

Динамика группового состава железа в почвах техногенных ландшафтов лесостепных участков Кузнецкой котловины

В. Г. ДВУРЕЧЕНСКИЙ

*Институт почвоведения и агрохимии СО РАН
630090, Новосибирск, просп. акад. Лаврентьева, 8/2
E-mail: dvu-vadim@mail.ru*

Статья поступила 10.12.2014

Принята к печати 25.02.2014

АННОТАЦИЯ

Использование группового и фракционного состава железа позволило диагностировать процессы почвообразования, которые происходят в молодых почвах, формирующихся на отвалах техногенных ландшафтов. Мониторинг содержания и распределения различных форм железа в эмбриоземах показал скорость и направленность почвообразовательных процессов в нарушенных экосистемах. Выявлено, что соотношение различных форм и фракций железа и распределение их в почвенном профиле обладает индикаторной способностью.

Ключевые слова: групповой и фракционный состав железа, эмбриоземы, техногенный ландшафт, степные участки.

При увеличении техногенной нагрузки на естественные ландшафты происходят значительные нарушения целостности почвенного покрова вплоть до полного его уничтожения на значительных площадях, что нарушает экологическое состояние огромных территорий. Известно, что уничтожение почвенного покрова особенно интенсивно происходит в районах добычи полезных ископаемых открытым, карьерным способом. На территориях месторождений образуются техногенные ландшафты. Воздействие различных факторов техногенеза на естественные ландшафты сопровождается гибелью всех компонентов биоты, нарушением геологического фундамента и появлением на поверхности глубинных пород. Таким образом, в результате

деятельности горно-добывающей и горно-перерабатывающей промышленности на месте естественных ландшафтов образуются техногенные с характерным разнообразным рельефом, нарушенной экологической средой и своеобразным почвенным покровом.

Железо, являясь одним из основных элементов, содержащихся в почве, и обладая способностью менять валентность и свойства, диагностирует направление почвообразования, типовые и подтиповые особенности многих почв. Железо определяет различную окраску почв, обусловленную степенью своей гидратированности и, следовательно, дифференцируя их по водному режиму. Во многих почвах железо не только не выносятся из профиля, но и накапливается, что ука-

зывает на меньшую подвижность железа по сравнению с другими элементами. На современном этапе почвы естественных и техногенных ландшафтов обогащаются железом за счет поступления из отвалов горных пород, промышленных отходов в виде отработанных частей железных изделий.

Таким образом, железо в профилях почв как естественных, так и техногенных ландшафтов имеет диагностическое значение, выражая различные внутрисочвенные 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 – отражать различные стадии почвообразовательного процесса [Зонн, 1982].

Почвообразовательные процессы делятся на три основные группы. Микропроцессы – это группа процессов, в результате которых осуществляются элементарные преобразования вещества [Роде, 1976] или элементарные почвенные процессы первого порядка [Герасимов, 1974], функционирующие на самой ранней стадии развития экосистемы, когда круговорот биологических веществ в техногенном ландшафте только начинает формироваться. Мезопроцессы проявляются при сочетании и взаимодействия 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 органогенных 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 – это совокупность явлений превращения и передвижения веществ и энергии, протекающих в почвенной толще [Роде, 1976]. Из этого сле-

дует, что важнейшим компонентом почвообразовательного процесса является превращение минералов материнских пород, составляющих субстрат отвалов, а впоследствии и самих эмбриоземов посредством биологического, геологического и биохимического круговорота энергии и вещества. Немаловажная роль принадлежит процессам минерализации и гумификации органического вещества, которые интенсивно происходят в степных ландшафтах под злаково-разнотравной растительностью. Глубокие преобразования, происходящие в минеральной части эмбриоземов, такие как интенсивное выветривание первичных минералов, перераспределение по профилю железа и т. п., протекают под непосредственным воздействием гумусовых веществ, играющих роль мощного агента выветривания и почвообразования. Скорость преобразования минералов определяется основными факторами почвообразования. Биологические и абиотические процессы трансформации минералов как в почвах естественных, так и техногенных ландшафтов протекают совместно, в одном биологическом круговороте.

