

БИОЛОГИЯ И ХИМИЯ

УДК 631.618

В.Г. Двуреченский

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГРУППОВОГО И ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА ЖЕЛЕЗА ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ПРОЦЕССОВ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ И ЭВОЛЮЦИИ ПОЧВ ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ ГОРНО-ТАЕЖНОГО ПОЯСА КУЗБАССА

Изучение процессов почвообразования и прогноз развития почв, формирующихся на отвалах техногенных ландшафтов, представляет научный интерес, являясь частью проблемы восстановления почвенного покрова. Возникает необходимость выявления различных индикаторов, характеризующих почвенно-экологическое состояние техногенных ландшафтов, по которым можно было бы проследить скорость и направленность почвообразовательных процессов. Такие параметры, как количество, соотношение различных форм и фракций железа и распределение их в почвенном профиле, обладают индикаторной способностью.

Ключевые слова: групповой и фракционный состав железа; эмбриоземы; техногенный ландшафт; горно-таежный пояс.

Групповой состав железа в профилях почв как естественных, так и техногенных ландшафтов имеет диагностическое значение, выражая различные внутрипочвенные процессы, такие как накопление гумуса, микроагрегация, формирование органо-минеральных комплексов. Чувствительность железа к изменению окислительно-восстановительных условий, способность образовывать различные соединения с органическими кислотами, склонность к гидролизу определяет одно из его главных свойств – способность отражать различные стадии почвообразовательного процесса [1]. Горно-таежный пояс Кузбасса относится к гумидным районам, в которых железо является элементом типоморфным.

Соотношение групп и фракций железа указывает на почвообразовательные процессы, которые могут идти в фоновых почвах горно-таежного пояса Кузбасса: 1) подзолообразование – процесс, характеризующийся наибольшей профильной дифференциацией соединений железа, невысоким содержанием силикатных и несиликатных форм в верхней элювиальной толще. Для подзолообразования характерно слабое накопление аморфного и сильноокристаллизованной фракции железа при резком обеднении всеми формами и полном выносе аморфного железа из горизонта A_2 . Горизонт В определяется иллювиальной аккумуляцией аморфного железа, особенно его фракции, связанной с органическим веществом, а также слабоокристаллизованной фракции железа. В горизонте С присутствуют аморфное железо и сильноокристаллизованная фракция (характерна только для дерново-подзолистых, бурых лесных и таежных почв) [1]. Подобное распределение форм железа отражает процессы разрушения первичных силикатов в горизонте А и накопление продуктов разрушения в горизонте В и отличает подзолообразование от всех остальных процессов; 2) буроземообразование – процесс неустойчивого, слабодифференцированного соотношения и распределения силикатных и свободных, несиликатных, соединений железа с колебаниями содержания каждого из них от 27–33 до 67–73% от валового железа. Для буроземообразования характерны преобладание, уве-

личение с глубиной слабоокристаллизованной фракции и снижение аморфного и сильноокристаллизованной фракции железа; 3) псевдоподзоливание – процесс, определяющийся двучленной дифференциацией в распределении форм железа: в верхней части профиля преобладает слабоокристаллизованная фракция и практически отсутствует сильноокристаллизованная; в нижней части профиля преобладает сильноокристаллизованная фракция, представленная различными новообразованиями и пленками на почвенных частицах [2].

Данная краткая характеристика процессов представлена с целью определения направленности почвообразования путем сопоставления группового состава железа в естественных почвах с групповым составом железа в эмбриоземах техногенных ландшафтов. Сравнивая изменения группового состава железа, происходившие в течение 10 лет, можно определить скорость почвообразования в техногенных ландшафтах.

Исследования проводились в 2002 и 2012 гг. в молодых почвах – эмбриоземах, формирующихся на внешних транспортных отвалах Красногорского углеразреза. Субстрат отвала состоит из хаотичной смеси вскрышных (покровные глины, некарбонатные суглинки) и вмещающих (песчаники, аргиллиты, алевролиты) пород. Углеразрез расположен в Горно-Шорской части горно-таежного пояса Кузнецкой котловины. Возраст отвалов – 42 года.

