

его активность зимой. Все это позволяет признать необходимость исследования эмиссии метана в динамике на протяжении всего года. Наши исследования касались только теплого периода и за этот период на всех исследуемых пунктах отмечается увеличение эмиссии метана в мае и сентябре, по профилю наибольшая эмиссия метана отмечается на осоково-сфагнутой топи, затем следует низкий рям и высокий рям (рис. 5). Незначительный поток метана из высокого рьяма объясняется мощностью залежи. Как уже отмечалось выше, данная залежь достигает глубины 75

см, а основная масса метана образуется в более глубоких горизонтах.

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Активность метаногенеза и зоны его проявления определяются ботаническим составом торфов, слагающих торфяную залежь, и расположением олиготрофных болот в ландшафте.

2. Динамика процесса метаногенеза и эмиссия метана хорошо проявляются на протяжении теплого периода года и зависит от УБВ и гидротермических условий.

Литература

1. Граб М. и др. Киотский протокол. Анализ и интерпретация. М., 2001.
2. Морозов В.И. Киотский протокол и предложения по позиции МПР России // Использование и охрана природных ресурсов в России. 2002. № 4.
3. Болин Б. Какое количество CO₂ остается в атмосфере? // Парниковый эффект, изменения климата и экосистемы. Л., 1989.
4. Augustin J., Merbach W., Schmidt W., Reining E. // *Angew. Bot.* 1996. № 70. P. 45–51.
5. Inoue G., Takahasi Y., Maksyutov S., Sorokin M., Panicov N. // *Proceedings of the Fifth Symposium on the Joint Siberian Permafrost Studies between Japan and Russia in 1996.* P. 34–40.
6. Sebacher A., Harris R.S., Burtlett K. et al. // *Tellus S.* 1986. V. 38. P. 1–10.
7. Bartlett D.S., Burtlett K.B., Hartman J.M. et al. // *Global biogeochemical cycles.* 1989. V. 3. № 4. P. 363–374.
8. Лисс О.Л., Абрамова Л.И., Аветова Н.А. и др. Болотные системы Западной Сибири и их природоохранное значение. Тула, 2001.
9. Лисс О.Л., Березина Н.А. Болота Западно-Сибирской равнины. М., 1981.
10. Steinmann Ph., Shotyk W. // *Fresenius J. Anal. Chem.* 1996. P. 709–713.
11. Современные физические и химические методы исследования почв. М., 1987.
12. Омелянский В.Л. О метановом брожении клетчатки // *Избр. тр.* 1953. Т. 1. № 55.
13. Barker H.A. *Bacterial fermentation.* N.Y., 1956.
14. Заварзин Г.А. Литотрофные микроорганизмы. М., 1972.
15. Gottschalk G. *Bacterial metabolism.* Springer-Verlag, N.Y., 1986.
16. Ferry J.G. *Methanogenesis.* N.Y., L., 1993.
17. Wahlen M. // *Annu. Rev. Earth and Planet.* 1993. V. 21. P. 407–426.
18. Айлрих Б., Бернс С.Ж., Штайнман Ф. // II Междунар. конф. «Сокращение эмиссии метана». Новосибирск, 2000.
19. Славнина Т.П., Инишева Л.И. Биологическая активность почв Томской области. Томск, 1987.
20. Головченко А.В., Добровольская Н.Г., Инишева Л.И. // *Почвоведение.* 2002. № 12. С. 1468–1473.
21. Сирин А.А., Нильсон М., Шумов Д.Б. и др. // *Докл. Академии наук.* 1998. Т. 361. № 2. С. 1–4.
22. Ефремова Т.Т., Бажин Н.М. // *Сиб. экол. журн.* 1998. № 6. С. 563–570.
23. Махов Г.А., Бажин Н.М., Ефремова Т.Т. // *Химия в интересах устойчивого развития.* 1999. № 2. С. 619–622.
24. Бажин Н.М. // II Междунар. конф. «Сокращение эмиссии метана». Новосибирск, 2000.
25. Поздняков А.И., Шейн Е.В., Паников Н.С., Девин Б.А., Назарова Т.В. // *Физика почв.* 2003. № 6. С. 697–700.
26. Дедыш С.Н., Паников Н.С. // *Микробиология.* 1997. Т. 66. № 4. С. 569–574.
27. Weyhenmeyer C.E. // *Global biogeochemical cycles.* 1999. V. 13. № 4. P. 1079–1090.
28. Дулов Л.Е. // Эмиссия и сток парниковых газов на территории северной Евразии. Пушино, 2000. С. 85–86.
29. Сидоров Д.Г., Берзенков И.О., Беляев А.С., Миллер Ю.М., Иванов М.В. // *Микробиология.* 1998. Т. 67. № 2. С. 255–260.
30. Гальченко В.Ф. Метанотрофные бактерии. М., 2001.
31. Panicov N.S., Dedysh S.N. // *Global biogeochemical cycles.* 2000. V. 14. № 4. P. 1071–1080.
32. Naumov A.V. // *West Siberian Peatlands and Carbon Cycle: Past and Present.* 2001. P. 110–113.

