

**ЦЕЛЛЮЛОЗОРАЗРУШАЮЩИЕ МИКРООРГАНИЗМЫ  
КАК КОМПОНЕНТ БИОЛОГИЧЕСКОГО ФАКТОРА  
ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ**

И. Х. Узбек

*Дніпропетровський державний аграрний університет*

**ЦЕЛЛЮЛОЗОРУЙНІВНІ МИКРООРГАНИЗМИ ЯК КОМПОНЕНТ  
БИОЛОГІЧНОГО ФАКТОРУ ҐРУНТОУТВОРЕННЯ**

Ґірські породи з борту кар'єру практично стерильні, але вже через рік шляхом інокуляції мікробних клітин із довкілля едафотопи формують певну конструкцію мікробного угруповання, у якому обов'язково присутні целюлозоруйнівні мікроорганізми. Показана динаміка їхнього накопичення. Визначена інтенсивність розкладу коренів в товщі едафотопів техногенних ландшафтів. За рік трансформується до 80 % коренів люцерни і до 66 % коренів пшениці озимої. Насамперед руйнуються тонкі корінці бобових рослин навесні.

*Ключові слова: техногенний ландшафт, рекультиваци́я, едафотоп, мікроорганізми, корені.*

I. Kh. Uzbek

*Dniepropetrovsk State Agrarian University*

**CELLULOSE-DIGESTING MICROORGANISMS AS THE COMPONENT  
OF THE BIOLOGICAL FACTOR OF SOIL FORMATIONS**

Rocks from a board career are practically sterile, but in one year by inoculation microbial cells from an environment edaphotopes form the certain construction of microbial community at which necessarily are present cellulose-digesting microorganisms. Dynamics of their accumulation is shown. Intensity of decomposition of roots in a thickness edaphotopes of anthropogenic landscapes is determined. For a year about 80 % of roots of *Medicago sativa* L. and up to 66 % *Triticum aestivum* L. is determined. First of all collapse thin radicles of leguminous plants in the spring.

*Keywords: technogenic landscape, reclamation, edaphotop, microorganisms, roots.*

В работе «Русский чернозем» В. В. Докучаевым (1936) были высказаны новые представления о почве, которая является функцией от факторов почвообразования и которую мы теперь рассматриваем как особую систему. Но почва – это только один представитель целого класса природных систем, в котором живые организмы и неорганическая материя тесно между собой связаны и взаимообусловлены. Такие системы В. И. Вернадский (1919) назвал биокосными.

Как очень сложную биокосную систему нужно рассматривать и техногенные ландшафты. Они создаются в местах добычи полезных ископаемых, состоят из рыхлых горных пород различного генезиса, не имеют аналогов в природе, но имеют свои особенности, определяющим из которых является плодородие. Причем понятие плодородия для эдафотопов техногенных ландшафтов не является идентичным понятию для естественно образованных почв. В любом случае формирование и развитие наиболее существенного свойства почвы – плодородия осуществляется при активном участии растений и микроорганизмов.

С момента проведения рекультивации нарушенных земель в них начинают проявляться сложные процессы, совокупность действия которых обуславливает направленность и интенсивность возникающего почвообразования. При этом пристального внимания заслуживает живое вещество, особенно органическая масса растений и микроорганизмы, разлагающие это вещество. Перерабатывая остатки растений и животных, микроорганизмы изменяют состав жидкой и газообразной фаз почвы, совместно с ферментами участвуют в прохождении сложных почвообразовательных процессов,

важнейшими из которых является аккумуляция элементов плодородия. Именно поэтому плодородие почв во многом обусловлено своеобразными взаимоотношениями, возникающими в системе «эдафотоп – микроорганизмы – корни растений».

Следовательно, изучение биокосных систем заслуживает особого внимания, поскольку они тесно связаны с биологическим фактором почвообразования, в том числе и с жизнедеятельностью целлюлозоразрушающих микроорганизмов.