Железо подразделялось на формы и фракции согласно классификации С.В. Зонна [1]. Определялось силикатное и несиликатное железо, а также его окристаллизованные и аморфные формы. Общее (валовое) содержание железа ($Fe_{вал}$), несиликатное или свободное железо ($Fe_{д}$), извлекаемое из почвы методом Мера и Джексона в модификации по Коффину, аморфные формы железа по Тамму, железо по Баскомбу определялись общепринятыми методами [2, 3], что позволило произвести дифференцированное разделение свободного железа на сильно- и слабоокристаллизованные фракции, выделить аморфные органо-минеральные и минеральные фракции железа. При описании количества, распределения и соотношения

форм и фракций железа использовался подход С.В. Зонна, который изучал данные параметры по абсолютному содержанию их в почве, а не в процентах от валового железа.

Согласно классификации почв техногенных ландшафтов [4], почвенный покров в нарушенных экосистемах формируется сингенетично стадиям развития растительных сукцессий. Проведенные ранее исследования показали, что развитие эмбриоземов в горно-таежном поясе имеет два направления: 1) инициальные ↔ органо-аккумулятивные; 2) инициальные → органо-аккумулятивные → дерновые → гумусово-аккумулятивные [5]. Типы эмбриоземов характеризуются определенным строением слабовыраженного почвенного профиля и различаются по степени развитости биологических и почвообразовательных процессов.

Почвообразовательные процессы делятся на три основные группы. Микропроцессы – это группа процессов, в результате которых осуществляются элементарные преобразования вещества [6] или элементарные почвенные процессы 1-го порядка [7], функционирующие на самой ранней стадии развития экосистемы, когда круговорот биологических веществ в техногенном ландшафте только начинает формироваться. Мезопроцессы проявляются при сочетании и взаимодействии между собой микропроцессов, при этом обеспечивая специфические признаки эмбриоземов. Макропроцессы – это собственно почвообразовательные процессы или процессы, формирующие определенные типы эмбриоземов техногенных ландшафтов со свойственной им системой генетических горизонтов. В инициальных эмбриоземах органо-генных горизонтов нет; в органо-аккумулятивных обязательно есть горизонт подстилки древесного и травяного опада; в дерновых – подстилки может не быть, но обязательно есть дернина; в гумусово-аккумулятивных – всегда присутствует гумусово-аккумулятивный горизонт.

Почвообразовательный процесс – совокупность явлений превращения и передвижения веществ и энергии, протекающих в почвенной толще [6]. Из этого следует, что важнейшим компонентом почвообразовательного процесса является превращение минералов почвообразующих пород, составляющих субстрат отвалов, а впоследствии и самих эмбриоземов, посредством биологического, геологического и биохимического круговорота энергии и вещества. Немаловажная роль принадлежит процессам аккумуляции, минерализации и гумификации органического вещества. Скорость преобразования минералов определяется основными факторами почвообразования. Биологические и абиотические процессы трансформации минералов в почвах как естественных, так и техногенных ландшафтов протекают совместно, в одном биологическом круговороте.

Поведение железа зависит от реакции среды, водного и воздушного режимов почв. В нейтральных и щелочных почвах при достаточной аэрации железо не растворяется, поэтому его непосредственная роль в почвообразовательных процессах может усиливаться только с повышением увлажнения и снижением аэрации. В кислой среде роль железа в почвообразовании

значительно усиливается. Органические кислоты интенсивно разрушают минералы и способствуют усилению подвижности железа, вследствие чего происходит обогащение толщи активного почвообразования двуокисью кремния, присутствие которой принимается за проявление подзолообразования в его различных стадиях и степенях развития [5].

При изменении валентности железа из-за переизбытка влаги и недостаточной аэрации железо приобретает наибольшую подвижность, что может приводить, при переменном водном режиме (влажность, сухость), к образованию кирас и конкреций и обесцвечиванию почвенной массы или к полному выносу железа вертикальным и боковым стоком. Таким образом, изменение условий почвообразования сопровождается перераспределением и сменой соотношений различных форм железа в профилях почв естественных и техногенных ландшафтов.

Зональными почвами горно-таежного пояса Кузбасса являются дерновые глубокоподзолистые почвы. В пределах Красногорского разреза под вторичными лиственными лесами диагностируются бурые таежные почвы, которые определяются как фоновые. В результате проведенных исследований выявлено, что за 10 лет групповой состав железа в бурых таежных почвах практически не изменился. Отмечается увеличение валового содержания в пределах нескольких десятых долей процента (табл. 1, 2).