Поведение железа зависит от реакции среды, водного и воздушного режима почв. В нейтральных и щелочных почвах при достаточной аэрации оно 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 увеличивается. Органические кислоты интенсивно разрушают минералы и способствуют усилению подвижности железа [Двуреченский, 2011]. При изменении валентности 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.

Цель исследования – уточнение направления почвообразования и определение изменения скорости почвообразовательных процессов в техногенных ландшафтах степных территорий Кузнецкой котловины по результатам мониторинга группового и фракционного состава железа, проводившегося раз в 10 лет.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проводились в 2002 и 2012 гг. в молодых почвах – эмбриоземах, формирующихся на внешних транспортных отвалах Моховского углераза, расположенного в Ленинск-Кузнецком районе Кемеровской обл., в так называемом степном ядре лесостепной зоны. Субстрат отвала состоит из хаотичной смеси вскрышных (карбонатные покровные глины, лессовидные суглинки) и вмещающих (песчаники, аргиллиты, алевролиты) пород. Возраст отвалов – 45 лет. Материал для исследования брался с выположенных и спланированных участков, т. е. с тех участков, на которых проводился горно-технический этап рекультивации. В дальнейшем одну часть территории оставили под самозаращение, на другой части территории произвели посев сосны и облепихи, т. е. провели биологический этап рекультивации.

Железо подразделялось на формы и фракции, согласно классификации С. В. Зонна [1982]: общее (валовое) железо ($Fe_{вал}$) определялось методом спекания с щелочами; несиликатное (свободное) железо ($Fe_{д}$) извлекалось из почвы методом Мера и Джексона в модификации Коффина; аморфные формы железа определялись методами Тамма (Fe_0) и Баскомба (Fe_{ext}); остаточное железо экстрагировалось дитионитом натрия (Fe_{res}) [Аринушкина, 1970; Зонн, Рукака, 1978]. По данным, полученным этими методами, вычислялись следующие формы железа: 1) силикатное ($Fe_{вал} - Fe_{д}$); 2) окристаллизованное ($Fe_{д} - Fe_0$): сильноокристаллизованное ($Fe_{д} - Fe_{ext+res}$), слабоокристаллизованное ($Fe_{ext+res} - Fe_0$); 3) аморфное: органо-минеральное (Fe_{ext}), минеральное ($Fe_0 - Fe_{ext}$). 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.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Согласно классификации почв техногенных ландшафтов [Курачев, Андроханов, 2002], почвенный покров в нарушенных экосистемах формируется сингенетично стадиям развития растительных сукцессий. Проведенные ранее исследования показали, что развитие эмбриоземов в степном ядре лесостепи Кузбасса имеет два направления: 1) инициальные ↔ органо-аккумулятивные; 2) инициальные → органо-аккумулятивные → дерновые → гумусово-аккумулятивные [Двуреченский, 2011]. Типы эмбриоземов характеризуются определенным строением слабовыраженного почвенного профиля и различаются по степени развитости биологических и почвообразовательных процессов.

Зональными почвами лесостепной зоны Кузбасса являются черноземы выщелоченные. В результате проведенных исследований выявлено, что за 10 лет групповой состав железа в черноземах выщелоченных практически не изменился. Отмечается увеличение валового содержания на десятые доли процента (табл. 1, 2). Распределение форм и фракций железа в профиле осталось прежним. Силикатное железо преобладало и преобладает над несиликатным во всем профиле, их распределение по профилю осталось без изменения: количество силикатного железа с глубиной увеличивается, в то время как количество несиликатного незначительно сокращается, имея максимум в горизонте АВ. Таким образом, подвижность Fe, входящего в состав минеральной части черноземов выщелоченных, низкая во всех горизонтах, незначительно повышается в горизонте АВ. Другими словами, при наличии в данной почве определенных окислительно-восстановительных свойств, реакции среды и др., железо находится в неподвижном состоянии в составе силикатов.

Несиликатное железо представлено сильноокристаллизованными и слабоокристаллизованными фракциями, причем количество последней, как и 10 лет назад, значительно превышает сильноокристаллизованную фрак-

Т а б л и ц а 1

Групповой и фракционный состав железа в 2002 г.

