

Формирование микробоценозов на начальных этапах биологического освоения рекультивированных земель Никопольского марганцеворудного бассейна

Обязательным приемом сельскохозяйственной рекультивации нарушенных земель, является формирование различных моделей техноземов с нанесением плодородного слоя почвенной массы и потенциально плодородных вскрышных горных пород [1]. Заселение микроорганизмами — один из первичных биологических процессов, который происходит при выносе горных пород и формировании отвалов. Этот процесс обуславливает формирование микробных сообществ техноземов как важного фактора почвообразования, стабильности и продуктивности экосистем, т. к. около 90 % живой фазы почвы составляют микроорганизмы, физиологическая и биохимическая активность которых в сотни раз больше, чем у макроорганизмов. Поэтому формирование микробных сообществ в зависимости от эдафических характеристик субстратов, экологических ресурсов территорий являются важной предпосылкой для успешной рекультивации нарушенных земель.

Цель и методика исследований. Исследовали микрофлору надрудных отложений, состоящих из потенциально плодородных вскрышных горных пород в местах их природного залегания, и в техноземах, сформированных: а) лессовидными суглинками; б) красно-бурыми глинами; в) серо-зелеными глинами.

Численность микроорганизмов основных эколого-трофических групп определяли методом посева разведений суспензий почвы и субстратов горных пород на питательные среды согласно общепринятым методиками [2, 3, 4]. В аэрозолях воздуха

численность микроорганизмов определяли методом экспозиции чашек Петри с питательными средами [5].

Результаты исследований. Проведенными исследованиями качественного и количественного состава микроорганизмов в горных породах *in situ* выявлены многочисленные представители различных групп микроорганизмов. Следует отметить, что их качественный (эколого-трофические группы) и количественный (численность КОЕ) состав существенно отличался в зависимости от глубины залегания и генезиса горных пород (табл. 1).

Таблица 1

Содержание микроорганизмов в горных породах, отобранных с борта карьера (в местах их коренного залегания), КОЕ

Эколого-трофические группы	Субстрат		
	лессовидный суглинок	красно-бурая глина	серо-зеленая глина
Аммонифицирующие	4600 ± 453	–	–
Амилолитические	3918 ± 376	–	–
Целлюлозоразлагающие	3,7 ± 0,31	–	–
Олиготрофы на ГА	651000 ± 3450	60 ± 3,4	2,5 ± 0,15
Олиготрофы на МПА 1:10	1263000 ± 13700	3 ± 0,2	15 ± 0,8
Олиготрофы на КАА 1:10	113000 ± 3900	12 ± 0,04	17 ± 1,45
Олигонитрофилы	900 ± 47	7 ± 0,5	6 ± 0,37

Экологический спектр и общая численность микроорганизмов наиболее значительными были в лессовидных суглинках. Среди них выявлены как олиготрофы, так и (значительно меньше) эвтрофы. В красно-бурых и серо-зеленых глинах микроорганизмы были представлены малочисленно, преимущественно олиготрофами. В серо-зеленой глине было выделено незначительное количество эвтрофов.

Состав выделенных микроорганизмов в лессовидных суглинках (в верхних слоях геологических отложений, где гидротермиче-

ские условия и питательный режим более благоприятны в сравнении с породами, что залегают на значительных глубинах) позволяет прогнозировать улучшение условий для развития микробных сообществ, при выносе на дневную поверхность и формировании отвалов горных пород с различной литологической основой. По нашему мнению, основными экологическими факторами, которые обуславливают развитие микробных сообществ горных пород в местах их коренного залегания, является питательный и гидротермический режимы.

Интенсивная микробная контаминация вскрышных пород начинается в карьерах, в процессе их выемки и формирования отвалов: происходит обогащение микроорганизмами из аэрозолей воздуха (табл. 2).

Таблица 2

**Содержание микроорганизмов в аэрозолях воздуха
в зависимости от места исследования, КОЕ/м² за 10 мин**

Эколого-трофические группы	Место исследования:			
	въездная траншея карьера	забой роторного экскаватора	внешний отвал карьера	агроценоз на зональных почвах
Аммонифицирующие	3694 ± 178	5606 ± 281	8174 ± 204	16347 ± 511
Амилитические	4480 ± 370	2934 ± 301	4008 ± 510	11055 ± 126
Целлюлозо-разлагающие	3144 ± 383	2279 ± 362	5030 ± 898	8357 ± 122
Олиготрофы на ГА	6759 ± 161	5763 ± 124	2358 ± 366	13675 ± 366
Олиготрофы на МПА 1:10	6287 ± 193	4768 ± 174	5659 ± 183	15876 ± 147
Олиготрофы на КАА 1:10	9981 ± 341	6078 ± 442	1965 ± 253	11396 ± 422

Отсутствие растений и рыхлая поверхность отвалов способствует беспрепятственному проникновению микроорганизмов в толщу отвалов.

