

## Специфика и генезис почвенного покрова техногенных ландшафтов

В. А. АНДРОХАНОВ

*Институт почвоведения и агрохимии СО РАН  
630099 Новосибирск, ул. Советская, 18*

### АННОТАЦИЯ

Описан почвенный покров техногенных ландшафтов Кузбасса. Установлено, что основу почвенного покрова техногенных ландшафтов составляют четыре типа эмбриоземов. Специфика формирования эмбриоземов определяется особенностями развития биологических процессов. Показано, что скорость развития биогеоценозов контролируется условиями среды, которые создаются в фазу техногенеза. При этом наиболее экологически существенным элементом техногенеза следует считать породообразование, т.е. техногенный литогенез.

Добыча полезных ископаемых, в частности разработка угольных месторождений, влечет за собой разрушение почвенного и растительного покрова, нарушение естественного рельефа, изменение микроклимата и вынос на дневную поверхность значительных объемов вскрышных пород. В результате формируются новые по своему генезису техногенные ландшафты со своеобразным рельефом, обусловленным технологией разработки месторождения, микроклиматом и составом почвообразующих пород. В настоящее время в результате длительной интенсивной разработки природных ресурсов Кузбасса количество накопленных промышленных отходов исчисляется сотнями миллионов тонн, которые занимают территорию около 100 тыс. га [1].

Любой техногенный ландшафт проходит в своем развитии две фазы – техногенного формирования и посттехногенного развития. В техногенную фазу закладывается своеобразная каркасная основа ландшафта для посттехногенного развития: рельеф и его основные характеристики, породы с их вещественным составом и свойствами. В посттехноген-

ную фазу развития ландшафта сформированная каркасная основа преобразуется посредством естественных ландшафтообразующих факторов. Техногенный ландшафт постепенно трансформируется в естественный, природный. Длительность периода, необходимого для такой трансформации, для каждого техногенного ландшафта своя. Она определяется, с одной стороны, спецификой свойств и режимов каркасной основы, заложенной на техногенной фазе, и, с другой – особенностями биоклиматической обстановки данной местности. В крайних, но весьма распространенных случаях на это потребуются многие тысячелетия. И наоборот, в наилучших, но малораспространенных случаях для этого потребуются несколько десятилетий.

Несмотря на антропогенность таких базовых факторов почвообразования в техногенных ландшафтах, как рельеф и почвообразующие породы, благодаря постепенному их гипергенному преобразованию и одновременному освоению сформировавшихся местообитаний биоценозами процессы преобразования этого ландшафта приобретают естественный

характер. Следствием этих процессов является формирование в техногенных ландшафтах почвенного покрова и живых сообществ, т.е. экосистем [2].

Традиционно почвообразование в техногенных ландшафтах и его специфика рассматривались на примере анализа свойств почвоподобных образований, сформировавшихся на выбранных опытных площадках. Обычно такие площадки закладывались на горизонтальных поверхностях старых отвалов вскрышных и вмещающих пород каменноугольных, железорудных или других разрезов с более или менее благоприятными условиями почвообразования. Охватить весь ландшафт не представлялось возможным из-за отсутствия генетической классификации почв техногенных ландшафтов. В настоящее время такая классификация имеется [3, 4].

Применение профильно-генетической классификации почв для целей картографирования состава почвенного покрова техногенных ландшафтов Кузбасса показало, что его основу составляют главным образом представители следующих четырех типов эмбриоземов: инициальные, органоаккумулятивные, дерновые и гумусово-аккумулятивные. Все эти почвы автоморфного направления почвообразования. Типы эмбриоземов полу- и гидроморфного направлений почвообразования занимают незначительную площадь. Если учесть, что в рельефе техногенных ландшафтов абсолютно преобладают склоновые поверхности, то господство автоморфного почвообразования, даже в трансаккумулятивных позициях рельефа, можно считать географической спецификой. Эта специфика обусловлена, во-первых, тем, что в техногенных ландшафтах Кузбасса, в силу их относительной молодости, нет постоянного горизонта почвенно-грунтовых вод, во-вторых – сильная каменистость почвообразующих пород, отсутствие водоупоров при сильном внутриландшафтном дренаже обеспечивают их высокую фильтрационную способность [5, 6].