УДК 504.54.05

О.И. Глебова

РОЛЬ ФАКТОРОВ, ЛИМИТИРУЮЩИХ СКОРОСТЬ И НАПРАВЛЕННОСТЬ ПОЧВЕННЫХ И БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТАХ

Кузбасская государственная педагогическая академия

Угольные разрезы Кузбасса характеризуются весьма высоким коэффициентом вскрыши, что обусловлено более низкой себестоимостью угля при открытом способе разработки месторождения, чем при под-

земном. Открытый способ добычи полезных ископаемых сопровождается высокими темпами образования нарушенных земель, общая площадь которых в Кузбассе составила около 100 тыс. га [1], из них 55.3

тыс. га разработкой каменноугольных месторождений [2]. В результате нарушения земель происходит замена природных ландшафтов техногенными.

Познание закономерностей регенерации почвенно-растительного покрова техногенного ландшафта и влияния экологических факторов на эти процессы позволит прогнозировать скорость и направленность сингенетичных почвенно-биологических процессов. В качестве объектов были выбраны разновозрастные отвалы Байдаевского и Листвянского угольных разрезов, расположенных в пределах одной геоморфологической структуры (Кузнецкая котловина) и биоклиматической зоны (лесостепь). В настоящий момент на отвалах вскрышных пород сформированы различные типы эмбриоземов и растительные сообщества определенных стадий сукцессии. Благодаря одновременному, взаимообусловленному и взаимозависимому развитию почвенно-генетических и биологических процессов развитие фаз почвообразования и смену стадий сукцессии растительных группировок принято считать сингенетичными [3].

Существование экосистемы, ее функционирование, выраженное в смене стадий сукцессии [4] (пионерная группировка – простая растительная группировка – сложная – замкнутый фитоценоз) и фаз почвообразования эмбриозема [3, 5] (инициальная – органо-аккумулятивная – дерновая – гумусово-аккумулятивная), зависит от комплекса определенных условий и совокупности необходимых элементов среды, с которыми она находится в неразрывном единстве. При исследовании техногенных ландшафтов изучались значимые абиотические (климатические, физические) и биотические (биологические) факторы среды, которые определяют направленность и скорость развития почвенно-биологических процессов. Специфичность образования техногенного ландшафта определила приоритет влияния абиотических факторов в регенерации экосистем: особенность геологического строения естественной морфоструктуры, которая подверглась техногенному преобразованию; особенность техногенного неорельефа и состав новообразованных пород; гидротермические условия среды.

Наиболее важными биологическими факторами, контролирующими развитие растительного покрова в техногенном ландшафте, являются близость ненарушенных экосистем и фитоценотические особенности естественной растительности.

