллювиальные почвенные горизонты (Vt) или фрагменты и микрофрагменты этих горизонтов, прослеживается явная закономерность распределения иллитовой фракции по профилю – относительное накопление ила. Распределение иллитовой фракции коррелирует с распределением содержания лабильных минералов в профиле.

Содержание каолинита в разр. 1–5 равномерно по профилю и лежит в пределах от 47 до 55 %. В разр. 3, 6, 8 заметна дифференциация профиля по содержанию каолинита в иллитовой фракции. Так, в разр. 3 увеличение идет на глубине 170 см (урбиковый горизонт, сформированный на территории усадьбы XIV в.) от 35 до 51 %. Накопление каолинита от 26 до 51 % в разр. 6 идет на глубине 20–50 см (современный техногенный горизонт), а в разр. 8 заметно уменьшение каолинита на глубине 350–400 см от 38 до 23% (гумусовый горизонт погребенной естественной почвы).

Распределение лабильных минералов по профилям исследуемых объектов (разр. 1–3, 8) относительно равномерно, только в разр. 6 заметна небольшая дифференциация – уменьшение концентрации от 23 до 10 % на глубине 50 см и увеличение от 10 до 30 на глубине 50–120 см. Содержание лабильных минералов в разр. 1 относительно невелико – 6–15%; разр. 2, 3 содержат 10–20% лабильных минералов, а в разр. 8 содержание этих минералов составляет 2–5%. Лабильные минералы исследуемых объектов представлены смектитами, вермикулитами, монтмориллонитами, а также смешанослойными смектит-вермикулитовыми, вермикулит-монтмориллонитовыми структурами. В исследуемых объектах обнаружены смешанослойные минералы с хлоритовыми пакетами в разр. 2, 3, 6, 8. Несмотря на различия в химических свойствах исследованных горизонтов, можно констатировать, что все они соответствуют свойствам горизонтов «урбик», описанных для древних погребенных и современных городских почв природной зоны южной тайги. Они каонатны, отличаются сдвигом pH в щелочную сторону, содержат повышенные (иногда в десятки раз) концентрации фосфора. Исследованные объекты имеют морфологическое строение и физико-химические свойства, характерные для специфических городских

Таблица 2. Минералогический состав иллитовой фракции (<0,001 мм) городских почв (Москва, Смоленск)

Глубина, см	Иллит	Каолинит + хлорит	Лабильные структуры	Хлорит	Кварц	Кальцит	Лепидокрокит	Роговая обманка	Полевой шпат
Современные и погребенные урбаноземы на культурном слое (Арбатская пл.), разр. 1									
25–39	40,0	51,4	8,6	+	–	–	–	–	–
39–49	38,6	47,7	13,7	–	+	–	–	–	–
49–77	41,4	51,7	6,9 м	–	+	–	–	–	–
110–121	34,4	54,8	10,8	–	+	–	–	–	–
121–143	36,7	49,0	14,3 м	+	+	–	–	–	–
143–171	40,0	46,7	13,3	–	+	–	–	–	–
171–245	34,0	54,0	12,0 м	–	+	–	–	–	–
Современные и погребенные урбаноземы на культурном слое (Арбатская пл.), разр. 2									
28–40	44,6	46,2	9,2	+	+	–	–	–	–
50–86	33,0	46,4	20,6	–	–	–	–	+	–
114–150	39,1	47,4	13,5 в	+	–	–	–	–	–
150–158	34,3	44,8	20,9	–	–	–	–	–	–
Урбанозем мощный (Б. Харитоньевский пер.), разр. 3									
64–90	41,6	36,0	22,4 см	+	–	–	–	–	–
90–145	46,0	36,1	17,9 м	–	–	–	–	–	–
145–150	34,5	51,7	13,8	–	–	–	–	–	–
Экранозем по урбанозем (Б. Харитоньевский пер.), разр. 4									
67–90	50,0	44,6	5,4 см	–	–	–	–	–	–
90–150	52,6	47,4	0	–	–	+	–	–	–
Урбанозем, погребенный в толще культурного слоя (Романов пер.), разр. 5									
70–100	38,6	47,4	14,0	–	–	+	–	+	–
100–140	42,2	53,3	4,5 см	–	–	–	–	–	–
140–195	36,9	49,5	13,6 см	–	–	+	–	–	–
Урбанозем маломощный, погребенный под техногенными отложениями, разр. 6									
0–4	50,5	26,7	22,8 в	–	–	–	+	–	–
20–76	38,5	51,5	10,0 в	–	–	–	–	–	–
76–90	50,6	32,6	16,8 в	–	–	–	–	–	–
90–100	35,5	36,4	28,1 в	+	+	–	–	–	–
100–154	48,9	31,5	19,6 см	+	–	–	–	–	–
154–174	46,7	34,7	18,6 см	+	–	–	–	–	–
174....	45,7	35,9	18,4 см	+	–	–	–	–	–
Урбанозем, погребенный под техногенными отложениями и фундаментом здания (Смоленск, Соборный холм), разр. 8									
210–307	57,9	37,2	4,9 в, м	–	–	–	+	–	–
307–350	56,5	38,7	4,8 см	–	–	–	–	–	+
350–450	73,0	23,4	3,6 в	+	–	–	–	–	–
450–470	56,3	41,3	2,4 в	+	–	–	–	–	–