Спустя год после выноса горных пород на дневную поверхность в отвалах, сформированных лессовидными суглинками, обнаружилось снижение числа олиготрофных микроорганизмов. За это время сформировался эвтрофный компонент микробного сообщества (табл. 3).

В отвалах из красно-бурых и серо-зеленых глин изменяется структура микробных сообществ – здесь были выделены представители всех исследованных эколого-трофических групп.

Таблица 3

**Содержание микроорганизмов в горных породах
однолетних отвалов, тыс. КОЕ в 1 г породы**

Эколого-трофические группы	Субстрат		
	лессовидный суглинок	красно-бурая глина	серо-зеленая глина
Олиготрофы на ГА	1687 ± 47	1695 ± 33	3974 ± 217
Олиготрофы на МПА 1:10	30848 ± 319	53000 ± 225	177800 ± 613
Олиготрофы на КАА 1:10	1341 ± 120	13060 ± 160	10800 ± 105
Олигонитрофилы	1200 ± 95	856 ± 45	1240 ± 89
Аммонифицирующие	22815 ± 1210	75347 ± 1250	288355 ± 35
Амилолитические	10410 ± 430	23035 ± 750	66543 ± 15
Целлюлозоразлагающие	59,0 ± 2,8	72,0 ± 3,5	44 ± 2,7

Таким образом, для эвтрофных микроорганизмов, которые попали в горные породы аэрогенным путем, условия существования оказались благоприятными, что способствовало увеличению их численности во всех исследованных субстратах. Численное доминирование представителей аммонифицирующих,

амилолитических групп указывает на присутствие в технозомах водорастворимых органических веществ.

Сукцессионный процесс в микробных сообществах отвалов заключается в увеличении численности целлюлозоразлагающих микроорганизмов, в сравнении с их содержанием в горных породах в местах их коренного залегания. На микробные сукцессии в трехлетних отвалах также влияет растительность, представленная пионерными растительными сообществами олиготрофных и эвритрофных видов.

Увеличение числа эвтрофов и снижение численности олиготрофных групп, указывает на постоянное поступление органических веществ. При этом индекс олиготрофности увеличивался в лессовидном суглинке и красно-бурой глине в 1,7 раза, а в серо-зеленой глине — в 4,7 раза.

Выводы. Наличие на глубинах коренного залегания вскрышных горных пород преимущественно олиготрофных форм микроорганизмов, способных усваивать различные соединения, указывает на то, что породы представляют собой гетерогенное жизненное пространство с множеством экологических ниш.

Основными экологическими факторами, которые лимитируют развитие микроорганизмов на глубинах, являются незначительное количество питательных веществ и неблагоприятный гидротермический режим.

Процесс микробной контаминации горных пород начинается в карьерах во время вскрышных работ и отвалообразования. Численность микроорганизмов в свежих отвалах увеличивается в несколько раз, по сравнению с количеством микроорганизмов в породах в природном залегании. Уровень насыщения воздуха микроорганизмами существенно влияет на процессы контаминации горных пород. Привнесение большого количества разнообразных микроорганизмов способствует обогащению субстратов горных пород формами с различными питательными потребностями.

Список использованной литературы

1. *Масюк Н. Т.* Рекультивация земель в Украине: фундаментальные и прикладные достижения // Вісник аграрної науки. 1998. Спеціальний випуск, січень. С. 15–21.
2. Методы почвенной микробиологии и биохимии : учеб. пособие / под ред Д. Г. Звягинцева. М. : Изд-во МГУ, 1991. 304 с.
3. *Аристовская Т. В.* Микробиология процессов почвообразования. М. : Наука, 1980. 187 с.
4. *Сеги Й.* Методы почвенной микробиологии. М. : Колос, 1983. 285 с.
5. *Грегори Ф.* Микробиология атмосферы. М. : Мир, 1964. 376 с.

**И. Н. Зуева, Ю. С. Глянцева,
О. Н. Чалая, С. Х. Лифшиц**

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт проблем нефти и газа СО РАН, Якутск, Россия

Геохимический мониторинг состояния почв криолитозоны после аварийных разливов нефти

Мониторинговые исследования в холодных регионах носят пролонгированный характер, в отличие от регионов с благоприятными климатическими условиями. Это обусловлено тем, что процессы деструкции нефти и нефтепродуктов (НП) в мерзлых почвах в условиях низких температур протекают значительно медленнее, что предопределяет более низкую способность мерзлых почв к самоочищению. Поэтому в холодных экосистемах разлитые нефть и тяжелые НП очень устойчивы и их деградация может длиться десятилетия. Вследствие длительной сохранности разлитых нефти и НП в почвах и водах усугубляется неблагоприятное воздействие на природные экосистемы. На северо-востоке