Байдаевский и Листвянский угольные разрезы располагаются в пределах Кузнецкой котловины, которая в современной морфоструктуре представляет собой крупный сложно построенный синклиниорий [6], расположенный в пределах Кузнецко-Салаирской геоморфологической провинции, и выражена в рельефе низкоргорными, холмисто-увалистыми формами. Они сложены карбонатными толщами, песчаниками, алевролитами, аргиллитами, суглинистыми отложениями, чередующимися с угольными пластами. Поскольку

при разработке месторождения карьерным способом происходит выборка угля из пластов с постепенным углублением, то на дневную поверхность экспонируются глубинные породы, которые и образуют каркасную основу для техногенного ландшафта. В результате формируются отвально-карьерные и провально-отвальные комплексы [7] с характерными разнокачественными элементами неорельефа и с хаотичной смесью вскрышных и вмещающих пород. Это приводит к созданию контрастных водных и тепловых режимов.

Гидротермические условия в районе исследованной благоприятны для развития процессов самовосстановления экосистем. Умеренно континентальный климат характеризуется продолжительной морозной зимой и коротким жарким летом, среднегодовое количество осадков от 400–500 мм (Листвянский угольный разрез) и до 600 мм (Байдаевский угольный разрез). Сумма температур выше 10 °С находится в пределах 1600 – 1800 °С, среднегодовые температуры от 0 до 0,5 °С. Число дней без заморозков и с температурами выше 10 °С составляет 110 – 115, коэффициент увлажнения колеблется от 1,1 – 1,4 в центральной части лесостепной зоны до 1,4 – 1,7 восточной части, пограничной с зоной смешанных и лиственных лесов предгорий [8]. Но повышенная расчлененность техногенного неорельефа и хаотическая смесь пород способствуют высокой мозаичности гидротермических условий. По этой причине в таких ландшафтах долго сохраняется фрагментарность растительного покрова и, следовательно, асинхронность смены стадий сукцессий. На одинаковых по возрасту отвалах могут развиваться эмбриоземы с сингенетичными им растительными группировками различных стадий сукцессии (табл. 1).

Дифференциация гидротермических условий приводит к дифференциации процессов развития почв и растительных группировок в зависимости от крутизны и экспозиции склона. Наиболее благоприятные условия складываются на горизонтальной поверхности и склонах крутизной не более 10° северной и восточной экспозиции (табл. 2).

Смена стадий сукцессии от пионерной растительности на инициальном эмбриоземе до замкнутой растительной группировки на гумусово-аккумулятивном на горизонтальных и слабонаклонных поверхностях северных экспозиций происходит в прагматически приемлемое время – 20 лет [9]. Это свидетельствует об относительно благоприятных абиогенных условиях. На склоновых поверхностях скорость смены стадий сукцессии замедляется, поэтому здесь преобладает доля площадей экологически динамичных стадий сукцессии (пионерная растительная группировка на инициальном эмбриоземе и простая растительная группировка на органо-аккумулятивном эмбриоземе). Это объясняется тем, что склоновая поверхность способствует наибольшей гравитационной дифференциации

Таблица 1

Соотношение площадей эмбриоземов различных типов в зависимости от возраста отвала

Возраст отвала	Тип эмбриозема, его доля в %			
	Инициальный	Органо-аккумулятивный	Дерновый	Гумусово-аккумулятивный
Старый (более 20 лет)	1.8	16.5	59.7	22.0
Средневозрастной (10–20 лет)	5.6	52.5	39.2	2.7
Молодой (до 10 лет)	91.9	8.1	Нет	Нет

Таблица 2

Соотношение площадей эмбриоземов в зависимости от экспозиции склона и крутизны склонов

Характер поверхности	Тип эмбриозема, его доля в %			
	Инициальный	Органо-аккумулятивный	Дерновый	Гумусово-аккумулятивный
Горизонтальная	17.9	29.2	42.1	10.8
Слабонаклонная (до 10°)	21.4	41.4	30.2	7.0
Крутосклонная (более 10°)	45.0	55.0	Нет	Нет

породы и в первую очередь смыву мелкозема. При увеличении содержания последнего возрастает влагоемкость субстрата [5]. Следовательно, из-за гравитационного выноса мелкозема запасы влаги на склоновых поверхностях уменьшаются и за счет стока атмосферных осадков, и за счет снижения водоудерживающей способности субстрата. Другая причина – в замедлении скорости сукцессии на склоновых поверхностях обусловлена их экспозицией. С ветроударных склонов в зимний период практически сдувается весь снежный покров. Это способствует глубокому промерзанию западных и южных откосов, а в летнее время наиболее на этих же склонах отмечается наиболее интенсивное нагревание. Все это определяет ксероморфизм и подчеркивает лимитирующее значение роли содержания в субстрате влаги. На крутых склонах, вне зависимости от экспозиции, темпы сукцессионных процессов ослаблены еще сильнее [10].