Горизонт, глубина, см	Вало- вое, %	Сили- катное, %	Несили- катное, %	Окристаллизованное, %			Аморфное, %		
				общее	сильно-	слабо-	общее	органи- ческое	неорга- ническое
Чернозем выщелоченный									
A (0-10)	5,32	3,61	1,71	1,46	0,05	1,41	0,25	0,19	0,06
A (10-25)	4,88	3,22	1,66	1,43	0,10	1,33	0,23	0,19	0,04
AB (25-50)	5,54	3,73	1,81	1,69	0,26	1,43	0,12	0,06	0,06
B ₁ (50-65)	5,41	3,82	1,59	1,47	0,53	0,94	0,12	0,04	0,08
B ₂ (65-80)	5,41	3,91	1,50	1,40	0,60	0,80	0,10	0,04	0,06
B _к (80-100)	5,61	4,22	1,39	1,29	0,63	0,66	0,10	0,04	0,06
C _к (> 100)	5,74	4,38	1,36	1,29	0,58	0,71	0,07	0,02	0,05
Эмбриозем инициальный									
C ₁ (0-2)	4,99	2,15	2,84	2,64	1,08	1,56	0,20	0,16	0,04
C ₂ (2-13)	5,99	4,00	1,99	1,75	1,16	0,59	0,24	0,19	0,05
C ₃ (13-55)	7,59	5,82	1,77	1,40	1,26	0,14	0,37	0,07	0,30
Эмбриозем органо-аккумулятивный									
A ₀ (0-3)	–	–	–	–	–	–	–	–	–
C ₁ (3-15)	3,80	2,27	1,53	1,46	1,02	0,44	0,07	0,05	0,02
C ₂ (15-50)	3,40	2,00	1,40	1,34	1,19	0,15	0,06	0,03	0,03
Эмбриозем дерновый									
A ₀ (0-2)	–	–	–	–	–	–	–	–	–
A _д (2-8)	4,40	2,79	1,61	1,44	1,07	0,37	0,17	0,15	0,02
C ₁ (8-20)	5,39	4,17	1,22	0,99	0,67	0,32	0,23	0,13	0,10
C ₂ (20-40)	5,00	4,00	1,00	0,76	0,59	0,17	0,24	0,09	0,15
C ₃ (40-55)	5,79	4,80	0,99	0,72	0,55	0,17	0,27	0,06	0,21
Эмбриозем гумусово-аккумулятивный									
A ₀ (0-1)	–	–	–	–	–	–	–	–	–
A _д (1-3)	3,80	2,56	1,24	1,06	0,73	0,33	0,18	0,16	0,02
A ₁ (3-8)	4,80	2,88	1,92	1,74	1,26	0,48	0,18	0,15	0,03
C ₁ (8-45)	5,19	3,00	2,19	1,97	1,25	0,72	0,22	0,16	0,06
C ₂ (45-65)	6,39	3,12	3,27	2,92	1,29	1,63	0,35	0,12	0,23

П р и м е ч а н и е. Прочерк – не определялось.

цию практически по всему профилю черноземов выщелоченных. И лишь в нижних горизонтах В и С содержание фракций окристаллизованного железа становится одинаковым. Окристаллизованные соединения железа образуются в условиях повышенной температуры, хорошей аэрации, периодического иссушения-увлажнения и преобладания окислительных условий, которые существуют в степных ареалах, благоприятствующих кристаллизации аморфных форм железа. Рас-

пределение аморфного железа по профилю осталось без изменений (снижение содержания с глубиной).

Тем не менее определяются изменения, которые произошли в групповом составе железа черноземов выщелоченных за 10 лет. Незначительно сократилось содержание сильноокристаллизованной фракции в верхних горизонтах, в нижних – произошло увеличение. Изменения в содержании слабоокристаллизованной фракции незначительные.

Т а б л и ц а 2

Групповой и фракционный состав железа в 2012 г.

