

Почвообразование техноземов степного Приднєпровья

А.С. Кобец, И.Х. Узбек, П.В. Волох, А.А. Мыщык, профессора

Показано, що еволюція техноземів, які утворюються на відвалах, визначається специфічністю абіотичних і біотичних факторів, що проілюстровані блок-схемою. Відбита роль мікроорганізмів і коренів у формуванні нового ґрунтоутворювального процесу, який починається з поверхні, поступово поширюючись на нижні шари едафотопів.

Первым, кто установил закономерную связь между земными и космическими факторами, был основатель почвоведения В.В. Докучаев [4]. Именно он определил почву как результат непрерывного действия биотических и абиотических факторов во времени и пространстве. В дальнейшем П.А. Костычев [5] и В.Р. Вильямс [3] обнаружили тесную связь почвообразования с жизнедеятельностью корневых систем растений и микроорганизмов, указали на главенствующую роль биологических процессов в формировании важнейших признаков и свойств почвы.

Эти положения многократно подтверждаются результатами исследований, проведенных в последние десятилетия отечественными и зарубежными учеными [1, 2, 6, 9]. Согласно их данным, ведущими факторами, способствующими образованию, например черноземных почв, являются положительный баланс биогенных элементов и космической энергии, оптимальный водно-воздушный режим, активная внутрипочвенная биология и биохимия.

В результате тесного взаимодействия живой и неживой материи в толще материнских пород аккумулируются элементы почвенного плодородия, что очень наглядно проявляется на рекультивируемых землях. Именно здесь можно проследить, с какой интенсивностью окультуривается эдафотоп и как быстро формируются в нем признаки и свойства, характерные для зональных почв.

Рассмотрим это на примере эдафотопов Запорожской биоэкологической станции мониторинга техногенных ландшафтов, созданной в Никопольском районе Днепропетровской области. Здесь добыча марганцевой руды сопровождается выносом на дневную поверхность в основном красно-бурых и лессовидных суглинков, красно-бурых и серо-зеленых глин или их различных смесей. Это приводит к образованию на отвалах очень сложной гетерогенной среды, присущей только конкретному эдафотопу. Поэтому отработанные карьерные участки необходимо рассматривать как полидисперсную (мелкораздробленную) систему, элементарные почвенные частицы которой находятся в разнообразных, далеко неодинаковых соотношениях друг с другом. Следовательно, эдафотопы – это техногенно сформированные, пространственно ограниченные биокосные системы, которые находятся в постоянном развитии

под воздействием экологических факторов данной местности.

Результаты исследований и их обсуждение. Как показали наши многолетние исследования, эволюция образующихся на отвалах молодых почв определяется двумя группами общеизвестных факторов, основные из которых можно проиллюстрировать очень простой блок-схемой (рисунок).

В абиотическом блоке в качестве косной материи прежде всего выступает климат, который обуславливает морфологические признаки эдафотопов, их физико-химические свойства, а также характер проводимого на них земледелия. Продуктивность культурфитоценозов, произрастающих на этих эдафотопах, в значительной степени зависит от природных условий. Наиболее важными являются солнечная радиация и гидротермический режим.

О пользе солнечной радиации еще К.А. Тимирязев [8] писал: “Предел плодородия данной площади земли определяется не количеством удобрений, которые мы могли бы ей доставить, не количеством влаги, которой мы ее оросим, а количеством световой энергии, которую посылает на данную поверхность солнце”.



Блок-схема взаимовлияния и взаимодействия экологических факторов на образование молодых почв техногенных экосистем.

На рекультивируемых землях атмосферные осадки, как и солнечная радиация, является очень важным экологическим фактором, который в системе эдафотоп–растение–атмосфера во многом обуславливает продуктивность культурфитоценоза. Например, максимальная гигроскопичность серо-зеленой

глины является самой высокой (20,7 %), что объясняется большим содержанием физической глины.

Вместе с тем, высокая влагоемкость этого эдафотопа обеспечивает формирование в нем значительных запасов продуктивной влаги – 1650 т/га, которые оцениваются как очень хорошие для произрастания травянистой растительности. Однако самый высокий показатель этой гидролитической константы принадлежит насыпному плодородному слою чернозема, где продуктивная влага превысила 2000 т/га.