Распределение форм и фракций железа в профиле осталось прежним. Несиликатное железо преобладает над силикатным в верхнем горизонте; в горизонте A_1 количество несиликатного и силикатного железа становится практически равным; глубже силикатное железо значительно превосходит несиликатное. Распределение несиликатного и силикатного железа по профилю осталось без изменения: количество силикатного железа с глубиной увеличивается, в то время как количество несиликатного уменьшается. Таким образом, железо, входящее в состав минеральной части бурой таежной почвы, подвижно в верхних горизонтах, но при этом, по мере смены окислительно-восстановительных свойств, изменения реакции среды и по другим причинам, переходит в неподвижное состояние. Выноса железа в растворах в ходе формирования иллювиального горизонта, вследствие его осаждения на месте, не происходит в течение 10 лет.

Несиликатное железо представлено сильноокристаллизованными и слабоокристаллизованными фракциями, причем количество слабоокристаллизованной фракции, как и 10 лет назад, превышает сильноокристаллизованную фракцию в верхних горизонтах бурой таежной почвы. В горизонте BC и C сильноокристаллизованная фракция преобладает над слабоокристаллизованной. Окристаллизованные соединения железа образуются в условиях повышенной температуры, хорошей аэрации, периодического иссушения-увлажнения и преобладания окислительных условий, благоприятствующих кристаллизации аморфных форм железа. Распределение аморфного железа по профилю осталось без изменений (снижение количества с глубиной).

Тем не менее нельзя не отметить изменения, которые произошли в групповом составе железа бурой таежной почвы за 10 лет. Сократилось содержание слабоокристаллизованной фракции, соответственно увеличилось содержание сильноокристаллизованной. По-

добное распределение фракций окристаллизованного железа указывает на признаки псевдоподзоленности. Аморфного железа в профиле стало больше, т.е. железо стало подвижной, что, в свою очередь, говорит об увеличении скорости почвообразовательных процессов.

Таблица 1

Групповой и фракционный состав железа в исследованных почвах (2002 г.)

Горизонт, глубина, см	Валовое, %	Силикат- ное, %	Несиликат- ное, %	Окристаллизованное, %			Аморфное, %		
				общее	сильно-	слабо-	общее	органическое	неорганическое
Бурая горно-таежная почва									
A ₀ (0–5)	10,24	4,56	5,68	4,10	0,69	3,41	1,58	0,87	0,71
A ₁ (5–15)	8,76	4,33	4,43	2,60	0,23	2,37	1,83	0,78	1,05
B ₁ (15–40)	8,03	4,67	3,36	2,15	0,44	1,71	1,21	0,42	0,79
BC (40–60)	8,08	6,08	2,00	1,36	0,73	0,63	0,64	0,19	0,45
C (> 60)	9,71	7,65	2,06	1,31	0,87	0,44	0,75	0,21	0,54
Эмбризем инициальный									
C ₁ (0–5)	2,40	1,46	0,94	0,75	0,45	0,30	0,19	0,11	0,08
C ₂ (5–35)	2,60	1,70	0,90	0,75	0,48	0,27	0,15	0,04	0,11
Эмбризем органо-аккумулятивный									
A ₀ (0–3)	–*	–	–	–	–	–	–	–	–
C ₁ (3–6)	2,80	1,24	1,56	1,40	0,79	0,61	0,16	0,10	0,06
C ₂ (6–15)	3,40	1,12	2,28	2,16	1,52	0,64	0,12	0,02	0,10
C ₃ (15–55)	3,60	2,40	1,20	0,99	0,84	0,15	0,21	0,02	0,19
Эмбризем дерновый									
A ₀ (0–2)	–	–	–	–	–	–	–	–	–
A _д (2–6)	2,80	1,82	0,98	0,84	0,14	0,70	0,14	0,12	0,02
C ₁ (6–16)	3,00	1,76	1,24	1,11	0,35	0,76	0,13	0,09	0,04
C ₂ (16–35)	3,00	1,97	1,03	0,85	0,47	0,38	0,18	0,04	0,14
C ₃ (35–55)	3,20	2,64	0,56	0,49	0,40	0,09	0,07	0,02	0,05
Эмбризем гумусово-аккумулятивный									
A ₀ (0–1)	–	–	–	–	–	–	–	–	–
A _д (1–5)	2,00	0,74	1,26	1,00	0,25	0,75	0,26	0,21	0,05
A ₁ (5–7)	2,20	0,96	1,24	1,00	0,71	0,29	0,24	0,19	0,05
C ₁ (7–25)	2,60	1,24	1,36	1,22	1,00	0,22	0,14	0,08	0,06
C ₂ (25–55)	3,00	2,61	0,39	0,30	0,25	0,05	0,09	0,02	0,07

* Не определялось.

