

**ОСОБЕННОСТИ СЛОЖЕНИЯ АЛЬГОБАКТЕРИАЛЬНЫХ ЦЕНОЗОВ
СЕЛИТЕБНЫХ ТЕРРИТОРИЙ г. КРАСНОЯРСКА**

В статье представлены результаты исследований по разнообразию альгофлоры и микроорганизмов-гетеротрофов в почвах селитебных территорий г. Красноярска. Сделаны выводы о значительном изменении качественного состава микрофлоры, которое ведет к образованию специфических комплексов почвенных микроорганизмов.

Ключевые слова: альгофлора, гетеротрофная микрофлора, разнообразие, селитебные территории, рекреационная нагрузка, Красноярск.

S.M. Trukhnitskaya

**PECULIARITIES OF THE ALGOBACTERIAL CENOSIS STRUCTURE
ON THE KRASNOYARSK CITY RESIDENTIAL AREAS**

The research results on variety of algaeflora and microorganisms- heterotrophs in the soils of the Krasnoyarsk city residential areas are given in the articles. The conclusions on considerable change in microflora qualitative structure which leads to formation of the soil microorganism specific complexes are drawn.

Key words: algaeflora, heterotrophic microflora, variety, residential areas, recreational loading, Krasnoyarsk.

Почва представляет собой огромный резервуар, в котором встречаются практически все компоненты микробного пула планеты. Микроорганизмы принимают участие в образовании и эволюции почвы, обуславливают её плодородие как активные участники биогеохимических циклов. Значение микроорганизмов в почве так велико, что вес их может показаться совершенно ничтожным по сравнению с интенсивной активностью, которую они проявляют.

В почве существует множество микрозон и локусов, где создаются особые условия для формирования разнообразных микробных сообществ: ризосфера и микросфера, разрастания почвенных водорослей, почвенные новообразования, ходы и экскременты почвенных беспозвоночных животных и др. [3]. К микроорганизмам хорошо применимым оказался и закон географической зональности. Почвы каждой природно-климатической зоны характеризуются специфическим таксономическим составом микробных комплексов. Микробные комплексы включают представителей авто- и гетеротрофной микрофлоры. Почвенные микроорганизмы-гетеротрофы наряду с водорослями активно участвуют в жизнедеятельности биогеоценоза, поэтому взаимоотношения, складывающиеся между этими группами, требуют внимательного изучения.

При взаимодействии водорослей и бактерий наблюдаются преимущественно явления ассоциации, т.е. водоросли служат центрами интенсивного развития гетеротрофных микроорганизмов. Поверхности талломов и отдельных клеток водорослей представляют собой идеальную экологическую нишу для многих микроорганизмов, находящихся здесь «стол и дом». Примером альгобактериальных ассоциаций могут служить талломы цианобактерий (синезеленых водорослей), в слизистых чехлах которых обитает огромное количество микроорганизмов, использующие вещества слизи, прижизненные выделения и отмирающие клетки этих организмов. Что касается грибов, то и здесь имеются многочисленные примеры сосуществования их с водорослями.

Гетеротрофные микроорганизмы по отношению к водорослям являются в основном симбионтами или сапротрофами и редко выступают в качестве биотрофов. Вместе с тем во взаимоотношениях водорослей с микроорганизмами проявляются различные связи через выделяемые клетками биологически активные вещества, обуславливающие в одних случаях стимуляцию, а в других ингибирование [7].

Выяснено, что микробные сообщества, как и почвенные водоросли, обладают высокой чувствительностью к антропогенному вмешательству [10]. Живые организмы и их метаболиты позволяют проводить раннюю диагностику любых негативных и позитивных изменений окружающей среды. Они могут служить при изучении динамики проявления тех или иных свойств почвы, что особенно важно при прогнозировании изменений окружающей среды под воздействием природных и антропогенных факторов [2,8].

Совершенно особыми, мало изученными биологическими системами, отличными по ряду свойств от природных, являются городские экосистемы (урбозекосистемы), площадь которых постоянно увеличивается [6]. Почвы городских экосистем характеризуются высокой мозаичностью и неравномерностью профиля, значительным уплотнением, щелочной реакцией среды, загрязнением различными токсичными веществами, а их микробиологические свойства до сих пор изучались преимущественно с точки зрения наличия в них санитарно-показательных микроорганизмов.

В данной работе рассмотрены структура и особенности формирования альгомикробных комплексов почв.