### **ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Определение численности аэробных целлюлозоразрушающих микроорганизмов в образцах почв и пород, а также математическую обработку результатов исследований проводили общепринятыми в биологии методами (Бабьева, 1971; Доспехов, 1973; Красильников, 1966; Молостов, 1966; Сеги, 1983; Теппер, 1937).

При этом следует подчеркнуть, что показатели биологической активности рекультивируемых почв настолько изменчивы, что их одноразовое определение не отражает реальной обстановки и может ввести в заблуждение. Поэтому нами изучалась сезонная динамика численности целлюлозоразрушающих микроорганизмов в следующих эдафотопах: в полнопрофильном южном черноземе старопашотного поля, в насыпном плодородном слое массы южного чернозема различной толщины, в смеси пород лессовидных суглинков и древнеаллювиальных песков, в лессовидных суглинках, в красно-бурой и серо-зеленой глинах. Для этого ежемесячно с апреля по октябрь отбирали образцы почв и пород из различных слоев метровой толщи. Особое внимание уделяли слоям 0–20 и 20–40 см, то есть пахотной толще эдафотопов. Кроме того, образцы брали из борта карьера, из зоны корнеобитания (ризосферы) люцерны и эспарцета, а также в полосах между вариантами опытов. Эти полосы имели ширину 2 м, постоянно обрабатывались для уничтожения сорняков и потому находились в рыхлом и чистом от сорняков состоянии (то есть в парообразном состоянии). Учитывая большую гетерогенность рекультивируемых почв, это практически единственная возможность для изучения уровня биогенности однотипного эдафотопа с растениями и без них.

### **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ**

Как показали наши исследования (Узбек, 2000), свежееотсыпанные вскрышные горные породы практически не заселены микроорганизмами. Однако уже в течение первого года после отсыпки грунтов идет интенсивная инокуляция аборигенных микробных клеток из окружающей среды.

Специальные исследования показали, что в условиях Запорожской природоохранной биозоологической станции мониторинга техногенных ландшафтов (Орджоникидзевский горно-обогатительный комбинат в Никопольском районе), в чашки Петри с питательной средой всего за 30 мин из воздуха попадает и прорастает в среднем за год 270 спор и клеток микробов. Причем наиболее интенсивная инокуляция эдафотопов микроорганизмами происходит весной и осенью, то есть в период проведения различных сельскохозяйственных работ на соседних старопашотных полях. Такое бурное заселение эдафотопов микробными клетками из окружающей среды способствует расширению видового состава комплекса почвенных микроорганизмов. Поэтому в последующие годы на всех изучаемых нами вариантах уже выделялись многие физиологические группы микроорганизмов, в том числе и целлюлозоразрушающие.

Причем характерной особенностью сезонной динамики численности целлюлозоразрушающих микроорганизмов являлось отсутствие ранневесенней вспышки их количества. В отличие от многих других физиологических групп микроорганизмов в апреле число целлюлозоразрушающих микробов было минимальным.

На всех контрольных вариантах, лишенных растительного покрова, сезонная динамика численности целлюлозоразрушающих микроорганизмов отличалась четкой выраженной скачкообразностью с очень большой амплитудой колебания.

Резкое увеличение количества микроорганизмов этой физиологической группы сменялось не менее резким снижением их числа. В слое 0–20 см контрольных вари-

антов (без растений) из четвертичных отложений интенсивное размножение бактерий отмечалось в августе и сентябре. В таком же слое третичных глинистых отложений большое количество этих микробов было обнаружено раньше – в июне и августе.

Следует сказать, что наиболее устойчивое количество целлюлозоразрушающих микроорганизмов на всех вариантах опытов наблюдалось в августе и сентябре. Такое положение объясняется приносом ветром на поверхность контрольных вариантов большого количества растительной пыли во время уборки сельскохозяйственных культур.