Таблица 2

Групповой и фракционный состав железа в исследованных почвах (2012 г.)

Горизонт, глубина, см	Валовое, %	Силикат- ное, %	Несиликат- ное, %	Окристаллизованное, %			Аморфное, %		
				общее	сильно-	слабо-	общее	органиче- ское	неорганическое
Бурая горно-таежная почва									
A ₀ (0–6)	10,51	4,71	5,80	4,20	0,51	3,69	1,60	0,95	0,65
A ₁ (6–16)	8,94	4,59	4,35	2,55	0,34	2,21	1,80	0,81	0,99
B ₁ (16–40)	8,35	4,78	3,57	2,20	0,67	1,53	1,37	0,59	0,78
BC (40–60)	8,48	6,46	2,02	1,24	0,84	0,40	0,78	0,17	0,61
C (> 60)	9,87	7,73	2,14	1,24	0,89	0,35	0,90	0,17	0,73
Эмбризем инициальный									
C ₁ (0–5)	2,50	1,54	0,96	0,84	0,49	0,35	0,12	0,08	0,04
C ₂ (5–35)	2,75	1,85	0,90	0,80	0,54	0,26	0,07	0,02	0,05
Эмбризем органо-аккумулятивный → подтип буроземоподобный									
A ₀ (0–5)	–	–	–	–	–	–	–	–	–
C ₁ (5–8)	2,90	0,90	2,00	1,89	0,85	1,04	0,11	0,08	0,03
C ₂ (8–15)	3,65	1,75	1,65	1,58	1,04	0,54	0,07	0,02	0,05
C ₃ (15–55)	3,70	2,35	1,35	1,28	1,10	0,18	0,07	0,02	0,05
Эмбризем дерновый									
A ₀ (0–3)	–	–	–	–	–	–	–	–	–
A _d (3–7)	2,90	1,74	1,16	1,00	0,17	0,83	0,16	0,15	0,01
C ₁ (7–16)	3,20	1,80	1,40	1,26	0,31	0,95	0,14	0,10	0,04
C ₂ (16–35)	3,20	1,92	1,28	1,24	0,55	0,69	0,04	0,02	0,02
C ₃ (35–55)	3,20	2,71	0,49	0,45	0,40	0,05	0,04	0,02	0,02
Эмбризем гумусово-аккумулятивный									
A ₀ (0–2)	–	–	–	–	–	–	–	–	–
A _d (2–6)	2,20	0,85	1,35	1,11	0,22	0,88	0,24	0,20	0,04
A ₁ (6–8)	2,40	0,89	1,51	1,31	0,79	0,52	0,20	0,17	0,03
C ₁ (8–25)	2,80	1,33	1,47	1,41	1,06	0,35	0,06	0,04	0,02
C ₂ (25–55)	3,10	2,84	0,26	0,22	0,20	0,02	0,04	0,01	0,03

* Не определялось.

В слое почвы мощностью 40 см увеличилась фракция железа, связанного с органическим веществом, соответственно фракция неорганического аморфного железа сократилась. В нижних горизонтах неорганического железа стало больше (см. табл. 1, 2). Содержание общего аморфного железа в горизонтах А и А₁ осталось на прежнем уровне. В течение 10 лет увеличение произошло в горизонтах, расположенных в нижней части профиля. Аморфное железо накапливается в верхних горизонтах и уменьшается вниз по профилю по мере ослабления интенсивности выветривания и почвообразования, т.е. имеет аккумулятивный характер, что свойственно буроземообразованию.

Анализ группового состава железа эмбриоземов, формирующихся в техногенных ландшафтах Красногорского углеразреза, выявил следующие особенности. За 10 лет резких изменений в содержании групп и фракций железа не отмечается. Тем не менее стоит выделить некоторые моменты. Количество валового железа повысилось по всему профилю сверху вниз. Произошло небольшое увеличение общего валового железа во всех типах эмбриоземов в пределах 0,1–0,2% (см. табл. 1, 2). Количество несиликатного железа несколько увеличилось, кроме эмбриоземов органо-аккумулятивных, в которых несиликатного железа стало меньше. Тем не менее определяются увеличение количества силикатного железа и уменьшение несиликатной формы с глубиной во всех эмбриоземах, кроме органо-аккумулятивных, в которых 10 лет назад происходила аккумуляция несиликатного железа в средней части профиля. Отмечаются преобладание силикатного железа над несиликатным в профиле эмбриоземов инициальных и дерновых, преобладание несиликатного железа в профиле эмбриоземов гумусово-аккумулятивных и органо-аккумулятивных (см. табл. 1, 2). Преобладание несиликатного (свободного) железа над силикатным определяет степень выветривания субстрата. Чем выше содержание несиликатного железа, тем выше степень выветривания.