Для сбора опытного материала были выбраны два района города Красноярска, отличающиеся друг от друга по степени техногенной нагрузки:

- Ветлужанка, рекреационная зона, прилегающая к жилому микрорайону.
- Правобережье, территория жилого массива, прилегающая к ГП “Красмашзавод”.

В качестве объектов исследования служила почвенная микрофлора (автотрофная и гетеротрофная): темно-серых лесных почв и чернозема выщелоченного на мезофильном и суходольном лугу в микрорайоне Ветлужанка;

городских почв селитебных территорий в зоне жилой застройки правобережья г. Красноярска, подверженных антропогенному воздействию.

Для выяснения влияния различных видов воздействия на почвенные водоросли был применен принцип сравнения группировок водорослей фоновых почв (антропогенного экологического стандарта) и почв, подвергавшихся азротехногенному загрязнению.

Водорослевые группировки почв сравнивали по видовому разнообразию, систематической структуре и составу экобиоморф.

Активность микробного ценоза характеризовали по общему числу микроорганизмов на агаризованных средах, неспорообразующие бактерии выявляли на МПА, микроскопические грибы на среде Чапека [1].

В изученных фоновых сообществах отмечено наличие представителей 4 отделов водорослей. Причем высокая встречаемость желтозеленых водорослей явно свидетельствует об экологическом благополучии почвенного покрова данной рекреационной зоны.

При сравнении альгофлоры участков, находящихся на расстоянии 50, 300, 500 м от источника промышленного загрязнения, были отмечены изменения в систематической структуре сообществ почвенных водорослей. В целом во всех ценозах селитебных территорий произошло уменьшение видового разнообразия, однако по мере увеличения расстояния от источника загрязнения число обнаруженных видов водорослей увеличилось от 13 до 25 (табл. 1).

Таблица 1

Систематическая структура альгосинузий изученных участков

Название участка	Почва	Отделы водорослей				Общее число видов
		Суанophy-cophyta, %	Chloro-phyta, %	Xanto-phyta, %	Bacillariaphyta, %	
Мезофильный луг (контроль)	Темно-серая лесная	10 (14,9)	30 (44,7)	20 (29,8)	7 (14,0)	67
Суходольный луг	Чернозем выщелоченный	15 (45,4)	13 (35,1)	6 (16,2)	3 (8,1)	37
<i>Участки селитебных территорий, подверженные антропогенной нагрузке</i>						
Сильное воздействие	Урба-нозем	–	11 (84,6)	–	2 (15,4)	13
Среднее воздействие	Урбанозем	5 (27,7)	9 (50)	2 (11,1)	2 (11,1)	18
Слабое воздействие	Урбанозем	5 (20,0)	18 (72,0)	1 (4,0)	1 (4,0)	25

Сопоставление полученных данных о видовом разнообразии позволило прийти к выводу, что ведущими семействами являются Chlorococcaceae, Chlamydomonadaceae, Oscillatoriaceae, на долю которых приходится 50% видов. Уровень видового богатства в роде выше среднего (2,5) имели 4 рода. Среди Cyanophycophyta это единственный род Phormidium (3). Для Chlorophyta индекс видового разнообразия был превышен для родов Chlamydomonas (5), Chlorococcum (3), Tetracystis (3). Исчезновение желтозеленых водорослей в селитебной зоне является индикатором загрязнения почвы, так как выяснено, что они первыми “выпадают” из водорослевых группировок при любом из видов антропогенного воздействия на почву. А.С. Яковлев [10] приводит данные по урбаноземам г. Москвы, где также отмечено “выпадение” желтозеленых водорослей. Поэтому А.С. Яковлев предлагает использовать индекс встречаемости желтозеленых как индикатор антропогенного воздействия.

В целом во всех изученных сообществах господствуют представители отдела Chlorophyta. Данные наблюдения совпадают со сведениями других авторов. Так, Ж.Ф. Пивоварова, Н.И. Змеечеровская [4] для луговых экосистем Новосибирской области и С.М. Трухницкая [5,11] для почв естественных мезофильных лугов Красноярского края отмечают сходное сложение альгосинузий.

Для альгофлоры травяных ассоциаций, используемых как реакционные угодья [6], и почв селитебных территорий часть видов (29) обнаружена впервые для г. Красноярска. Общими для сравниваемых территорий являются 32 вида.

Изучение флористического состава альгофлоры исследованных участков позволило сгруппировать почвенные водоросли и составить для каждого из ценозов экологическую формулу [9]. Данные, полученные при анализе экобиоморф, сгруппированы в табл. 2.

