

Особенности альгогруппировок степных биогеоценозов постпирогенного развития биосферного заповедника “Аскания-Нова”

В. В. ЩЕРБИНА, И. А. МАЛЬЦЕВА, А. Н. СОЛОНЕНКО

*Мелитопольский государственный педагогический университет им. Б. Хмельницкого
72312, Мелитополь, ул. Ленина, 20
E-mail: maltseva_irina@ukr.net*

Статья поступила 12.04.2013

АННОТАЦИЯ

Изучены особенности состава группировок почвенных водорослей степных биогеоценозов с разной продолжительностью постпирогенного развития после однократного и двойного влияния огня в пределах естественного ядра биосферного заповедника “Аскания-Нова”. Установлено, что пирогенный фактор имеет существенное влияние на формирование альгогруппировок степей, проявляя их способность быстро и максимально использовать измененные условия среды. В постпирогенных альгогруппировках изменяется количество видов, соотношение основных отделов, состав доминантного комплекса и спектр жизненных форм. В степных биогеоценозах, которые дважды испытывали пирогенное воздействие, наблюдается увеличение общего количества видов водорослей, особенно за счет светолюбивых Cyanophyta. Среди доминантных видов исследованных биогеоценозов отмечены представители с различной устойчивостью к пирогенному фактору. Наиболее насыщенные по видовому составу группировки водорослей во всех исследованных биогеоценозах формируются летом и осенью. Летом довольно разнообразны виды Cyanophyta, Chlorophyta, Bacillariophyta. Весной в группировках увеличивается часть Cyanophyta, осенью – Eustigmatophyta и Xanthophyta. Больше всего видов водорослей зафиксировано в поверхностной пятисантиметровой толще почвы. Глубже (до 15 см) резко уменьшается количество видов отдела Cyanophyta, в отличие от представителей других отделов и, особенно, Bacillariophyta.

Ключевые слова: почвенные водоросли, альгогруппировка, доминантный комплекс, жизненная форма, степные биогеоценозы, степные пожары.

Степные пожары – довольно распространенное явление, связанное с действием природных и антропогенных факторов. Возникновение и распространение пожара в степи приводит к изменениям всех составляющих биогеоценоза. Их восстановление происходит путем последовательных дигрессивно-демутационных изменений, изучению которых отводится значительное внимание [Коломієць, Бурда, 2007; Лысенко, 2008; Ткаченко и др., 2010; Гавриленко, 2011; и др.].

С. В. Гавриленко [2011], анализируя очаги и площадь пожаров на территории Биосферного заповедника “Аскания-Нова”, которые произошли на протяжении последних 20 лет, подчеркивает их значительное распространение. Особенности пирогенных изменений и демутационных процессов обусловлены как спецификой компонентов степных биогеоценозов, так и масштабами, интенсивностью, временем возникновения пожаров и др. [Коломієць, Бурда, 2007; Гавриленко, 2011; и др.]. Вследствие

влияния пирогенного фактора в темно-каштановых почвах заповедника отмечено слабое подкисление, изменение содержания гумуса [Моргун, Ушачова, 2008; Моргун, 2010; Орлова и др., 2010]. Как отмечают Е. Н. Моргун и Т. И. Ушачова [2008], во время пожара происходит ряд последовательных разрушительных процессов гумуса, которые ведут сначала к “псевдонакоплению” углерода, а потом к медленному возвращению в исходное состояние. В. С. Ткаченко и В. В. Шаповал [2010], анализируя процессы восстановления растительности на постпирогенных территориях биосферного заповедника “Аскания-Нова”, указывают на их тесную связь с микрорельефом, в частности, с явлениями галогидрогенеза и условиями влагообеспечения. При этом ослабление пирогенного пресса приводит к активизации мезофитной составляющей и, наоборот, усиление внешних влияний отображается на пространственном преобладании более ксерофитных фитоценозов зонального типа.

Почвенные водоросли являются неотъемлемой составляющей почвенных биоценозов (эдафона) степных экосистем, характеризуются высокой скоростью размножения и возобновления биомассы, активно заселяют нарушенные участки, способствуя их восстановлению [Голлербах, Штина, 1969]. Однако исследования почвенных водорослей постпирогенных биотопов только начаты и касаются преимущественно лесных экосистем, рекреационных зон [Сугачкова, 2000; Чумачева, 2001а, б, 2003; Бачура, Храмченкова, 2008].