Атмосферные осадки, с которыми привносятся на поверхность эдафотопов органические и минеральные соединения, можно рассматривать как естественный источник питания не только растений, но в первую очередь микроорганизмов. Не случайно через 10–15 лет после выноса на дневную поверхность вскрышных рыхлых горных пород количество микроорганизмов в слое 0–40 см достигает значительных величин даже в эдафотопках, лишенных растительного покрова [6, 7]. Однако на численность микроорганизмов очень большое влияние оказывает сухость пород. При этом наибольшему нагреванию подвергается верхняя 10-сантиметровая толща отвальной массы. С увеличением глубины температура в ней резко падает.

Проведенные нами наблюдения свидетельствуют о том, что средняя температура насыпного плодородного слоя чернозема без растений на глубине 15 см в мае была в среднем на 4,9 °С, а в июле на 1,8 °С выше, чем на такой же глубине лессовидных суглинков, тоже лишенных растительного покрова. Под травостоем люцерны средняя месячная дневная температура оказалась на 3,2–4,8 °С ниже в сравнении с температурой пород беспокровных участков. Заметим, что под травостоем нарастание температур днем и их понижение ночью происходили очень медленно.

Кривая изменений температуры на глубине 15 см под покровом люцерны показывает, что разница между максимумом и минимумом температур составила 4,7 °С, а на беспокровных участках она достигала 7,8 °С. Многолетние бобовые травы, которые образуют густой устойчивый травянистый покров и сохраняют его до самой осени, предохраняют породы от перегрева днем и переохладения их ночью. Тем самым в верхнем 40-сантиметровом слое создаются более благоприятные условия для жизнедеятельности корневых систем растений и микроорганизмов.

Определенные сочетания температурных условий и увлажнения обуславливают не только тип растительности, но и темпы накопления и разрушения органического вещества. Такие особенности погодных условий оказывают огромное влияние на интенсивность почвообразования в толще техногенных ландшафтов.

При выборе вида и способа рекультивации грунтов их гранулометрический состав имеет очень большое значение. И не только потому, что с ним тесно связаны физические и химические свойства. Он является также важнейшим фактором и для культуртехнической характеристики образующихся на отвалах почв. Например при определении глубины основной и предпосевной обработки

почвы, сроков и способов сева сельскохозяйственных культур, глубины заделки семян или удобрений, подбора почвообрабатывающего инвентаря и т.д.

Как показали анализы [6], гранулометрический состав насыпного плодородного слоя чернозема и лессовидного суглинка в верхнем 40-сантиметровом слое характеризовался как тяжело- и среднесуглинистый (частичек $< 0,01$ мм до 58 % с преобладанием иловато-крупнопылеватой фракции). Такое соотношение элементарных почвенных частиц в толще эдафотопов суглинистого гранулометрического состава обуславливает их хорошую влагоемкость и водопроницаемость, а восстанавливаемая структура приобретает признаки водопрочности. И не случайно эти эдафотопы достигают состояния физической спелости раньше, чем серо-зеленая и красно-бурая глины, в которых преобладает илистая фракция.

Благодаря этому красно-бурая и серо-зеленая глины приобретают высокую вязкость и липкость, что создает большие затруднения при их обработке, особенно весной. Эти породы плохо проветриваются и являются холодными. В сухом состоянии они плотные и твердые, значительно уменьшаются в объеме, что способствует образованию больших трещин на поверхности поля. Такое положение объясняется наличием большого количества частичек $< 0,01$ мм – 75 % и более. Поэтому красно-бурые и серо-зеленые глины классифицируются как легкоглинистые крупно- и мелкопылевато-иловатые. Тем не менее, в условиях Никопольского района Днепропетровской области они обеспечивают продуктивность, равную продуктивности культурфитоценозов на соседних старопахотных участках суглинистого гранулометрического состава. Это происходит потому, что частички илистой фракции являются очень активными и подвижными глинистыми гранулами. Они составляют самую ценную часть вскрышных грунтов, поскольку в них содержатся монтмориллонит, гидрослюда, хлорит, каолинит, гидроокись железа и другие минералы, обеспечивающие растения элементами питания.

Однако величина продуктивности зависит и от биологических особенностей произрастающих растений, в частности, от силы поглотительной способности их корневых систем, функционирующих в средах различного гранулометрического состава и пищевого режима. Установлено, что именно в соответствии с этим растение и строит свою подземную часть.