Таблица 2

Формулы экологических спектров изученных территорий

Название участка	Формулы экологических спектров
Мезофильный луг (контроль)	$Ch_{16} X_{15} H_9 P_7 B_7 hydr_3 amph_2 Ph_2 PF_1 CF_1 M_1$
Суходольный луг	$Ch_9 P_7 X_6 C_3 B_3 Ph_3 H_2 CF_2 M_1$
<i>Участки селитебных территорий, подверженные антропогенной нагрузке</i>	
Сильное воздействие	$Ch_9 X_2 B_2$
Среднее воздействие	$Ch_4 H_3 C_3 P_3 X_2 B_2 CF_1$
Слабое воздействие	$Ch_{10} C_5 P_3 X_3 H_1 amph_1 B_1 M_1$

Характер распределения экобиоморф по участкам луга соответствует условиям их увлажнения. Оказалось, что водоросли четко реагируют на изменение уровня гидроморфизма почв. Характер распределения водорослей селитебных территорий меняется в соответствии со степенью антропогенной нагрузки. Как оказалось, аэротехногенное загрязнение почв приводит к формированию специфических водорослевых сообществ. Нами отмечены следующие черты, характеризующие альгоцианобактериальные ценозы селитебных территорий:

- полное выпадение видов-азотфиксаторов (PF, CF-формы), гидрофильных видов (hydr, amph-формы);
- снижение количества зеленых и желтозеленых нитчаток;
- слабая представленность диатомей на всех изученных участках.

.При изучении качественного состава гетеротрофной микрофлоры сравниваемых территорий было выявлено, что в комплексе почвенных микроорганизмов фоновых участков лугов представлены неспорообразующие бактерии (преимущественно из р. Xanthomonas), актиномицеты, спорообразующие бактерии (бациллы, представленные главным образом Bac. micoides, и микроскопические грибы (р. Fusarium, Penicillium). Данные травяные экосистемы характеризуются доминированием неспорообразующих бактерий и актиномице-

тов, которые в совокупности на мезофильном лугу составляют 70,1%, а на суходольном – 73,4 %. В урбано-земах городских территорий на участках с разной степенью антропогенной нагрузки происходит значительное изменение качественного состава микрофлоры.

Данные по гетеротрофной микрофлоре изученных участков приведены в табл. 3-4

В целом проведенные исследования показали, что наиболее устойчивыми к загрязнению оказались грибы р. *Penicillium* и *Fusarium*, поэтому не исключена возможность использования этих грибов в качестве индикаторов. Следует учесть и тот факт, что грибы р. *Fusarium* являются возбудителями заболеваний высших растений, и их наличие свидетельствует о неблагополучии фитосанитарного состояния почв изучаемой территории. Математическая обработка результатов микробиологического обследования территорий показала корреляцию между распределением таких групп микроорганизмов, как *Xanthomonas*, *Bacillus* и *Pseudomonas*, с достоверностью 0,999 для среды МПА.

Для среды Чапека достоверными оказались данные по корреляции распределения микроскопических грибов р. *Mucor* и *Aspergillus*, коэффициент корреляции в данном случае равен 0,980.

Таблица 3

Встречаемость колоний микроорганизмов на среде МПА (органический азот)

Название участка	Почва	Неспорообразующие бактерии			Спорообразующие бактерии	Микроскопические грибы	<i>Actinomyces</i> , %	Общее число микроорганизмов
		<i>Xanthomonas</i> , %	<i>Corineformes</i> , %	<i>Pseudomonas</i> , %	<i>Bacillus</i> , %	<i>Penicillium</i> , %		
Мезофильный луг (контроль)	Темно-серая лесная	40,2	5,4	28,6	20,5	–	5,4	112
Суходольный луг	Чернозем выщелоченный	26	22	–	20	–	32	50
<i>Участки селитебных территорий, подверженные антропогенной нагрузке</i>								
Сильное воздействие	Урбанозем	17,2	24,1	13,8	–	41,1	3,4	29
Среднее воздействие	Урбанозем	–	72,7	–	9,1	–	18,2	11
Слабое воздействие	Урбанозем	–	20	26,7	–	–	53,3	30

Таким образом, между данными микроорганизмами обнаружена четкая взаимосвязь. Причиной этого могут быть: сходные требования к экологическим факторам и близкий уровень чувствительности к промышленному загрязнению.

При проведении дисперсионного анализа отмечена высокая достоверность различия между сравниваемыми участками по встречаемости обнаруженных групп микроорганизмов.