Примечание: м– монтмориллониты; в– вермикулиты; см– смектиты.

почв – урбаноземов (Почва. Город. Экология, 1997; Прокофьева и др., 2001). Таким образом, в городских почвах создается совершенно иная среда для минералообразования и трансформации глинистого материала по сравнению с природными аналогами подзоны южной тайги.

Изучение материала, составляющего урбиковые горизонты, под микроскопом, дало нам представление об источниках глинистого материала, соотношении его с другими компонентами, о распределении в профилях городских почв.

Облегченный гранулометрический состав городских почв может быть связан (на локальном уровне) с приуроченностью к элементам ландшафта определенного геолого-геоморфологического строения (флювиогляциальные равнины, террасы рек). В то же время большая часть антропогенных минеральных материалов попадающих в городские почвы имеет грубодисперсный состав и способствует их облегчению. Это может быть связано с внесением песка в смеси с противогололедными соединениями, с подсыпкой песчаного грунта и щебнистого материала при строительных, ремонтных работах и благоустройстве. Привнесение в профиль урбанозема большого количества строительного мусора помимо песка, также способствует облегчению гранулометрического состава. Лишь в урбаноземе из г. Смоленск заметна тенденция к утяжелению гранулометрического состава (от супеси к среднему суглинку), это связано с тем, что на территории Смоленска основной природной почвообразующей породой являются моренные суглинки, исследуемая часть профиля в основном сформировалась до начала каменного строительства и содержит небольшое количество твердых включений.

Таким образом, прослеживается тенденция к относительному обеднению городских почв илистым веществом по сравнению с природными аналогами, что может быть связано как с антропогенным воздействием, так и с особенностями гранулометрического состава местных почв и пород. С другой стороны, горизонты урбик характеризуются увеличением количества крупнопылеватых угловатых частиц и минеральных зерен с корродированной поверхностью, что свидетельствует о протекающем разрушении первичных минералов.

Признаков интенсивной современной нисходящей миграции глинистого вещества в урбиковых горизонтах также не обнаружено. Кроме того, присутствие карбонатов является фактором, препятствующим дифференциации почв (Лесовая и др., 2005). Минимумы и максимумы содержания тонкодисперсного вещества в профилях городских почв на первый взгляд хаотичны. Однако при более детальном рассмотрении генезиса горизонтов можно отметить, что максимумы содержания илистой фракции относятся либо к погребенным горизонтам естественных почв, либо к древним урбиковым горизонтам, либо к современным техногенным горизонтам, образо-

ванным из перемещенного материала почв и рыхлых отложений. За редким исключением (например, засыпка неровностей рельефа извлеченными из котлованов юрскими глинами на территории Москвы) местные почвы и грунты бывают перемещены на незначительные расстояния от естественного залегания.

Среди тонкодисперсного вещества городских почв нами описаны как отдельные новообразованные минеральные скопления, так и целые микрообласти, плазменное вещество которых представлено активными карбонатами. Кроме того, множество микро- и субмикрофрагментов антропогенных включений бывает включено в тонкодисперсный материал городских почв. Но, несмотря на специфические свойства и генезис городских почв – урбаноземов, большая часть их тонкодисперсного вещества, а именно глинистый материал, на наш взгляд, является унаследованной от природных почв и пород, что подтверждается увеличением количества тонкодисперсного вещества в горизонтах с морфологически определяемыми фрагментами (или микрофрагментами) горизонтов естественных почв.

На основании исследований можно сделать вывод о том, что состав глинистого материала специфических городских почв – урбаноземов соответствует составу глинистых минералов, встречаемому в дерново-подзолистых почвах южной тайги. Независимо от возраста и индивидуальной истории участка в городских почвах найдены иллит, каолинит, смешанослойные минералы с лабильными структурами или содержащие хлоритовые пакеты. Количественные соотношения обнаруженных глинистых минералов приблизительно соответствуют литературным данным для дерново-подзолистых почв центрального региона Русской равнины (Градусов, 2005; Соколова и др., 2005).