Горизонт, глубина, см	Вало- вое, %	Сили- катное, %	Несили- катное, %	Окристаллизованное, %			Аморфное, %		
				общее	сильно-	слабо-	общее	органи- ческое	неорга- ническое
Чернозем выщелоченный									
A (0-12)	5,45	3,62	1,83	1,44	0,04	1,40	0,39	0,31	0,08
A (12-28)	4,92	3,21	1,71	1,40	0,09	1,31	0,31	0,26	0,05
AB (28-55)	5,67	3,72	1,95	1,67	0,23	1,44	0,28	0,20	0,08
B ₁ (55-65)	5,49	3,87	1,62	1,51	0,60	0,91	0,11	0,02	0,09
B ₂ (65-80)	5,49	3,95	1,54	1,45	0,63	0,82	0,09	0,02	0,07
B _к (80-100)	5,70	4,29	1,41	1,32	0,68	0,64	0,09	0,02	0,07
C _к (> 100)	5,75	4,36	1,39	1,34	0,64	0,70	0,05	0,02	0,03
Эмбриозем инициальный									
C ₁ (0-4)	5,12	2,23	2,89	1,99	0,95	1,04	0,90	0,79	0,11
C ₂ (4-15)	6,02	4,00	2,02	1,91	1,18	0,73	0,11	0,02	0,09
C ₃ (15-55)	7,67	5,80	1,87	1,62	1,29	0,33	0,25	0,02	0,23
Эмбриозем органо-аккумулятивный криптоподзолистый									
A ₀ (0-5)	–	–	–	–	–	–	–	–	–
C ₁ (5-15)	3,94	2,29	1,65	1,40	1,11	0,29	0,25	0,20	0,05
C ₂ (15-50)	3,51	1,99	1,52	1,25	1,15	0,10	0,27	0,18	0,09
Эмбриозем дерновый									
A ₀ (0-3)	–	–	–	–	–	–	–	–	–
A _д (3-9)	4,45	2,81	1,64	1,50	1,05	0,45	0,14	0,12	0,02
C ₁ (9-20)	5,58	4,31	1,27	1,13	0,74	0,39	0,14	0,07	0,07
C ₂ (20-40)	5,50	4,29	1,21	1,07	0,69	0,38	0,14	0,03	0,11
C ₃ (40-55)	5,81	4,82	0,99	0,88	0,64	0,24	0,11	0,01	0,10
Эмбриозем гумусово-кумулятивный									
A ₀ (0-2)	–	–	–	–	–	–	–	–	–
A _д (2-5)	3,84	2,56	1,28	1,17	0,75	0,42	0,11	0,10	0,01
A ₁ (5-10)	4,90	2,79	2,11	2,02	1,28	0,74	0,09	0,07	0,02
C ₁ (10-45)	5,31	3,12	2,19	2,10	1,28	0,82	0,09	0,05	0,04
C ₂ (45-65)	6,54	4,27	2,27	2,16	1,29	0,87	0,11	0,02	0,09

П р и м е ч а н и е. Прочерк – не определялось.

Аморфное железо накапливается в горизонте А; в нижележащих горизонтах распределяется равномерно. Подобное распределение свидетельствует о том, что процессы выветривания и почвообразования затрагивают всю толщу почвы. Аморфного железа в профиле стало больше, особенно в органогенных горизонтах, т. е. железо стало подвижной, что, в свою очередь, говорит о некотором увеличении скорости почвообразовательных процессов, таких как минерализация и гумифи-

кация органического вещества. Морфологически это подтверждается увеличением гумусового горизонта А на 3 см. В гумусовом горизонте А значительно увеличилась фракция аморфного железа, связанного с органическим веществом. Фракция неорганического аморфного железа осталась практически без изменений (см. табл. 1, 2). Таким образом, распределение и соотношение форм и фракций железа указывают на то, что в течение 10 лет в черноземах выщелоченных

происходили и происходят процессы гумусонакопления.

Анализ группового состава железа эмбриоземов выявил следующие особенности. За 10 лет резких изменений в содержании групп и фракций железа не отмечается. Тем не менее стоит обратить внимание на некоторые моменты. Произошло небольшое увеличение общего валового железа во всех типах эмбриоземов в пределах 0,1–0,2 % (см. табл. 1, 2). Количество силикатного железа в профиле эмбриоземов несколько увеличилось. В распределении силикатного и несиликатного железа произошли следующие изменения. Во всех эмбриоземах, кроме органо-аккумулятивных, определяется увеличение вниз по профилю количества силикатного железа. В эмбриоземах органо-аккумулятивных содержание силикатного железа уменьшается с глубиной, а несиликатное железо распределено равномерно. В эмбриоземах инициальных и дерновых количество несиликатного железа снижается с глубиной. В эмбриоземах гумусово-аккумулятивных, как 10 лет назад, происходит увеличение содержания несиликатного железа с глубиной. Общее количество свободного железа уменьшилось. Силикатное железо преобладает над несиликатным в профиле всех типов эмбриоземов (см. табл. 1, 2). Такое преобладание свидетельствует о том, что степень выветривания субстрата остается невысокой.