В верхней части профиля эмбриоземов органо-аккумулятивных и гумусово-аккумулятивных, во всем профиле эмбриоземов дерновых слабоокристаллизованная фракция несиликатного железа превышает сильноокристаллизованную фракцию. Подобное распределение происходит в профиле фоновой бурой таежной почвы. Внутрипочвенное распределение окристаллизованных фракций осталось без изменения и имеет двучленную дифференциацию: содержание сильноокристаллизованной фракции увеличивается вниз по профилю, в то время как содержание слабоокристаллизованной фракции уменьшается (см. табл. 1, 2), что указывает на некоторые черты псевдоподзоленности. В профиле эмбриоземов инициальных преобладает сильноокристаллизованная фракция.

Содержание аморфного железа в эмбриоземах за 10 лет несколько сократилось, что свидетельствует о снижении подвижности железа, а значит, и скорости почвообразования во всей толще всех типов эмбриоземов. Железо органическое преобладает над железом неорганическим. В условиях высокой влажности, слабощелочных значений рН железо комплексируется с гу-

мусовыми веществами (в основном с фульвокислотами) и накапливается в верхних горизонтах почв. Внутрипочвенное распределение фракций аморфного железа осталось без изменения. Фракция железа, связанного с органическим веществом, уменьшается с глубиной; фракция железа, не связанного с органическим веществом, с глубиной либо увеличивается, либо распределяется равномерно (см. табл. 1, 2). Преобладание железа неорганического над железом органическим в нижней части профиля эмбриоземов отражает процессы оглинивания. Аморфное железо накапливается в верхних горизонтах и уменьшается вниз по профилю по мере ослабления интенсивности выветривания и почвообразования, т.е. имеет аккумулятивный характер, что свойственно буроземообразованию.

Групповой состав железа эмбриоземов и фоновых бурых таежных почв в горно-таежном поясе Кузбасса имеет некоторое генетическое сходство. Это проявляется в следующем:

а) преобладание силикатного железа над несиликатным свидетельствует о слабой степени выветрелости пород, зависящей от каменности субстрата и времени почвообразования;

б) аморфное железо накапливается в органогенных горизонтах, где представлено в основном железоорганической фракцией, так как в горно-таежном поясе происходит биогенное накопление железа в результате преобразования растительного опада путем интенсивной аккумуляции, минерализации и гумификации органического вещества вследствие большого количества опада и благоприятных для этих процессов климатических условий. Вниз по профилю содержание аморфного железа снижается, т.е. подвижность железа падает;

в) процесс перехода аморфных фракций в окристаллизованные имеет обратимый характер: аморфные ↔ окристаллизованные. При избыточном увлажнении из окристаллизованных фракций могут образовываться аморфные закисные формы, т.е. подвижные фракции железа в основном литогенного происхождения. При осушении и аэрации они вновь кристаллизуются.

Преобладание в эмбриоземах слабоокристаллизованной фракции железа и уменьшение с глубиной сильноокристаллизованной, снижение содержания аморфного железа указывают на то, что процессы почвообразования в техногенных ландшафтах носят фоновый характер и идут в сторону буроземообразования с признаками псевдоподзоленности и оглинивания [8, 9].

Исследование группового и фракционного состава железа эмбриоземов органо-аккумулятивных, формирующихся под искусственными и самосевными посадками древесных (в основном хвойных) растений, показало наиболее выраженные изменения, по сравнению с другими типами эмбриоземов. Во-первых, в верхней части профиля увеличилось содержание несиликатного (свободного) железа с 1,56 до 2,00% (см. табл. 1, 2); во-вторых, изменилось распределение несиликатного железа (в 2002 г. происходила аккумуляция в средней части профиля с последующим уменьшением (табл. 1), в 2012 г. происходит уменьше-

ние содержания от верхних горизонтов к нижним (см. табл. 2); в-третьих, увеличилось содержание окристаллизованных фракций в верхних слоях почвы, особенно слабоокристаллизованной, в то время как сильноокристаллизованная распределяется равномерно по всему профилю; в-четвертых, сократилось содержание аморфного железа. Таким образом, резкое изменение в групповом составе железа в период с 2002 по 2012 г. диагностирует эволюцию почвы, которая отличается от эволюции эмбриоземов органо-аккумулятивных [5, 10]. Так как тип эмбриоземов определяется по типодиагностическому горизонту, а подтип – по происходящим в эмбриоземах почвообразовательным процессам [4], почвы техногенных ландшафтов, развивающиеся под лесной или таежной растительностью по типу буроземообразования с морфологически выделяемым горизонтом A_0 , предлагается называть эмбриоземами органо-аккумулятивными буроземоподобными и включить в классификацию почв техногенных ландшафтов, разработанную сотрудниками лаборатории рекультивации почв ИПА СО РАН.