Значимость рельефа в формировании молодых почв и велика, и разнообразна. Она обусловлена большим количеством просадок различной глубины и формы, разбросанных по всей площади рекультивированного участка. Поэтому рельеф здесь очень часто выступает как фактор перераспределения солнечной радиации и осадков в соответствии с экспозицией и крутизной склонов. Даже после планировки, с течением времени, просадки, как правило, появляются, что и отражается на водном и тепловом режиме эдафотопа. Все это приводит к различной интенсивности прохождения почвообразовательного процесса на одной и той же местности.

Важным фактором в абиотическом блоке являются и мелиорации. Их внедрение на разных этапах рекультивации земель обусловлено острой необходимостью. Так, культуртехнические мелиорации выравнивают

поверхность техногенных ландшафтов и доводят их до состояния, позволяющего использовать различную, в том числе и сельскохозяйственную технику. Химические мелиорации (гипсование или известкование) изменяют реакцию почвенного раствора. Часто вынесенные на дневную поверхность горные породы содержат много вредных солей и нуждаются в улучшении.

Агротехнические мелиорации способствуют коренному улучшению почвенных условий. Например, кротование и щелевание увеличивают влагоемкость и водопропускную способность тяжелых по гранулометрическому составу красно-бурых и серо-зеленых глин, улучшают их аэрацию.

Отметим и то, что вскрышные горные породы и их смеси являются мало-плодородными только по отношению к растениям, не приспособленным к фиксации атмосферного азота. Например, небобовые культурфитоценозы обеспечивают получение мизерных урожаев, на уровне массы высеянных семян. Максимальный урожай может быть достигнут только при внесении расчетных норм минеральных и органических удобрений. Только удобрения могут улучшить экологические условия для произрастания растений в культурфитоценозах. Этот агроприем действует практически на все компоненты экосистемы.

1. Содержание некоторых элементов питания в корнях люцерны и эспарцета, кг/га

Вариант	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO
Лессовидный суглинок: неудобренный	<u>68,4*</u>	<u>14,9</u>	<u>29,1</u>	<u>107,1</u>
	114,6	19,0	33,6	84,8
удобренный N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	<u>64,1</u>	<u>12,7</u>	<u>29,9</u>	<u>94,6</u>
	102,3	16,4	38,5	70,0
Красно-бурая глина: неудобренная	<u>157,3</u>	<u>26,3</u>	<u>49,9</u>	<u>214,8</u>
	271,9	38,2	71,5	191,2
удобренная N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	<u>144,2</u>	<u>19,9</u>	<u>50,7</u>	<u>252,5</u>
	245,8	36,8	100,6	230,3
Серо-зеленая глина: неудобренная	<u>121,2</u>	<u>19,4</u>	<u>49,5</u>	<u>150,5</u>
	180,0	29,0	63,4	102,1
удобренная N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	<u>118,4</u>	<u>18,4</u>	<u>51,4</u>	<u>242,7</u>
	174,7	24,9	85,4	213,3

* Числитель – эспарцет, знаменатель – люцерна.

В биотическом блоке одним из самых основных факторов, обуславливающих образование почв, является растительность. Это поставщик постоянно обновляемой фитомассы как в виде опада, так и в виде остатков

корневых систем. Причем из всех видов растений особую роль на участках рекультивации играют бобовые, и особенно многолетние бобовые травы. Именно они способствуют значительному и интенсивному окультуриванию верхней толщи эдафотопов. Например, в 40-сантиметровом слое неудобренной красно-бурой глины эспарцет 3-го года жизни в среднем накапливал 586,7 г воздушно-сухих корней в каждом кубическом метре породы. При этом на 1 г корней приходилось 141,4 см² поверхности и 17,4 м длины. Вся эта огромная масса корней густой сетью пронизывала, пропитывала питательными веществами и сдавливала в структурные комочки твердую фазу эдафотопа (табл. 1).

Роль корней заключается и в стабилизации вскрышных грунтов любого гранулометрического состава, т.е. в закреплении отвалов карьеров, где имеют место почти все виды денудации. Наиболее эффективную фитомелиоративную роль выполняют люцерна, эспарцет и особенно их посев в смеси с житняком. Уже на второй год жизни эти культуры покрывают густым травостоем поверхность отвалов на 85–100 % и практически полностью прекращают дефляционные процессы, даже на участках легкого гранулометрического состава.