Действительно, только таким путем в летне-осенний период может поступать в толщу эдафотопов некоторое количество клетчатки. Это и объяснимо, поскольку наиболее распространенным углеродным соединением в природе является целлюлоза  $(C_6H_{10}O_5)_n$ . Она в большом количестве попадает в почву в составе различных растительных остатков. Например, в верхнем 40-сантиметровом слое лессовидных суглинков одна только люцерна ежегодно оставляет около 8 т массы корней (в воздушно-сухом измерении) и много массы надземной части растений.

Эта растительная масса служит пищей целлюлозоразрушающим бактериям и грибам, жизнедеятельность которых, как показали исследования, начинает проявляться с поверхности эдафотопов.

Интересно, что интенсивность процесса разложения целлюлозы колеблется в широких пределах как в течение одного вегетационного периода, так и в разные годы. Однако основное разложение клетчатки в почве во все годы наступает в летний и позднелетний периоды, после появления опада растений. Причем наиболее интенсивное разложение целлюлозы бактериями наблюдается в четвертичных отложениях при температуре 26–28 °С. Поскольку в третичных глинистых отложениях, характеризующихся тяжелым гранулометрическим составом, температуры всегда ниже, то процесс минерализации органического вещества происходит медленнее, с преобладанием целлюлозоразрушающих грибов.

В ризосфере люцерны колебания численности целлюлозоразрушающих микроорганизмов более сглажены в сравнении с вариантами без растений. В зоне корневой системы люцерны весной активно размножаются аэробные бактерии. Они лучше приспособлены к сравнительно низким температурам и легко находят необходимый им минеральный азот.

Начиная с июля активизируются грибы, которые способны усваивать как минеральный, так и органический азот. В августе, когда появляется масса растительных тканей и большое количество образовавшихся к этому времени нитратов, усиленно развиваются и бактерии, и грибы. К осени их количество заметно возрастает, что указывает на интенсивное разложение целлюлозы.

В условиях техногенных ландшафтов корни растений вынуждены активизировать свою избирательную поглотительную способность, в результате которой рассеянные в породах элементы питания входят в состав тканей корней. Со временем эти корни разрушаются микроорганизмами, в том числе и целлюлозоразрушающими, а питательные вещества адсорбируются твердой фазой эдафотопов.

Поэтому не случайно большой интерес представляют исследования по изучению интенсивности разложения растительных остатков. В известной нам литературе по рекультивации нарушенных земель такие исследования в условиях Степи Украины не проводились. Значимость этих исследований усиливается еще и тем, что интенсивность разложения массы растений целлюлозоразрушающими микроорганизмами является одним из важных показателей биологической активности эдафотопов.

Корни люцерны, богатые легкодоступными для микроорганизмов белками, разрушаются более интенсивно, чем корни пшеницы озимой. Об этом свидетельствуют специальные исследования, средние показатели которых приведены в *таблице*.

За 12 месяцев в толще полнопрофильной зональной почвы трансформировалось в среднем 80 % корней люцерны и только 66 % корней пшеницы озимой, в лессовидном суглинке – соответственно 67 и 64 % и в серо-зеленой глине – 67 и 62 %, то есть максимальная скорость разложения корней наблюдалась в ненарушенной зональной почве, а минимальная – в серо-зеленой глине.

Ткани корней сильно отличались по устойчивости к микробиологическому разложению и гумифицировались с различной скоростью. Эта контрастность еще больше возрастала в зависимости от физико-химических свойств эдафотопов. При всех прочих равных условиях ткани, содержащие целлюлозу и лигнин, разлагались медленнее.