Проведенные исследования показали, что в почвах техногенных ландшафтов горно-таежного пояса Кузбасса фоновый характер направленности процессов почвообразования прослеживается достаточно четко. В течение 10 лет резких количественных и качественных изменений в групповом составе железа эмбриоземов не произошло, за исключением эмбриоземов органо-аккумулятивных. Отмечается снижение скорости почвообразования. Динамика группового состава железа указывает на то, что эмбриоземы, как и 10 лет назад, находятся в метастабильном состоянии. Метастабильное состояние диагностирует эоклин, в котором находится ландшафт [5]. Известно, что техногенный ландшафт в горно-таежном поясе входит в эоклин за 10–12 лет с момента образования [10] с формированием в конечном итоге эмбриоземов гумусово-аккумулятивных. Тем не менее после 42 лет развития техногенной экосистемы в ее почвенном покрове присутствуют все типы эмбриоземов, что определяет неоднородность почвенного покрова, которая связана с различными факторами и условиями почвообразования.

Сколько времени ландшафт будет находиться в метастабильном состоянии, неизвестно. Изменения произойдут в том случае, если изменятся условия или хотя бы один фактор почвообразования. На месте формирования эмбриоземов органо-аккумулятивных произошла смена сукцессий биоценоза – сформировался трехъярусный биоценоз, состоящий из хвойных и лиственных растений с подростом, подростом и таежным разнотравьем. Другими словами, изменился биотический фактор. На данный момент известно, что со временем скорость почвообразования замедляется и, скорее всего, замедляться будет дальше. Таким образом, необходим последующий тщательный мониторинг формирования почв техногенных ландшафтов.

Групповой состав железа указывает на тип, по которому происходит почвообразование в нарушенных экосистемах горно-таежного пояса, а динамика груп-

пового состава железа – на интенсивность почвообразовательных процессов. Учитывая эти данные, можно определить как минимум два направления развития почвенного покрова. На открытых, выположенных участках техногенного ландшафта смена сукцессий фитоценоза, а значит, развитие почв происходит от инициальной стадии до органо-аккумулятивной и далее до дерновой и самой генетически развитой – гумусово-аккумулятивной. Под искусственными посадками древесных пород и в местах, где путем самозаращения образовался лес, а также на склоновых поверхностях развитие почвенного покрова происходит от инициальной стадии до органо-аккумулятивной. Органо-аккумулятивная стадия может остановить свое развитие и находиться в метастабильном состоянии, так как под пологом древесной и кустарниковой растительности на склоновых участках травянистый покров развит слабо, дернина не образуется. Органо-аккумулятивная стадия также может деградировать до инициальной стадии вследствие неблагоприятных условий (пожар, выпадение растений в результате болезней, эрозия почв и т.п.). При благоприятных условиях, учитывая, что почвообразование происходит по типу буроземообразования, под лесной растительностью прогнозируется формирование нового подтипа почв техногенных ландшафтов – эмбриоземов органо-аккумулятивных буроземоподобных [11]. Так как в нарушенных ландшафтах горно-таежной зоны восстановление биоценоза происходит по зональному типу с образованием вторичных лиственных лесов и, в конечном итоге, черновой тайги, эволюция почв тоже должна идти по зональному типу. По некоторым данным экосистема среднегорных хвойных лесов сможет самостоятельно восстановиться полностью в лучшем случае лишь через 250–300 лет [12].

Таким образом, до образования черновой тайги в почвенном покрове предполагается наличие всех типов эмбриоземов. Прогнозируется также образование дерновых глубокоподзолоподобных почв техногенных ландшафтов, которые по своим свойствам будут максимально приближены к зональным дерновым глубокоподзольным почвам.

В заключение необходимо отметить следующее:

1. Определена тенденция почвообразования в техногенных ландшафтах горно-таежного пояса Кузбасса, показывающая, что развитие почв происходит по типу буроземообразования с признаками псевдоподзоленности и оглинивания.