Другой географической спецификой почвенного покрова техногенных ландшафтов Кузбасса следует считать практически одинаковый состав почвенного покрова различных биоклиматических зон. Некоторые различия намечаются лишь по степени распространенности того или иного типа эмбриозе-

мов. В частности, в почвенном покрове техногенных ландшафтов горно-таежной зоны по сравнению с лесостепной фиксируется несколько большая доля эмбриоземов органоаккумулятивных и дерновых и, соответственно, несколько меньшая – инициальных и гумусово-аккумулятивных. Эта специфика обусловлена тем, что эмбриоземы, будучи молодыми биогенными почвенными образованиями, являются сингенетическим отражением той или иной стадии сукцессии фитоценозов. Стадии же сукцессий фитоценозов во всех зонах одинаковы – от пионерных до сложных замкнутых сообществ [7–10].

Генетическое сходство эмбриоземов одного типа, но сформированных в разных зонах предполагает и их морфологическое сходство. Тем не менее это не исключает появления некоторых различий, которые особенно заметны в составе и характере органического вещества в органогенных горизонтах. Например, органическое вещество гумусово-аккумулятивных эмбриоземов таежных ландшафтов отличается от такового лесостепных более грубым (лесным) гумусом. В южной тайге это ведет к формированию даже специфического типа эмбриоземов грубогумусово-аккумулятивных [11]. В подзоне северной тайги грубогумусово-аккумулятивные эмбриоземы постепенно замещаются торфоаккумулятивными. Кроме того, из состава почвенного покрова средней и тем более северной тайги начинают выпадать эмбриоземы дерновые, очень широко распространенные в южных природных зонах. То есть зональная дифференциация состава почвенного покрова техногенных ландшафтов выражена весьма отчетливо, хотя не повторяет таковую естественных ландшафтов. Однако, несмотря на имеющиеся генетические отличия в строении профилей эмбриоземов различных биоклиматических зон и в составе почвенного покрова, перечисленные четыре типа эмбриоземов являются наиболее распространенными, отражающими, по-видимому, наиболее важные этапы в самовосстановлении почвенно-экологических функций в техногенном ландшафте.

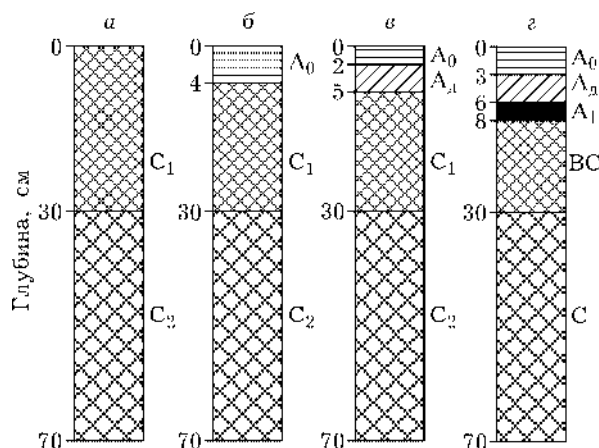
В морфологическом отношении четыре типа эмбриоземов имеют черты как сходства, так и отличия. Сходны они в том, что имеют очень малую мощность почвенного профиля,

не превышающую (до горизонта почвообразующей породы) 30–40 см, слабую степень морфологической дифференциации минеральной части почвенного профиля на генетические горизонты [12]. Характерной особенностью всех типов эмбриоземов можно считать формирование своеобразной зоны окисления в верхней части породы техногенного ландшафта. Морфологически эта зона отличается от нижележащей по цвету (более бурому) мелкозема и более высокой степени физической дезинтеграции крупнозема. Поскольку генетическая принадлежность зоны окисления к горизонтам В или ВС эмбриоземов не всегда очевидна, в некоторых эмбриоземах мы ее выделяем как специфический горизонт  $C_1$ . Различаются перечисленные типы эмбриоземов главным образом по морфологии и генезису биогенных горизонтов, в частности органогенных. В инициальных эмбриоземах какие-либо органогенные горизонты отсутствуют; в органоаккумулятивных обязательно сформирован горизонт подстилки древесного или травянистого происхождения; в дерновых подстилка может отсутствовать, но обязательно наличие дернины; в гумусово-аккумулятивных всегда есть гумусово-аккумулятивный горизонт.

Приведем типичные морфологические описания профилей главных типов эмбриоземов и интервалы мощности их генетических горизонтов.

**Эмбриозем инициальный.** Разрез 94-3. Внешний отвал Моховского углеразреза. Возраст отвала более 30 лет. Степная зона Кузбасса. Склон южной экспозиции, крутизной около  $10^\circ$ . Растительность практически отсутствует (см. рисунок, а).