Во всех типах эмбриоземов сильноокристаллизованная фракция несиликатного железа превышает слабоокристаллизованную. В эмбриоземах органо-аккумулятивных отмечается снижение количества слабоокристаллизованной фракции. Внутрипочвенное распределение окристаллизованных фракций в эмбриоземах осталось без изменения, и имеет в каждом типе определенные особенности. В эмбриоземах инициальных и органо-аккумулятивных наблюдается следующая дифференциация: содержание сильноокристаллизованной фракции увеличивается вниз по профилю, в то время как содержание слабоокристаллизованной фракции уменьшается (см. табл. 1, 2). В эмбриоземах дерновых содержание обеих снижается с глубиной. В эмбриоземах гумусово-аккумулятивных – увеличивается.

В содержании аморфного железа выявлены заметные изменения, произошедшие за последние 10 лет. За счет железорганической фракции произошло резкое увеличение количества аморфного железа в эмбриоземах инициальных (верхняя часть профиля) и органо-аккумулятивных (вся толща), т. е. в этих типах интенсивность почвообразования увеличилась. Сократилось количество аморфной формы в эмбриоземах дерновых и гумусово-аккумулятивных, что свидетельствует о снижении подвижности железа, а значит и скорости почвообразования во всей толще этих типов эмбриоземов. Железо органическое преобладает над железом неорганическим в верхних горизонтах. В нижних горизонтах преобладает фракция железа неорганического. Исключение составляют эмбриоземы органо-аккумулятивные и гумусово-аккумулятивные, в которых железо органическое преобладает над железом неорганическим (см. табл. 1, 2). Причем в эмбриоземах органо-аккумулятивных соотношение этих фракций железа наиболее выражено. Образование органического железа происходит, скорее всего, вследствие того, что под пологом формирующегося лесного биоценоза создаются условия (более высокая влажность, изменения значений рН от слабощелочных до слабокислых и др.), при которых железо комплексируется с гумусовыми веществами и накапливается в верхних горизонтах почв. Преобладание железа неорганического над органическим в нижней части профиля эмбриоземов отражает процессы оглинивания. Аморфное железо, накапливаясь в верхних горизонтах, ниже распределяется равномерно по профилю, т. е. ослабления интенсивности выветривания и почвообразования не происходит, и эти процессы охватывают всю толщу изучаемых почв.

Групповой состав железа эмбриоземов дерновых и гумусово-аккумулятивных, как и фоновых черноземов выщелоченных, имеет генетическое сходство. Процесс перехода аморфных фракций в окристаллизованные носит обратимый характер: аморфные ↔ окристаллизованные. При увлажнении из окристаллизованных фракций образуются аморфные закисные формы, т. е. подвижные фракции железа, в основном литогенного

происхождения. При осушении и аэрации они вновь кристаллизуются. Существует и основное генетическое различие. Оно заключается в том, что несмотря на преобладание в черноземах и эмбриоземах силикатного железа над несиликатным, в эмбриоземах степень выветрелости пород, зависящей от каменности субстрата и небольшим периодом времени почвообразования, слабая.

Преобладание в эмбриоземах дерновых и гумусово-аккумулятивных силикатного железа, сильноокристаллизованной фракции несиликатного железа, уменьшение с глубиной слабоокристаллизованной фракции, распределение по профилю фракций аморфного железа указывает на то, что процессы почвообразования происходят по типу гумусонакопления с признаками оглинивания, что наиболее соответствуют тем процессам, которые происходят в фоновых почвах (гумусонакопление).