Присутствие в илистой фракции таких минералов, как амфибол, кварц и полевые шпаты, также определяется наличием значительных их количеств в тонкодисперсном материале естественных почв и почвообразующих пород. Другим источником может быть дезинтеграция зерен первичных минералов уже в урбиковых горизонтах городских почв (Каздым и др., 2003). Так, в глинистой фракции почв г. Смоленск обнаружены полевые шпаты, а в центре Москвы (на флювиогляциальных отложениях) – кварц. Почвы Смоленска и его окрестностей сформировались на отложениях последнего Валдайского оледенения, значительно менее выветренных, содержащих значительные количества первичных минералов. Изученные почвы Москвы приурочены к геолого-геоморфологическим позициям с отложениями менее богатого состава первичных минералов (покровные суглинки, аллювиальные и флювиогляциальные пески).

Несомненно, особенностью урбаноземов является нахождение кальцита в илистой фракции. По нашему мнению, это связано с процессами растворения и перераспределения карбонатов из антропогенных включений и

формированием новообразований карбонатов в урбиковых горизонтах городских почв. Нами был описан горизонт более чем на 50%, состоящий из новообразованных сферических кристаллов кальцита размером 0,005–0,0005 мм (разр. 5).

Содержание иллитов увеличивается в горизонтах, где много микрофрагментов естественных почв обогащенных глинистым веществом. Однако зачастую это урбиковые довольно древние горизонты, сформировавшиеся 200–500 и до 1000 лет назад. Максимумы содержания лабильных минералов и иллитов не совпадают, скорее наоборот, но более точно установить закономерность не представляется возможным. Можно также отметить, что максимальные содержания иллитов приходятся на горизонты с наиболее высокими значениями pH (выше 7,5), которые могут быть обусловлены высоким содержанием ионов Na^+ , K^+ и NH_4^+ . Это позволяет предположить техногенную иллитизацию, унаследованную от естественных пород и почв лабильных глинистых минералов (рис. 2). В естественных условиях процесс иллитизации реализуется в верхних горизонтах почв, где происходит накопление биофильных элементов (Соколова и др., 2005), и почвах засушливых областей (за счет относительного накопления иллитов в результате выноса монтморрилонитов в нижележащие горизонты).

Неравномерное распределение каолинита может быть связано с распределением его в привносимых в город грунтах и материнских породах естественных почв, материал которых в последствии вошел в урбиковые горизонты. По утверждению Б.П. Градусова (2005), в гумидных областях умеренного пояса имеют широкое распространение каолиниты литогенетического захвата, сохранившиеся от былых эпох литогенеза.

Содержание лабильных минералов в изученных почвах невелико. Максимумы нахождения этой группы минералов приурочены к горизонтам погребенных дерново-подзолистых почв или относительно молодым антропогенным горизонтам. Так, в разр. 6 (наиболее молодой урбанозем) обнаружено присутствие значительного количества вермикулита, вероятно, в результате включения в урбиковые и техногенные горизонты материала верхних и средних горизонтов дерново-подзолистых почв. В нижележащей погребенной дерново-подзолистой почве (антропогенно-турбированной) также присутствуют минералы с лабильными структурами в значительных количествах, но они представлены в основном смектитом.

Таким образом, в городских почвах имеется тенденция к уменьшению количества лабильных минералов (вермикулитов и смектитов) (разр. 1, 4, 5, 8, среди которых самые древние урбаноземы с наибольшей длительностью антропогенного воздействия). Возможные причины этого: селективное разрушение лабильных минералов (этот процесс, хотя и в других геохимических условиях, описан Чижиковой (1991) в длительно обрабаты-

ваемых почвах); иллитизация вермикулитов и смектитов в присутствии калия и аммония, концентрации которых велики в городских почвах.