$C_1$  (0–30 см). Сильно каменистая порода. Мелкозем (фракции размером менее 1 мм) распределен неравномерно. Доля крупнозема (фракции крупнее 1 мм) составляет не менее 90 %. В петрографическом составе крупнозема преобладают обломки алевролитов темного цвета. Встречаются также обломки песчаников и аргиллитов. По сравнению с нижележащим горизонтом обломки плотных пород имеют меньшие размеры, несут ясно выраженные признаки физического выветривания. Мелкозем темно-бурого цвета, опесчаненный тяжелый суглинок. Практически не



Схемы строения профилей эмбриоземов: а – инициального; б – органоаккумулятивного; в – дернового; г – гумусово-аккумулятивного.

агрегирован. Переход к нижележащему горизонту заметен по цвету мелкозема.

$C_2$  (глубже 30 см). Сильно каменистая порода с содержанием крупнозема около 95 %. Петрографический состав обломочного материала такой же, что и в вышележащем горизонте. Обломки пород не имеют признаков физического выветривания. Мелкозем, занимающий пространство между крупными обломками светло-бурого цвета, тяжелосуглинистый.

**Эмбриозем органоаккумулятивный.** Разрез 92-4. Внешний отвал Листвянского углеразреза. Возраст отвала более 30 лет, спланированной площадки – около 20 лет. Поверхность горизонтальная. Посадка сосны (см. рисунок, б).

$A_0$  (0–4 см). Бурая подстилка, состоящая из многолетнего опада сосновой хвои и мелких веточек. В нижней части слежавшаяся, темно-бурого цвета. На границе с минеральной частью профиля встречаются полуразложившиеся остатки. Переход ясный по смене вещественного состава.

$C_1$  (4–30 см). Темно-бурая смесь обломочного материала и мелкозема. Обломочный материал разной крупности представлен в основном слабыветрившимися углистыми алевролитами, мелкозем – опесчаненный тяжелый суглинок. Количество крупнозема – не менее 80 %. В мелкоземе отмечается присутствие углистых частиц. Переход заметный по цвету.

$C_2$  (глубже 30 см). Бурая невыветрившаяся смесь различного размера обломков пре-

имущественно углистых алевролитов. Доля крупнозема достигает 90 %.

**Эмбриозем дерновый.** Разрез 97-4. Кедровский углеразрез. Внешний отвал. Возраст отвала около 20 лет. Слабонаклонная на ЮЗ поверхность. Бобово-злаковый луг (см рисунок, в).

A<sub>0</sub> (0–2 см). Фрагментарный слой многолетней подстилки, состоящей из не- и полуразложившихся остатков травянистых растений. Переход заметный по характеру органического вещества.

A<sub>д</sub> (2–5 см). Темно-бурая дернина, сформированная живыми и отмершими корешками травянистых растений. Уплотнена. В отмерших остатках корневой системы сохраняется морфологическая выраженность клеточного строения. Степень разложения таких остатков невелика. Корни густо переплетают мелкие и средние обломки плотных пород – алевролитов и аргиллитов и захватывают весь мелкозем. Мелкозем, включающий отмершие корешки травянистых растений, практически не окрашен гумусом. Темный его цвет обусловлен главным образом детритом и углистыми частицами. Переход к нижележащему горизонту резкий по количеству корней.

C<sub>1</sub> (5–30 см). Темно-бурая смесь обломочного материала (крупнозема) и мелкозема. Крупнозем представлен слабоветрившимися обломками алевролитов и в меньшей степени – аргиллитов и песчаников. Мелкозем среднесуглинистого гранулометрического состава. Доля крупнозема – около 75 %. Переход к следующему горизонту заметный по цвету.

C<sub>2</sub> (глубже 30 см). Бурая смесь крупно- и мелкозема. Крупнозем практически невыветрившийся. Камни по сравнению с вышележащим горизонтом крупнее.

**Эмбриозем гумусово-аккумулятивный.** Разрез 95-3. Внешний отвал Байдаевского углеразреза. Возраст отвала более 30 лет. Слабонаклоненная на запад площадка. Разнотравно-злаковый луг (см. рисунок, з).

A<sub>0</sub> (0–3 см). Серая войлочная подстилка. Местами фрагментарная. Степень разложения средняя. Переход заметен по характеру органического вещества.

A<sub>д</sub> (3–6 см). Темно-серая, плотная дернина, густо переплетенная живыми и отмер-

шими корнями травянистых растений. Все мелкие обломки плотных пород охвачены корневой массой. Мелкозем среднесуглинистого гранулометрического состава окрашен органическим веществом в темно-серый цвет. Переход постепенный по количеству полностью разложившихся корней.