Исследование группового и фракционного состава железа на участках, где 10 лет назад диагностировались эмбриоземы инициальные и органо-аккумулятивные (под искусственными и самосевными посадками древесных растений), показало наиболее выраженные изменения по сравнению с другими типами эмбриоземов. Во-первых, в верхней части профиля снизилось содержание фракций окристаллизованного железа (см. табл. 1), во-вторых, резко увеличилось содержание аморфного железа, особенно его органической фракции. Подобное распределение и соотношение форм и фракций железа свидетельствует о том, что на данных участках происходят процессы подзолообразования [Гаджиев и др., 1988; Таргульян, 1995]. 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 [Андроханов, Курачев, 2010; Двуреченский, 2011].

Проведенные исследования показали, что в почвах техногенных ландшафтов степного ядра лесостепной зоны Кузбасса фоновый характер направленности процессов почвообразования прослеживается в эмбриоземах дерновых (в наименьшей степени) и гумусово-аккумулятивных (в наибольшей степени). За последние 10 лет резких количественных

и качественных изменений группового состава железа в эмбриоземах не произошло. Исключение составляют эмбриоземы инициальные и органо-аккумулятивные, в которых увеличилось содержание аморфного железа, особенно его органической фракции, а значит, увеличилась скорость почвообразования. Динамика группового состава железа указывает на то, что эмбриоземы инициальные и органо-аккумулятивные находятся в некотором переходном состоянии, тогда как 10 лет назад они были в метастабильном состоянии (экоклине) [Двуреченский, 2011]. Известно, что техногенный ландшафт в степном ядре лесостепной зоны входит в эколин в течение 15–20 лет с момента образования [Андроханов, Курачев, 2010], с формированием в конечном итоге эмбриоземов гумусово-аккумулятивных. Тем не менее после 45 лет развития техногенной экосистемы в ее почвенном покрове присутствуют все типы эмбриоземов, что определяет неоднородность почвенного покрова, связанную с различными факторами и условиями почвообразования.

Вопросы о том, сколько времени ландшафт будет находиться в метастабильном состоянии, сколько будет длиться переходный период, какие почвы в результате этого перехода сформируются и каково будет почвенно-экологическое состояние, пока остаются открытыми. Однако, изучая динамику группового состава железа, можно определить тенденции развития почвенного покрова в техногенных экосистемах степных территорий. Несмотря на то, что процессы почвообразования в черноземах выщелоченных и эмбриоземах дерновых и гумусово-аккумулятивных похожи, эволюция почв техногенных ландшафтов происходит не по зональному типу. Первоначально материнская порода (как фактор почвообразования), на которой формируются эмбриоземы (хаотичная каменистая смесь вскрышных и вмещающих пород), отличается от материнской породы фоновых почв (лессовидные суглинки). Что касается эмбриоземов органо-аккумулятивных, то в результате искусственной посадки на отвалы нетипичных для степных ареалов древесных и кустарниковых пород изменился биотический фактор почвообразования. За 45 лет развития ландшафта на месте формирования эмбриоземов органо-аккумуля-

тивных произошла смена сукцессий биоценоза – сформировался биоценоз, состоящий из хвойных и лиственных растений с подростом и разнотравьем, выпали кустарниковые виды. Изменения коснулись и других факторов – климат и рельеф. По законам генетического почвоведения подобные изменения влекут за собой образование нового типа или подтипа почв.

Групповой состав железа показал особенности почвообразования в нарушенных экосистемах степных участков лесостепной зоны, а динамика группового состава железа – интенсивность почвообразовательных процессов. Учитывая эти данные, определяются как минимум два направления развития почвенного покрова. На участках с искусственными посадками и в местах, где путем самозарастания 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 вследствие неблагоприятных условий (пожар, выпадение растений в результате болезней, эрозия почв и т. п.). Тем не менее исследования показали, что в период с 2002 по 2012 г. эволюция эмбриоземов органо-аккумулятивных под лесонасаждениями происходила, и на данный момент приобрела выраженную направленность. Так как тип эмбриоземов определяется по типодиагностическому горизонту, а подтип – по происходящим в эмбриоземах почвообразовательным процессам [Курачев, Андроханов, 2002], почвы техногенных ландшафтов степных ареалов, развивающиеся под лесными посадками по типу подзолообразования с морфологически определяемым горизонтом A_0 , предлагается назвать эмбриоземами органо-аккумулятивными криптоподзолистыми и включить в классификацию почв техногенных ландшафтов.