2. Со временем интенсивность почвообразования снижается.

3. Определяется два направления почвообразования в техногенных ландшафтах горно-таежного пояса: эмбриоземы инициальные ↔ органо-аккумулятивные → подтип буроземоподобные; эмбриоземы инициальные → органо-аккумулятивные → дерновые → гумусово-аккумулятивные.

4. В почвенном покрове горно-таежного пояса Кузбасса предполагается формирование эмбриоземов буроземоподобных и дерновых глубокоподзолоподобных как наиболее соответствующих зональным почвам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зонн С.В. Железо в почвах. М. : Наука, 1982. 208 с.
2. Зонн С.В., Рукака А.Н. Методы определения несиликатных форм железа в почвах // Почвоведение. 1978. № 2. С. 89–101.
3. Ариушикина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М. : Изд-во МГУ, 1970. 487 с.
4. Курачев В.М., Андроханов В.А. Классификация почв техногенных ландшафтов // Сибирский экологический журнал. 2002. № 3. С. 255–261.
5. Двуреченский В.Г. Географо-генетическая характеристика форм железа в эмбриоземах Кузбасса : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Новосибирск, 2011. 19 с.
6. Роде А.А. Почвообразовательные процессы и их изучение стационарным методом // Принципы организации и методы стационарного изучения почв. М. : Наука, 1976. С. 5–33.
7. Герасимов И.П. Использование понятий об элементарных почвенных процессах для генетической диагностики почв // Генезис, классификация и география почв. М. : Наука, 1974. С. 482–489.
8. Таргульян В.О. Процессы почвообразования и эволюция почв. М. : Наука, 1995.
9. Гаджиев И.М., Курачев В.М., Шоба В.Н. и др. Генезис, эволюция и география почв Западной Сибири. Новосибирск : Наука, 1988. 224 с.
10. Андроханов В.А., Курачев В.М. Почвенно-экологическое состояние техногенных ландшафтов: динамика и оценка. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2010. 224 с.
11. Двуреченский В.Г., Середина В.П. Характеристика почвенного покрова техногенных ландшафтов Красноярского каменноугольного разреза // Вестник Томского государственного университета. 2014. № 387. С. 257–265.
12. Баранник Л.П. Лесообразование на породных отвалах угольных разрезов Южного Кузбасса // Почвообразование в техногенных ландшафтах. Новосибирск : Наука, 1979. С. 172–179.

Статья представлена научной редакцией «Биология» 5 февраля 2015 г.

THE USE OF GROUP AND FRACTURE COMPOSITION OF IRON FOR THE DIAGNOSIS OF FORMATION AND EVOLUTION OF SOILS OF TECHNOGENIC LANDSCAPES OF KUZBASS MOUNTAIN TAIGA BELT

Tomsk State University Journal, 2015, 393, 237-243. DOI 10.17223/15617793/393/38

Dvurechensky Vadim G. Institute of Soil Science and Agrochemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Novosibirsk, Russian Federation). E-mail: dvu-vadim@yandex.ru

Keywords: group and fracture composition of iron; embryozems; man-made landscape; mountain-taiga zone.

Group and fracture composition of iron in the soil profile of both natural and man-made landscapes is of diagnostic value, expressing various subsurface processes. Sensitivity to changes in iron redox conditions, the ability to form different compounds with organic acids, susceptibility to hydrolysis define one of its main properties: the ability to reflect different stages of the soil formation process. Group composition of iron embryozems and background brown taiga soils in the mountain taiga belt of Kuzbass has some genetic similarities, which allowed to determine the type of soil formation. This is manifested in the following: a) the prevalence of silicate iron over non-silicate shows a low degree of rock weathering which depends on the substrate stone content and time of soil formation; b) amorphous iron accumulates in organic horizons, represented mainly by iron-organic fracture, for the mountain taiga zone biogenically accumulates iron in the transformation of plant litter by intensive accumulation, mineralization and humification of the organic matter and the climatic conditions favorable to these processes; c) the process of transition of the amorphous fractures into crystallized is reversible: amorphous ↔ crystallized. Given this evidence, we define two areas of soil cover. In the open shallow areas of anthropogenic landscape the change of phytocenosis succession and, hence, the development of the soils goes from the initial to the organic accumulation stage, and then to the turf and the most genetically advanced, humus-accumulative stages. The development of soil goes from the initial to the organic-accumulative stage under the artificially planted trees in overgrown forest areas, as well as on the slopes. Under favorable conditions, given that the type of soil formation is burozem-formation under forest vegetation, a new subtype of soil man-made landscapes is projected to form: burozem-like embryozems. Since disturbed landscapes of the mountain taiga zone restore all cenoses by the zonal type, with formation of secondary deciduous forests and, ultimately, taiga, the evolution of soil should also come by the zonal type. Thus, until taiga is formed, the soil cover assumes embryozems of all types, including burozem-like. The study determined the trend of soil formation in man-made landscapes of the mountain taiga belt of Kuzbass, showing that the development of the type of soil is burozem-formation and other processes, found that over time the rate of soil formation is reduced; identified two areas of soil formation: embryozems initial ↔ organic-accumulative → burozem-like; embryozems initial → organic-accumulative → turf → humus-accumulative.