На основании полученных данных по качественному составу авто- и гетеротрофной микрофлоры можно сделать следующее заключение.

Альгофлора травяных ассоциаций рекреаций характеризуется значительным видовым разнообразием почвенных водорослей из всех четырех отделов при господствующем положении *Chlorophyta* и *Xanthophyta*. Формирование селитебных зон приводит к снижению видового разнообразия альгосинузид и образованию специфических альгобактериальных сообществ. Водоросли по-разному реагируют на антропогенное вмешательство. Наиболее чувствительными являются представители желтозеленых.

Встречаемость колоний микроорганизмов на среде Чапека (нитратный азот)

Название участка	Почва	Микроскопические грибы				Спорообразующие бактерии	Неспорообразующие бактерии	<i>Actinomycetes</i> , %	Общее число микроорганизмов
		<i>Fusarium</i> , %	<i>Mucor</i> , %	<i>Aspergillus</i> , %	<i>Penicillium</i> , %	Corineformes, %	Bacillus %		
Мезофильный луг (контроль)	Темно-серая лесная	6,5	–	–	4,8	27,4	–	61,3	62
Суходольный луг	Чернозем выщелоченный	–	27,8	5,6	11,1	55,6	–	–	18
<i>Участки селитебных территорий, подверженные антропогенной нагрузке</i>									
Сильное воздействие	Урбанозем	40	6,7	–	–	–	–	53,3	15
Среднее воздействие	Урбанозем	–	–	–	–	–	23,1	76,9	13
Слабое воздействие	Урбанозем	50	–	–	50	–	–	–	6

Гетеротрофная микрофлора травяных экосистем на темно-серых лесных почвах и черноземе выщелоченном характеризуется преобладанием неспорообразующих бактерий и актиномицетов. В микрогруппировках селитебных территорий реакция на антропогенное воздействие проявляется по-разному: наиболее чувствительными являются неспорообразующие и спорообразующие бактерии, устойчивость к загрязнению проявляют грибы р. *Penicillium* и *Fusarium*, доминантами при средней и сильной степени загрязнения становятся актиномицеты.

Таким образом, происходит значительное изменение качественного состава микрофлоры, что ведет к образованию специфических комплексов почвенных микроорганизмов. Отличительной чертой альгомикробных ценозов селитебных территорий является образование устойчивых комплексов при резком снижении видового разнообразия микрофлоры.

Литература

1. Артамонова В.С. Развитие водорослевых сообществ в почвах при антропогенном воздействии // Микробиоценозы почв при антропогенном воздействии: сб. ст. – Новосибирск: Наука, 1985. – С. 111–123.
2. Звягинцев Д.Г. Почва и микроорганизмы. – М: Изд-во МГУ, 1987. – 256 с.
3. Кабиров Р.Р., Сагитова А.Р., Суханова Н.В. Разработка и использование многокомпонентной тест-системы для оценки токсичности почвенного покрова городской территории // Экология. – 1997. – №6. – С. 408–411.
4. Пивоварова Ж.Ф., Змеечеровская Н.И. Почвенные водоросли луговых фитоценозов // Структура и функционирование луговых и степных фитоценозов: сб.ст. – Новосибирск: Наука, 1987. – С. 15–28.
5. Трухницкая С.М. Эколого-ценотическая роль почвенных водорослей естественных и антропогенно трансформируемых луговых экосистем. автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Красноярск, 1997. – 16 с.
6. Трухницкая С.М., Чижевская М.В. Альгофлора рекреационных территорий Красноярской урбоэкосистемы. – Красноярск, 2008. – 139 с.
7. Штина Э.А. Почвенные водоросли как компоненты биогеоценоза // Почвенные организмы как компонент биогеоценоза: сб. ст. – М.: Наука, 1984. – С. 53–58.

8. *Штина Э.А., Зенова Г.М., Манучарова Н.А.* Альгологический мониторинг почв // Почвоведение. – 1998. – № 12. – С. 1449–1461.
9. *Штина Э.А., Голлербах М.М.* Экология почвенных водорослей. – М.: Наука, 1976. – 144 с.
10. *Яковлев А.С.* Биологическая диагностика и мониторинг состояния почв // Почвоведение. – 2002. – №1. – С.70–79.
11. *Trukhnitskaya S.M. (Трухницкая С.М.)* Formation and development of algal flora as an indicator of edaphon condition // Global and regional ecological problems. The programme "East-East". – Krasnoyarsk, 1994. – P.84–91.