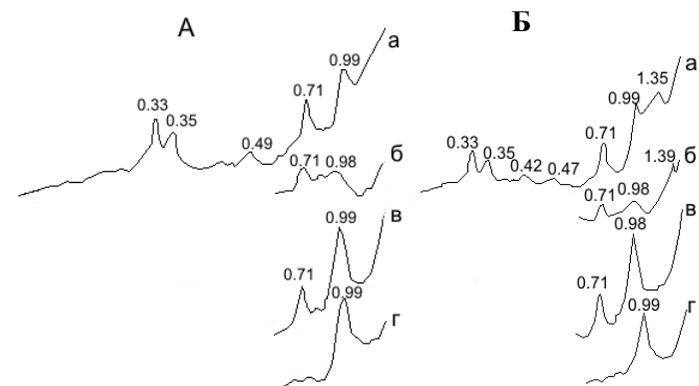


Рис. 2. Рентген-дифрактограммы образцов фракции урбиковых горизонтов почв Б. Харитоньевского пер., Москва. Условные обозначения: А – горизонт с преобладанием иллитов из почвы под асфальтобетонным покрытием, подвергавшийся воздействию экстращелочных растворов; Б – горизонт, содержащий лабильные минералы (монтмориллонит), с включением микрофрагментов горизонтов дерново-подзолистой почвы; а – исходный образец; б – обработанный глицерином; в – прокаленный при температуре 350°C; г – прокаленный при температуре 550°C; цифры на кривых – нм.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Состав и количество тонкодисперсных минералов в городских почвах в первую очередь определяется составом вещества, унаследованного от естественных почв и пород данной местности. Кроме того, в состав илистой фракции входят техногенно-привнесенные материалы, включенные в горизонты городских почв. В-третьих, процессами преобразования (трансформация, разрушение, синтез) глинистого вещества как результата почвообразования *in situ*.

Исследования показали, что в специфических городских почвах, где существенно изменены условия среды по сравнению с естественными почвами, глинистое вещество в основном является унаследованным. Уменьшение количества тонкодисперсного материала в основном связано с его «разбавлением» более грубодисперсным материалом при формировании урбиковых и техногенных горизонтов.

В урбаноземах меньше ила по сравнению с естественными аналогами и в составе ила мала доля лабильных структур – наиболее реакционно-способных компонентов. Из этого можно предсказать относительное уменьшение сорбционной способности минеральной части городских почв по отношению к загрязнителям.

Как показали наши исследования урбиковые горизонты, являясь средой активного образования и трансформации для солей, оксидов и гидроксидов, менее агрессивны по отношению к глинистым минералам и другим слоистым силикатам.

Таким образом, глинистое вещество в городских почвах является относительно устойчивым компонентом тонкодисперсного материала, трансформируется медленно и в большинстве случаев наследуется от естественных почв и пород. Следовательно, при всей специфичности городских почв их глинистое вещество мало отличается от глинистого вещества естественных почв и почвообразующих пород данной местности, что обуславливает генетическую связь естественных и антропогенно-трансформированных почв. В то же время в городских почвах протекают некоторые процессы трансформации глинистых минералов такие, как техногенная иллитизация. Вероятно, дальнейшее изучение тонкодисперсного материала современных и древних урбиковых горизонтов может пролить свет на такие значимые экологические характеристики, как особенности водного режима городских почв и геохимической обстановки в целом.

Представленная работа, выполнена на кафедрах химии и географии почв факультета почвоведения МГУ им. М. В. Ломоносова при участии д. б. н. Т.А. Соколовой и к. б. н. Т.Я. Дроновой, а также консультациях к. б. н. А.В. Кирюшина. Иллитизация выделены выпускницей кафедры географии почв Е. Мартыновой. Авторы выражают им глубокую признательность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Градусов Б. П. Минералы со смешанослойной структурой в почвах. М.: Наука, 1976.

Градусов Б. П. Закономерности географии и генезиса минералогическо-кристаллохимической основы почв и процессов ее изменений при почвообразовании // Почвоведение. №9. 2005. С.1138–1146

Градусов Б. П. Структурно-минералогические аспекты процессов почвообразования и литогенеза в гумидных областях бореального и субтропическо-тропического поясов // Почвоведение. №10. 2005. С.1174–1182.

Каздым А. А. Техногенные минералы культурных слоев города // Минералогия техногенеза-2001. Миасс: ИМин УрО РАН, 2001. С. 40–61.

Каздым А. А., Верба М. П., Черных Н. А. Микроморфологическая и минералогическая диагностика древних антропогенных отложений (культурного слоя) // Вест. РУДН. Сер. «Экология и безопасность жизнедеятельности». №3(9). 2003. С. 122–129.

Лесовая С. Н., Гойло Э. А., Чижикова Н. П. Минералогический состав красноцветных отложений и его влияние на почвообразование в северотаежной подзоне европейской территории России // Почвоведение. №8. 2005. С. 1001–1011.

Почва. Город. Экология. М.: Фонд «За экономическую грамотность», 1997. 320 с.

Прокофьева Т. В., Седов С. Н., Строганова М. Н., Каздым А. А. Опыт микро-морфологической диагностики городских почв // Почвоведение. №7. 2001. С. 879–890.

Соколова Т. А., Дронова Т. Я., Толпецкая И. И. Глинистые минералы в почвах. Тула: Гриф и К., 2005. 336 с.

Чижикова Н. П. Преобразование минералогического состава почв в процессе агрогенеза: Автореф. дис. ... д. с.-х. н. М., 1991. 48 с.

Stroganova M., Miagkova A., Prokofieva T., Skvortsova I. Soils of Moscow and Urban Environment M., 1998. 178 p.