**Интенсивность разложения корней люцерны и пшеницы озимой**

Эдафотоп*, толщина (фракция) корней, мм	% разложившихся корней через		
	3 месяца	10 месяцев	12 месяцев
<b>Корни люцерны</b>			
<b>Чернозем южный:</b>			
более 5	30,7	69,7	75,7
5-1	49,2	70,3	78,1
1-0,5	63	73,6	83,4
до 0,5	64,2	71,8	84,5
<b>Лессовидный суглинок:</b>			
более 5	45,6	52,1	60,0
5-1	55,2	64,4	65,2
1-0,5	60,4	67,1	69,7
до 0,5	61,2	66,7	73,8
<b>Красно-бурая глина:</b>			
более 5	43,7	46,9	55,2
5-1	50,9	59,2	62,1
1-0,5	52,1	62,3	66,4
до 0,5	62,6	73,4	78,9
<b>Серо-зеленая глина:</b>			
более 5	38,8	41,0	46,4
5-1	58,4	59,2	64,5
1-0,5	60,9	69,6	76,1
до 0,5	65,0	74,7	79,2
<b>Корни пшеницы озимой</b>			
Чернозем южный	57,9	62,5	65,8
Лессовидный суглинок	54,4	59,6	63,6
Красно-бурая глина	50,0	53,2	62,7
Серо-зеленая глина	40,4	50,7	61,9

\* Удобрения не вносились.

О влиянии химического состава органического вещества на интенсивность его превращения свидетельствует разница в потере массы корней люцерны и пшеницы озимой, которая составляла в среднем 14 % в черноземе и только 3-5 % в лессовидном суглинке и серо-зеленой глине. Причем интенсивность разложения корней пшеницы озимой целлюлозоразрушающими микроорганизмами в различных эдафотопках находилась приблизительно на одном уровне. Следовательно, деструкция свежего органического вещества в толще рекультивированных почв зависит от целого комплекса экологических факторов, главными из которых являются численность микроорганизмов, физико-химические особенности эдафотопка и химический состав тканей растений.

Различная скорость разложения корней бобовых и злаковых культур подсказывает, что для повышения уровня биогенности эдафотопов техногенных ландшафтов необходимо внедрять специальные фитомелиоративные севообороты, насыщенные люцерной и эспарцетом. Только они смогут создать высокобиогенную почву с активной и разнообразной микрофлорой. Именно многолетние бобовые травы в состоянии обеспечить наиболее рациональную взаимосвязь компонентов биологической системы

в культурфитоценозе, которая позволит экономно и эффективно использовать все ресурсы эдафотопов.

Подбор и чередование культур в севообороте должны осуществляться с учетом их биологических особенностей. Это обусловит количественный и качественный состав поступающих в эдафотоп растительных остатков, что в значительной степени будет регулировать формирование комплекса почвенных микроорганизмов.

Особенно велико это влияние в ризосферной зоне растений, где создаются наиболее благоприятные условия для развития микроорганизмов. Причем для каждого эдафотопов необходимо конструировать только ему приемлемый севооборот. Соотношение и чередование культур в нем должно ориентироваться не столько на хороший урожай, сколько на поддержание соответствующих экологических условий, обеспечивающих возможно оптимальное развитие микробного сообщества.

В настоящее время уже разработаны и предлагаются к внедрению на рекультивируемых землях специальные фитомелиоративные севообороты, в которых чередование бобовых и злаковых растений направлено на окультуривание верхней толщ эдафотопов.

Как показали наши исследования, наиболее интенсивно разрушаются ткани корней в течение первого трехмесячного периода, когда в составе разлагающихся остатков еще много легко доступных для микроорганизмов веществ. В дальнейшем процесс разложения замедляется. Если в толще, например, лессовидного суглинка за первые три месяца разложилось в среднем 56 % корней люцерны, то через год после закладки образцов трансформировалось только 67 %. Такая же закономерность прослеживалась и по остальным эдафотопам. Общим для них является то, что толстые корни разлагались медленнее, чем тонкие корешки. Это объясняется различной структурой тканей и их химическим составом.

Разница в скорости разложения корней между фракциями более 5 мм и менее 0,5 мм составила (таблица): в полнопрофильном черноземе – 8,8 %, а в лессовидном суглинке, красно-бурой и серо-зеленой глинах – соответственно 13,8; 23,7 и 32,8 %.

Следовательно, в эдафотопам процесс деструкции тонких корешков проходит с большей интенсивностью, сильно замедляясь в третичных глинистых отложениях. Даже через 20 месяцев после закладки образцов мы находили в серо-зеленой глине остатки еще не полностью разложившихся тканей толстых корней люцерны. К этому сроку тонкие корни люцерны в толще всех эдафотопов уже, как правило, разлагались полностью.