Хаотическая смесь пород отвалов, сформированная на техногенном этапе, со временем изменяется очень медленно [5]. По этой причине степень каменистости (по классификации Н.А. Качинского) породные отвалы следует относить к щебнистым. Это предопределяет их высокую и даже провальную водопроницаемость. Постепенное разрушение вмещающих пород (выветривание) ведет к некоторому уменьшению каменистости (рис. 1), но, как показывают исследования, в связи со специфичностью этого процесса [9] степень ксероморфности местообитания при этом снижается незначительно. Важным фактором, регулирующим влагонакопление в техногенном субстра-

те, является содержание в мелкоземе фракции физической глины. Присутствие мелкоземистого элювия глинистых пород с влагоемкостью 8–10 % обуславливает довольно большой влагозапас [11]. Появление растительности способствует закреплению мелкозема, уменьшению физической дезинтеграции обломков породы. Одновременно с увеличением содержания мелкозема и уменьшением количества камней в верхней части почвенного профиля возрастает и количество видов растений.

Биологическое освоение субстрата зависит от близости естественных экосистем, обеспечивающих количественный и качественный видовой состав зачатков и диаспор растений, поселяющихся на первичные экотопы. Отвалы Байдаевского и Листвянского разреза расположены в пределах Томь-Кондомского предгорного района [12]. Этот район является переходным от горных поднятий Салаира и Кузнецкого Алатау к равнинным степям котловины, т.е. от ковыльно-разнотравно-луговых степей до черневой тайги предгорий, участками проникающие на территорию Кузнецкой котловины. Типичной чертой окружающей растительности является сочетание формаций березовых и березово-осиновых лесов и суходольных лугов различной степени остепнения. Ассоциации суходольных лугов дают большое разнообразие вариантов, отличающихся друг от друга по определяющим видам растений, по соотношению лесных и степных форм и по мощности развития травостоя. В местах выпаса скота обильны сеgetальные и рудеральные растения, которые первыми заносятся на техногенные

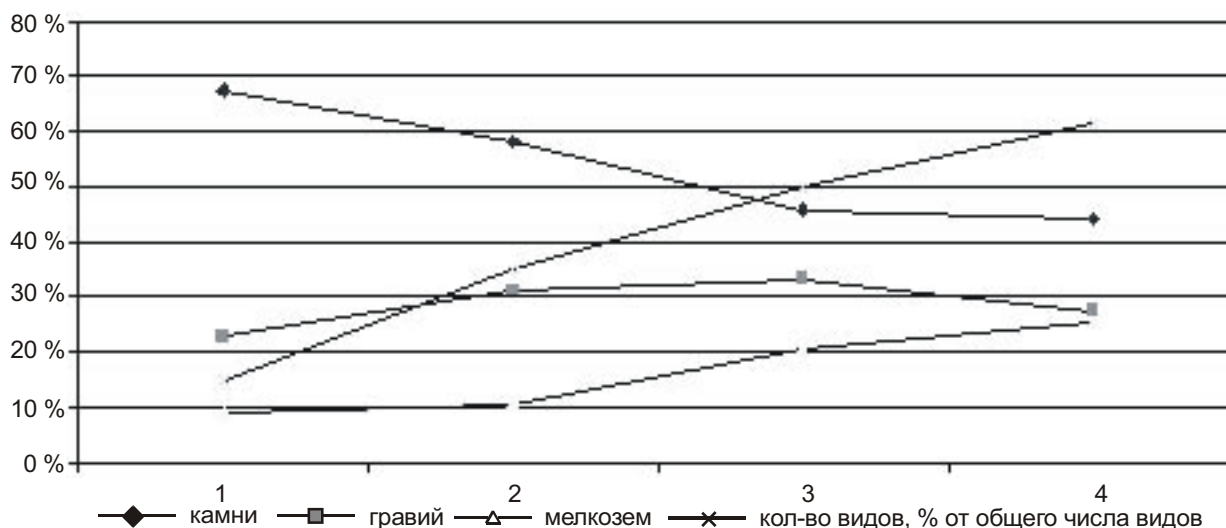


Рис. 1. Связь распределения содержания мелкозема с изменением количества видов в эмбриоземах разных типов: 1) инициальный эмбриозем, 2) органо-аккумулятивный эмбриозем, 3) дерновый эмбриозем, 4) гумусово-аккумулятивный эмбриозем