Кроме того, многолетние бобовые травы значительно улучшают и многие другие свойства эдафотопа. Например, после создания опытного участка на территории Верхнеднепровского горно-металлургического комбината водопроницаемость насыпного плодородного слоя чернозема составляла 42,1 мм. Через 4 года водопроницаемость этого же эдафотопа под травостоем люцерны уже достигала 303,5 мм. Значительно изменился и агрегатный состав: уменьшилась глыбистость, а количество комочков размером от 10 до 0,25 мм в слое 0–20 см увеличилось с 41,4 до 76,6 %.

В целом можно утверждать, что ландшафтно-средообразующие функции культурфитоценозов на рекультивированных землях сводятся к закреплению отвальной толщи пород, к улучшению их водно-воздушного режима, к ассимиляции, удержанию и аккумуляции питательных веществ, к возобновлению нового почвообразовательного процесса.

Подчеркнем также огромное влияние многолетних бобовых трав и в период вегетации растений, когда большинство микроорганизмов развивается главным образом за счет корневых выделений. К тому же благоприятным моментом для образования почвенной структуры в период жизни трав является наличие уплотненных корнями комков, которые после контакта с ризосферными микроорганизмами становятся водопрочными.

Непрерывное поступление в толщу эдафотопов органического материала и его микробиологическая трансформация являются важнейшими показателями интенсивности почвообразования. Причем корни люцерны или эспарцета, богатые легкодоступными для микроорганизмов белками, разрушаются быстрее, чем корни озимой пшеницы. В полнопрофильном южном черноземе, например, за 12 месяцев у люцерны разложилось 80,4 % корней, а у озимой пшеницы 65,8 %. За это же время в толще серо-зеленой глины – соответственно 66,6 и 61,9 % [5]. Это указывает на необходимость внедрения на

рекультивированных землях специальных фитомелиоративных севооборотов, в составе которых обязательно должны быть многолетние бобовые травы. Они легко и быстро создают высокобиогенный пахотный горизонт, отличающийся очень активной и разнообразной микрофлорой, способствующей накоплению элементов почвенного плодородия.

Результаты наших исследований по определению численности микроорганизмов в пахотном (0–40 см) слое различных эдафотопов позволили установить, что экологическая среда не ограничивает развитие микроорганизмов, а, наоборот, создает условия для их интенсивного размножения в больших количествах (табл. 2).

Однако биологическая активность эдафотопов техногенных ландшафтов очень динамична. Равновесие, которое устанавливается между микроорганизмами и средой их обитания, постоянно нарушается вследствие суточных и сезонных изменений температуры, влажности, значения pH, содержания органического вещества и т.д. Это особенно ощутимо на участках рекультивации, где экосистемы только начинают формироваться и их развитие во многом зависит от качественных показателей эдафотопа. Поэтому эволюция системы эдафотоп–микроорганизмы–растение происходит в направлении увеличения плотности живого вещества и усиления ее воздействия на органическую и минеральную часть эдафотопа.

Если для полнопрофильных почв степного Приднепровья уже выявлена определенная зависимость между составом почвенной микрофлоры и типом почвы, дана примерная качественная и количественная характеристика микрофлоры, показано влияние растительного покрова на микробное население почвы и т.д., то для молодых почв техногенных экосистем эта многообразная и сложнейшая работа только начинается.

2. Количество микроорганизмов в толще удобренных эдафотопов без растительного покрова

Эдафотоп	Глубина отбора образца, см	Количество микроорганизмов, млн/г абсолютно сухой навески
Полнопрофильный чернозем южный	0–20 20–40	56,3 (104,2–12,6) 29,8 (55,8–6,0)
Насыпной плодородный слой чернозема толщиной	0–20 20–40	44,9 (82,7–10,1) 12,7 (21,8–6,4)
Лессовидный суглинок	0–20 20–40	10,3 (18,2–3,8) 3,3 (5,4–1,7)
Красно-бурая глина	0–20 20–40	12,3 (19,8–7,2) 4,0 (6,8–1,7)
Серо-зеленая глина	0–20 20–40	21,7 (38,6–7,3) 5,4 (9,1–2,6)

Кроме растений и микроорганизмов, в образовании почв на отвалах принимают участие черви, насекомые и животные. В корнеобитаемом слое

накапливается много экскрементов и остатков различных организмов [1], которые постоянно перемешиваются населением эдафотопов.