A<sub>1</sub> (6–8 см). Темно-серого цвета. Мелкозем – опесчаненный тяжелый суглинок комковато-пылеватой структуры. Хорошо гумусирован. Много живых корней травянистых растений. Мелкие обломки алевролитов и других плотных пород имеют мягкие контуры, хорошо выветрелые. Переход к нижележащему горизонту заметен по цвету.

BC(8–30 см). Темно-бурая смесь выветрелого крупно- и мелкозема. Доля крупнозема – около 60 %. Мелкозем – опесчаненный тяжелый суглинок комковато-пылеватой структуры. Крупнозем представлен обломками алевролитов и аргиллитов различной величины. Встречаются единичные корни. Переход постепенный по цвету.

C (глубже 30 см). Бурая смесь слабоветрелого обломочного материала и мелкозема тяжелосуглинистого гранулометрического состава. Доля крупнозема – около 70 %. В крупноземе преобладают алевролиты, в небольшом количестве встречаются обломки аргиллитов и песчаников. В верхней части породы заметны единичные корни травянистых растений.

Таким образом, в морфологическом отношении профили эмбриоземов определенно различаются по набору и выраженности органогенных горизонтов, что отражает, во-первых, ведущую роль биологических процессов в формировании профиля почв, во-вторых – генетическую подчиненность всех других профилеобразующих процессов биологическим. Вместе с тем нельзя не заметить, что и биологические процессы в эмбриоземах по сравнению с таковыми нормальных почв специфичны. Если в нормальных климаксных почвах процессы синтеза, аккумуляции, минерализации и гумификации органического вещества сбалансированы, то в молодых почвоподобных образованиях, каковыми являются эмбриоземы, процессы синтеза и аккумуляции органического вещества явно преобладают над минерализацией и гумификацией. По этой причине подстилка в

эбриоземах сохраняется значительно больше, чем в обычных почвах, а мелкозем в дерновом горизонте слабо прокрашен гумусом. По этой же причине в эбриоземах слабее выражены и структурообразовательные процессы.

Значительное содержание в почвообразующих породах крупнозема и неравномерное распределение в толще пород мелкозема скрывают морфологическую картину дифференциации профиля эбриоземов на генетические горизонты, хотя нетрудно заметить, что крупнозем, расположенный в почвенном профиле (в толще породы до горизонта С в гумусово-аккумулятивных эбриоземах или до горизонта С<sub>2</sub> в других типах эбриоземов), значительно более выветрелый по сравнению с таковым в почвообразующей породе. Отметим, что морфологически диагностируется только физическое выветривание обломков плотных пород. Оно проявляется в интенсивном растрескивании, шелушении и, наконец, распаде обломков. Особенно активны эти явления на поверхности почвы. Активность процессов физического выветривания обломочного материала приводит к накоплению в почвенном профиле определенных фракций мелкозема. Эти фракции следует считать специфическим образованием. Во-первых, они имеют либо крупнопылеватую либо песчаную размерность, во-вторых, генетически они представляют собою соответствующих размеров обломки тех же алевролитов или аргиллитов. В результате мелкозем становится опесчаненным, но каждая частица песчаной размерности состоит из пылеватых или глинистых частиц. Представляется, что распад этих частиц до элементарных составляющих может произойти только под влиянием химического растворения цемента, т. е. на более поздних стадиях развития почвы и особенно по мере развития процессов образования гумусовых кислот.

Выше утверждалось, что ведущими процессами почвообразования в эбриоземах являются синтез и аккумуляция органического вещества. Однако из этого не следует, что сами названные процессы не являются зависимыми от абиогенных факторов – в частности от рельефа и пород. Например, на однотипных по рельефу поверхностях эбриозе-

мы инициальные формируются в большей степени там, где в составе почвообразующих пород больше крупнозема, а гумусово-аккумулятивные – где больше мелкозема и, соответственно, глинистых фракций. На одинаковых по составу породах эбриоземы инициальные тяготеют к склоновым и преимущественно к крутосклоновым поверхностям, а эбриоземы гумусово-аккумулятивные – к горизонтальным или слабонаклонным. Сложная рельефо- и литогенная обусловленность биологических процессов в эбриоземах приводит к тому, что эти типы почв трудно разделить по какому-либо параметру факторов почвообразования, и по этой причине морфологическая или аналитическая диагностика эбриоземов может быть надежно осуществлена только на основании индивидуальных, свойственных только данному профилю, характеристик.