Сложный органический материал, из которого состоят корни, превращаются в конечном итоге в такие простые минеральные вещества, как вода, водород, метан, углекислота и пр. Это упрощение совершается постепенно, в зависимости от физико-химических и гидротермических условий эдафотопов, но с различной скоростью. Следовательно, деятельность микроорганизмов, как разрушителей массы корней, отличается не только своей интенсивностью, но и законченностью процессов распада. При этом деструкция белковых веществ из растительной массы сопровождается синтезом их в плазме микроорганизмов, обитающих в толще эдафотопов.

Как показали наши исследования, в серо-зеленой глине, как более холодной, разложение корней люцерны и пшеницы озимой происходило медленнее, чем в остальных эдафотопам. В этом же субстрате хуже были и условия аэрации. Решающим фактором, от которого зависит интенсивность минерализации растительных остатков, являлась температура. Эффективность влияния этого фактора выше, чем фактора влажности.

Если для полнопрофильных почв 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 сложнейшая работа только начинается.

## ВЫВОДЫ

1. Разложение органических веществ в толще эдафотопов техногенных ландшафтов осуществляется целлюлозоразрушающими бактериями и грибами, находящимися примерно в одинаковых количественных соотношениях.

При всех прочих равных условиях в третичных глинистых отложениях, как более холодных, преобладает грибной характер разрушения клетчатки. Особенно сильно этот процесс выражен в серо-зеленой глине.

2. Интенсивность разложения корней снижается в направлении от полнопрофильного чернозема до серо-зеленой глины. За 12 месяцев в южном черноземе трансформировалось в среднем 80 % корней люцерны и 66 % корней пшеницы озимой; в серо-зеленой глине соответственно 67 и 62 %. Интенсивно разлагаются корни весной, особенно ткани тонких корешков люцерны. Летом процесс трансформации органического материала замедляется.

3. Непрерывное поступление в толщу пород органического материала высших растений и его микробиологическая трансформация являются важнейшими показателями интенсивности почвообразования.

Эдафотоп как среда обитания составляет единую и неразрывную систему с населяющими его корнями и популяциями различных микроорганизмов. Они вступают друг с другом в тесные и очень сложные взаимодействия, результатом которых является формирование биогеоценологических горизонтов.

4. Для поддержания высокой биологической активности техногенных почв и направленного воздействия на процесс гумусообразования в них необходимо проводить мероприятия по регулярному пополнению свежим органическим веществом верхней толщи эдафотопов. Решающее влияние в этом могут оказать специальные длительновегетирующие фитомелиоративные севообороты.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- Бабьева И. П.** Практическое руководство по биологии почв / И. П. Бабьева, Н. С. Агре. – М.: Изд-во МГУ, 1971. – 140 с.
- Вернадский В. И.** Об участии живого вещества в создании почв. – М., 1919. – 123 с.
- Докучаев В. В.** Русский чернозем. – М.; Ленинград: Огиз-сельхозгиз, 1936. – 529 с.
- Доспехов Б. А.** Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований. – М.: Колос, 1973. – 329 с.
- Красильников Н. А.** Методы изучения почвенных микроорганизмов и их метаболитов. – М.: Изд-во МГУ, 1966. – 215 с.
- Молостов А. С.** Методика полевого опыта. – М.: Колос, 1966. – 322 с.
- Сегги И.** Методы почвенной микробиологии. – М.: Колос, 1983. – 285 с.
- Теппер Е. З.** Практикум по микробиологии / Е. З. Теппер, В. К. Шильшкова, Г. И. Перверзева. – М.: Агропромиздат, 1937. – 229 с.
- Узбек И. Х.** Об эколого-биологической оценке эдафотопов техногенных ландшафтов степной зоны Украины // Вісник аграрної науки. – 2000. – № 6. – С. 55-60.

*Надійшла до редколегії 29.03.06*