ландшафты. На пионерной стадии преобладают растения-анемохоры, у которых хорошо развито также вегетативное размножение. При благоприятных абиотических факторах (горизонтальное или слабонаклонное положение в рельефе, содержание камней не более 90 %, содержание мелкозема не менее 5 %, физической глины – от 4 до 8 %) на 4 – 5-й год растительные группировки переходят в следующую стадию сукцессии – простую растительную группировку на органо-аккумулятивном эмбриоземе.

Важными факторами, определяющими дальнейшее развитие почвенно-биологических процессов на этом этапе, являются синтез и накопление азотосодержащих соединений за счет доминирования в растительных группировках бобовых и микробных сообществ, способных к фиксации азота. Процессы минерализации и гумификации не развиты в связи с ограниченным числом видов микроорганизмов [5], поэтому органическое вещество скапливается на поверхности почвы. Появление подстилки – фактор, определяющий изменение гидротермических условий субстрата и способствующий накоплению дополнительного

количества влаги, что в дальнейшем повлияет на развитие растительных группировок более поздних стадий сукцессии. На стадии сложной растительной группировки в лесостепной зоне доминируют злаковые и злаково-бобовые сообщества, замкнутые растительные группировки представлены разнотравно-злаково-бобовыми. Вследствие усложнения фитоценоза в нем появляются эдификаторы и субэдификаторы, определяющие направленность развития сообщества. Доминирование лесных видов способствует трансформации в сторону мелколиственных мезофильных лесов, увеличение разнотравно-луговых видов в сторону степных ценозов.

На начальных этапах развития почвенно-растительного покрова наиболее значимо влияние абиогенных факторов, определяющих экологическое состояние техногенного ландшафта, с переходом в метастабильную фазу стадии сукцессии их роль становится малозаметной, и дальнейшее развитие зависит от фитоценологических свойств растительных сообществ, сохраняющих черты, обусловленные литогенной и техногенной специфичностью субстрата.

Литература

1. Баранник Л.П. Эколого-биологические основы лесной рекультивации техногенных земель Кузбасса: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Новосибирск, 1991.
2. Овдеенко В.И. Устойчивое развитие угольной отрасли Кузбасса: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Барнаул, 2002.
3. Гаджиев И.М., Курачев В.М. Экология и рекультивация техногенных ландшафтов. Новосибирск, 1992.
4. Воронов А.Г. Геоботаника. М., 1973.
5. Андроханов В.А. и др. Почвы техногенных ландшафтов: генезис и эволюция. Новосибирск, 2004.
6. Файнер Ю.Б. Кузнецкая котловина // Алтае-Саянская горная область. М., 1969.
7. Рагим-заде Ф.К., Трофимов С.С., Щербатенко В.И., Баранник Л.П. Гипергенез и эволюция техногенного рельефа Кузбасса // Восстановление техногенных ландшафтов Сибири (теория и технология). Новосибирск, 1977.
8. Трофимов С.С. Экология почв и почвенные ресурсы Кемеровской области. Новосибирск, 1975.
9. Гаджиев И.М. и др. Стратегия и перспективы решения проблем рекультивации нарушенных земель. Новосибирск, 2001.
10. Трофимов С.С. и др. Рекультивация и почвообразование // Проблемы сибирского почвоведения. Новосибирск, 1977.
11. Куляпина Е.Д. Поглощающий комплекс в почвах техногенных ландшафтов (Южный Кузбасс): Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Новосибирск, 2002.
12. Куминова А.В. Растительность Кемеровской области. Новосибирск, 1950.