На выположенных, открытых участках техногенного ландшафта смена сукцессий

фитоценоза, а значит и развитие почв, происходит от инициальной стадии до органо-аккумулятивной и далее до дерновой и самой генетически развитой, гумусово-аккумулятивной. Динамика группового состава железа показала снижение интенсивности почвообразования в эмбриоземах гумусово-аккумулятивных. Следовательно, участки с формирующимися эмбриоземами гумусово-аккумулятивными находятся в метастабильном состоянии. Дальнейшее развитие или переход может произойти в том случае, если сменятся фактор или условия почвообразования. Можно предположить, что эволюция данного направления будет идти в сторону образования степных или сухостепных почв.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Экологическая обстановка на техногенно нарушенных и сопряженных с ними территориях улучшается при развитии почвенного покрова и увеличении скорости почвообразования.

Соотношение и распределение форм и фракций железа отражают специфические признаки эмбриоземов, начиная с почвообразовательных процессов второго порядка или мезопроцессов. В эмбриоземах диагностируются процессы подзолообразования, гумусонакопления и оглинивания.

Динамика группового состава железа показала, что в промежутке времени развития ландшафта с 35 года до 45 лет, интенсивность почвообразования увеличивается на участках с эмбриоземами инициальными и органо-аккумулятивными; на участках с эмбриоземами дерновыми и гумусово-аккумулятивными интенсивность почвообразования снижается.

Определяется два направления почвообразования в техногенных ландшафтах лесостепных территорий: эмбриоземы, тип инициальные ↔ тип органо-аккумулятивные → подтип псевдоподзолистые; эмбриоземы, тип инициальные → тип органо-аккумулятивные → тип дерновые → тип гумусово-аккумулятивные.

В почвенном покрове нарушенных экосистем лесостепных участков Кузбасса предполагается формирование атипичных дерново-

подзолистых почв на каменистых отложениях под древесной растительностью и сухостепных почв под степной травянистой растительностью.

ЛИТЕРАТУРА

- Андроханов В. А., Курачев В. М. Почвенно-экологическое состояние техногенных ландшафтов: динамика и оценка. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2010. 224 с.
- Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во Моск. гос. ун-та, 1970. 487 с.
- Гаджиев И. М., Курачев В. М., Шоба В. Н. и др. Генезис, эволюция и география почв Западной Сибири. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1988. 224 с.
- Герасимов И. П. Использование понятий об элементарных почвенных процессах для генетической диагностики почв. // Генезис, классификация и география почв. М.: Наука, 1974. С. 482–489.
- Двуреченский В. Г. Географо-генетическая характеристика форм железа в эмбриоземах Кузбасса: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Новосибирск, 2011. 19 с.
- Зонн С. В. Железо в почвах. М.: Наука, 1982. 208 с.
- Зонн С. В., Рукака А. Н. Методы определения несиликатных форм железа в почвах. // Почвоведение. 1978. № 2. С. 89–101.
- Курачев В. М., Андроханов В. А. Классификация почв техногенных ландшафтов. // Сиб. экол. журн. 2002. № 3. С. 255–261 [Kurachev V. M., Androkhanov V. A. Classification of Soils of Technogenous Landscapes // Contemporary Problems of Ecol. 2002. N 3. P. 255–261].
- Роде А. А. Почвообразовательные процессы и их изучение стационарным методом. // Принципы организации и методы стационарного изучения почв. М.: Наука, 1976. С. 5–33.
- Таргульян В. О. Процессы почвообразования и эволюция почв. М.: Наука, 1995.

Dynamics of Iron Content in the Soils of Technogenic Landscapes of Forest-Steppe Areas in the Kuznetsk Depression

V. G. DVURECHENSKIY

*Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS
630090, Novosibirsk, Lavrentiev ave., 8/2
E-mail: dvu-vadim@yandex.ru*

The study of iron content in young soils formed on pit heaps of technogenic landscapes allowed diagnosing the soil formation processes occurring there. Monitoring of the content and distribution of various forms of iron in embriozems showed the speed and direction of the soil-forming processes in disturbed ecosystems. It was detected that the ratio of different forms of iron and their distribution in the soil profile can be used as an indicator.

Key words: group and fractional composition of iron, embriozems, technogenic landscape, steppe areas.