С течением времени в эдафотопе постепенно накапливаются ферменты – продукты жизнедеятельности различных организмов. Ферменты принимают самое активное участие в прохождении всех биохимических реакций, протекающих в толще молодых почв техноэкосистем. Поэтому уровень ферментативной активности является надежным биодиагностическим показателем, объективно отражающим степень окультуренности эдафотопов.

Многолетние исследования позволили расположить изучаемые нами эдафотопы по активности ферментов в следующий ряд: полнопрофильный чернозем южный без растений > насыпной плодородный слой почвенной массы с растениями люцерны > насыпной плодородный слой почвенной массы без растений > серо-зеленая глина с растениями люцерны > красно-бурая глина с растениями люцерны > лессовидный суглинок с растениями люцерны > серо-зеленая глина без растений > красно-бурая глина без растений > лессовидный суглинок без растений.

Все технические и химические мероприятия, проводимые на участках рекультивации и направленные на повышение продуктивности фитоценозов, положительно сказываются и на ферментативной активности эдафотопов. Такие приемы, как внедрение специальных фитомелиоративных севооборотов, внесение органических и минеральных удобрений, применение нужных видов мелиораций и приемов обработки, неизбежно активизируют ферментативные процессы.

В условиях техногенных экосистем активность ферментов является показателем интенсивности и направленности почвообразовательных процессов, протекающих под воздействием внешних и внутренних экологических факторов. Здесь корневые системы растений и микроорганизмы осуществляют основной вклад в формирование ферментного потенциала образующихся почв.

Выводы

1. Взаимовлияние и взаимозависимость биотических и абиотических факторов обуславливают ход нового почвообразовательного процесса, возникающего на рекультивированных землях, и определяют их продуктивность.

2. Самое большое влияние на интенсивность почвообразования оказывают многолетние бобовые травы, органическая масса которых является первопричиной формирования почв.

3. Почвообразовательный процесс начинается с поверхности, постепенно распространяясь на нижние слои эдафотопов. Эволюция молодых почв проявляется в непрерывном и интенсивном накоплении элементов почвенного плодородия.

4. Плодородие образующихся на отвалах почв при глубоком и детальном рассмотрении представляет собой комплекс сложных и разнообразных свойств эдафотопов и явлений в нем совершающихся. В этом грандиозном

процессе ведущая роль принадлежит микроорганизмам и корневой системе высших растений, которые являются источником накопления элементов почвенного плодородия.

Библиография

1. *Бабенко А.Б.* Формирование животного населения на отвалах / *А.Б. Бабенко, А.И. Булавинцев* // Экологические основы рекультивации земель. – М. : Наука, 1985. – С. 83–114.
2. О рекультивации земель в Степи Украины / [*Н.Е. Бекаревич, Н.Д. Горобец, А.А. Колбасин* и др.]; под ред. *Н.Е. Бекаревича*. – Днепропетровск : Промінь, 1971. – 218 с.
3. *Вильямс В.Р.* Программа курса почвоведения / *В.Р. Вильямс* // Собр. соч. – М. : Сельхозгиз, 1951. –Т. IX. – 216 с.
4. *Докучаев В.В.* Русский чернозем / *В.В. Докучаев*. – М.; Л. : ОГИЗ, Сельхозгиз. – 1936. – 529 с.
5. *Костычев П.А.* Почвы черноземной области России, их происхождение, состав и свойства / *П.А. Костычев*. – М.; Л. : ОГИЗ, Сельхозгиз, 1937. – 239 с.
6. Рекультивация нарушенных земель как устойчивое развитие сложных техноэкосистем: монография / [*И.Х. Узбек, А.С. Кобец, П.В. Волох* и др.]; под ред. *И.Х. Узбека*. – Днепропетровск : Пороги, 2010. – 263 с.
7. Рекомендации по рекультивации техногенных ландшафтов / [*Кобец А.С., Узбек И.Х., Волох П.В.* и др.]; под ред. *И.Х. Узбека, П.В. Волоха*. – Днепропетровск : Изд-во “Свидлер А.Л.”, 2011. – 160 с.
8. *Тимирязев К.А.* Земледелие и физиология растений / *К.А. Тимирязев* // Избр. соч. – М. : ОГИЗ, Сельхозгиз, 1948. – Т. 3 – 139 с.
9. *Травлеев А.П.* Научные основы техногенной биогеоценологии / *А.П. Травлеев* // Биогео-ценологические исследования лесов техногенных ландшафтов степной Украины. – Днепропетровск, 1989. – С. 4–9.