Несмотря на интенсивные водно-миграционные процессы, протекающие в эбриоземах, небольшая продолжительность периода саморазвития последних при относительно слабой активности почвенно-биологических процессов не способствуют дифференциации их профиля на генетические горизонты по химическим и физико-химическим свойствам. Исключение составляют лишь горизонты, генезис которых непосредственно связан с процессами аккумуляции органического вещества (подстилка, дернина, гумусово-аккумулятивный). По остальным показателям профили эбриоземов всех типов на генетические горизонты практически не дифференцированы. Можно лишь отметить, что в самых верхних слоях пород реакция среды несколько кислее по сравнению с нижележащими. Сказывается, по-видимому, действие углекислоты, продуцируемой процессами трансформации отмершего органического вещества и в ходе жизнедеятельности корневых систем растений. В связи с этим отметим, что слабая дифференциация профиля эбриоземов на генетические горизонты особенно характерна при почвообразовании на незасоленных породах и породах, не содержащих в своем составе пиритов. При почвообразовании на субстрате, содержащем легкорастворимые соли или пириты, дифференцированность профиля эбриоземов на генетические горизонты по химическим и фи-

зико-химическим свойствам резко возрастает [13–15].

Таким образом, специфика формирования эмбриоземов определяется особенностями биогенных процессов. В свою очередь, перспективы развития последних контролируются условиями среды, формируемыми в фазу техногенеза. При этом наиболее экологически существенным элементом техногенеза следует считать породообразование, т. е. техногенный литогенез.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. С. М. Малахов, Чрезвычайная экологическая ситуация в Кузбассе – возможные пути решения: мат. Междунар. науч.-практ. конф. «Экологические проблемы угледобывающей отрасли в регионе при переходе к устойчивому развитию», Кемерово, 1999.
2. Экология и рекультивация техногенных ландшафтов, Новосибирск, Наука, Сиб. отд-ние, 1992.
3. И. М. Гаджиев, В. М. Курачев, Экология и рекультивация техногенных ландшафтов, Новосибирск, Наука, Сиб. отд-ние, 1992, 6–15.
4. В. М. Курачев, В. А. Андроханов, *Сиб. экол. журн.*, 2002, 3, 255–261.
5. Ф. К. Рагим-заде, Техногенные элювии вскрышных пород угольных месторождений Сибири, оценка их потенциального плодородия и восстановления почвенного покрова: Автореф. дис. ... канд. биол. наук, Новосибирск, 1977.
6. Л. П. Баранник, Биоэкологические принципы лесной рекультивации, Новосибирск, Наука, Сиб. отд-ние, 1988.
7. Л. В. Моторина, Т. И. Ижевская, Научные основы охраны природы, М., 1973, вып. 2, 119–129.
8. В. И. Щербатенко, Е. Р. Кандрашин, Восстановление техногенных ландшафтов Сибири (теория и технология), Новосибирск, Наука, Сиб. отд-ние, 1977, 65–80.
9. Н. П. Мироньчева-Токарева, Динамика растительности при зарастании отвалов (на примере КАТЭКа), Новосибирск, Наука, Сибирское предприятие РАН, 1998.
10. В. А. Андроханов, *Вестник Том. гос. ун-та*, 2003, Приложение № 7, 16–23.
11. Гумусообразование в техногенных экосистемах, Новосибирск, Наука, Сиб. отд-ние, 1986.
12. В. А. Андроханов, Е. Д. Куляпина, В. М. Курачев, Почвы техногенных ландшафтов: генезис и эволюция, Новосибирск, Изд-во СО РАН, 2004.
13. Г. И. Махонина, Почвообразование в техногенных ландшафтах, Новосибирск, Наука, Сиб. отд-ние, 1979, 123–140.
14. Л. В. Етеревская, Почвообразование и рекультивация земель в техногенных ландшафтах Украины: Автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук, Харьков, 1989.
15. О. В. Полохин, Почвенно-геохимические процессы в ландшафтах юга Западной Сибири, Новосибирск, ЦЭРИС, 2001, 25–38.

## Specificity and Genesis of the Soil Cover of Man-Made Landscapes

V. A. ANDROKHANOV

The soil cover of man-made landscapes of the Kuznetsk basin is described. It is established that the basis of the soil cover of man-made landscapes is composed of four types of embryonic soils. The specificity of formation of the embryonic soils is determined by the peculiarities of development of biological processes. It is demonstrated that the rate of development of biogeocenoses is controlled by the environmental conditions which are formed during the technogenesis stage. Therein, considered as the ecologically most important element of technogenesis must be the rock formation, i.e. the technogenous lithogenesis.