REFERENCES

1. Zonn S.V. *Zhelezo v pochvakh* [Iron in soils]. Moscow: Nauka Publ., 1982. 208 p.
2. Zonn S.V., Rukaka A.N. *Metody opredeleniya nesilikatnykh form zheleza v pochvakh* [Methods for determination of non-silicate forms of iron in soils]. *Pochvovedenie*, 1978, no. 2, pp. 89–101.
3. Arinushkina E.V. *Rukovodstvo po khimicheskomu analizu pochv* [Guidance on chemical analysis of soil]. Moscow: Moscow State University Publ., 1970. 487 p.
4. Kurachev V.M., Androkhonov V.A. Classification of Soils of Technogenous Landscapes. *Sibirskiy ekologicheskiy zhurnal – Contemporary Problems of Ecology*, 2002, no. 3, pp. 255–261. (In Russian).
5. Dvurechenskiy V.G. *Geografo-geneticheskaya kharakteristika form zheleza v embriozemakh Kuzbassa*: avtoref. dis. kand. biol. nauk [Geographic and genetic characteristic of iron forms in Kuzbass embryozems. Abstract of Biology Cand. Diss.]. Novosibirsk, 2011. 19 p.
6. Rode A.A. *Pochvoobrazovatel'nye protsessy i ikh izuchenie statsionarnym metodom* [Soil-forming processes and their study by a stationary method]. In: Rode A.A. (ed.) *Printsipy organizatsii i metody statsionarnogo izucheniya pochv* [The principles of organization and methods of stationary soil study]. Moscow: Nauka Publ., 1976, pp. 5–33.

7. Gerasimov I.P. *Ispol'zovanie ponyatiy ob elementarnykh pochvennykh protsessakh dlya geneticheskoy diagnostiki pochv* [Using the concepts of elementary soil processes for genetic diagnosis of soil]. In: Karavaeva N.A. (ed.) *Genezis, klassifikatsiya i geografiya pochv* [Genesis, classification and geography of soils]. Moscow: Nauka Publ., 1974, pp. 482–489.
8. Targul'yan V.O. *Protsessy pochvoobrazovaniya i evolyutsiya pochv* [Processes of soil formation and evolution of soils]. Moscow: Nauka Publ., 1995. 247 p.
9. Gadzhiev I.M., Kurachev V.M., Shoba V.N. et al. *Genezis, evolyutsiya i geografiya pochv Zapadnoy Sibiri* [The genesis, evolution and geography of soils of Western Siberia]. Novosibirsk: Nauka Publ., 1988. 224 p.
10. Androkhanov V.A., Kurachev V.M. *Pochvenno-ekologicheskoe sostoyanie tekhnogennykh landshaftov: dinamika i otsenka* [Soil-ecological state of technogenic landscapes: dynamics and assessment]. Novosibirsk: Izd-vo SO RAN Publ., 2010. 224 p.
11. Dvurechenskiy V.G., Seredina V.P. Characteristics of the soil cover of technogenic landscapes of the Red-Mountain coalmine. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta – Tomsk State University Journal*, 2014, no. 387, pp. 257–265. (In Russian).
12. Barannik L.P. *Lesoobrazovanie na porodnykh otvalakh ugol'nykh razrezov Yuzhnogo Kuzbassa* [Forest formation on waste dumps of Southern Kuzbass coal mines]. In: Trofimov S.S. (ed.) *Pochvoobrazovanie v tekhnogennykh landshaftakh* [Soil formation in man-made landscapes]. Novosibirsk: Nauka Publ., 1979, pp. 172–179.

Received: 05 February 2015