Цель работы – изучение состава группировок почвенных водорослей степных биоценозов с разной продолжительностью постпирогенного развития после однократного и двойного влияния пожаров.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследование почвенных водорослей постпирогенных территорий осуществляли в пределах природного ядра биосферного заповедника “Аскания-Нова” на пробных площадях, заложенных в биоценозах, которые за последние 20 лет горели: однократно – в 2001 г. (ПП 2), 2005 г. (ПП 3); дважды

– в 2001 и 2004 гг. (ПП 4). Контролем выбрали биогеоценоз целинной типчаково-ковыльной степи, который находится вне границ прохождения пожаров за последние 20 лет (ПП 1). На всех пробных площадях отбирались образцы почвы из наиболее населенных водорослями поверхностных слоев: 0–5, 5–10 и 10–15 см. Видовой состав водорослей устанавливали на основе почвенных культур со стеклами обрастания и агаровых на среде Болда (3 N ВВМ); систематическую структуру – за системой И. Ю. Костикова с соавторами [2001], экологическую – по классификации Э. А. Штины и М. М. Голлербах [1976]. На основе почвенных культур, которые считаются наиболее приближенными к естественным условиям [Штина, Голлербах, 1976], с помощью семибалльной шкалы обилия выделяли доминанты. К доминирующим относили виды, которые имели высокие показатели обилия, оцененные в 7 и 6 баллов, к субдоминантам – в 5 и 4 балла. При анализе полученных данных применялись принципы и методы исследования ценогической организации водорослей [Голлербах, Штина, 1969].

Содержимое гумуса устанавливали по методике И. В. Тюрина, рН водной вытяжки из почвы – потенциометрическим методом, сухой остаток – выпариванием [Агрохимические..., 1965].

Исследованные биогеоценозы отличались составом, проективным покрытием, высотой высшей растительности и характеристиками почв (табл. 1, 2).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Установлено, что существенное влияние на структуру альгогруппировок оказывает отдаленность во времени действия пирогенного фактора и его повторяемость. По сравнению с контрольным биогеоценозом, в постпирогенных сообществах водорослей изменяется количество видов, соотношение основных отделов, состав доминантного комплекса и спектр жизненных форм (табл. 3, 4).

Изменения физико-химических свойств почвы и эдификаторного яруса из высшей растительности вследствие пирогенного фактора активизирует альгофлору. Для

Характеристика пробных площадей исследованных биогеоценозов по годам и сезонам

Показатель	2010 г.			2011 г.			Среднее значение, $M \pm m$	Критерий Стьюдента, t
	весна	лето	осень	весна	лето	осень		
ПП 1, контроль								
Типчаково-ковыльная ассоциация								
Проективное покрытие, %	99	100	96	97	100	100	$98,7 \pm 1,6$	82,1
Высота растительного покрова, см	50,6	55,9	80,3	70,2	50,0	50,6	$59,4 \pm 11,6$	5,1
ПП 2, пожар 2001 г.								
Ковыльно-типчаковая ассоциация								
Проективное покрытие, %	80,3	82,4	80,2	90,2	92,8	85,0	$85,2 \pm 4,8$	17,8
Высота растительного покрова, см	51,2	55,6	58,5	50,2	51,3	49,1	$52,7 \pm 3,3$	16,0
ПП 3, пожар 2005 г.								
Типчаково-ковыльная ассоциация								
Проективное покрытие, %	75,3	80,0	82,7	80,2	80,4	80,7	$79,9 \pm 2,2$	36,3
Высота растительного покрова, см	35,9	50,6	58,2	38,3	45,7	56,9	$47,6 \pm 8,5$	5,6
ПП 4, пожары 2001 и 2004 гг.								
Типчаково-полынная ассоциация								
Проективное покрытие, %	60,2	76,6	79,2	60,2	80,3	75,9	$72,1 \pm 8,5$	8,5
Высота растительного покрова, см	30,3	55,8	57,1	20,5	45,5	42,1	$41,9 \pm 13,1$	3,2

П р и м е ч а н и е. $t_{\text{табл}} = 2,4460$ на 95%-м доверительном уровне для $v = 6$.

альгогруппировок биогеоценоза, который трансформировался под влиянием пожаров дважды в 2001 и 2004 гг., по сравнению с контролем отмечено увеличение общего количества видов (см. табл. 3). На такую реакцию водорослевых сообществ постпирогенных биогеоценозов обращали внимание и при исследовании лесных пожаров и контролируемых палов, которые моделировали последствия рекреационного использования лесных массивов [Пивоварова, Чумачева, 2001; Бачура, Храмченкова, 2008; Чумачева, 2009].

При увеличении проективного покрытия высших растений и толщины слоя мертвого опада общее видовое богатство альгогруппировок уменьшается (коэффициент корреля-

ции $-0,563$ и $-0,548$ соответственно). Особенно чувствительными к увеличению густоты травостоя и накоплению значительной массы растительных остатков оказались *Cyanophyta* (коэффициент корреляции $-0,855$ и $-0,871$), особенно виды Р-формы, которые отдают предпочтение открытым участкам почвы (коэффициент корреляции $-0,868$ и $-0,920$). В почве участка, где пожар наблюдался дважды за короткий отрезок времени (ПП 4), представители этой жизненной формы были наиболее разнообразны (см. табл. 4).

Богатые по видовому составу альгогруппировки в биогеоценозах постпирогенного развития и контрольном участке формировались летом и осенью. Летом достаточно разнообразны виды *Cyanophyta*, *Chlorophyta*,

Т а б л и ц а 2

Характеристика почв пробных площадей исследуемых биогеоценозов

Глубина отбора образцов, см	Содержание гумуса, %	pH _{водн}	Сумма солей (сухой остаток), %
ПП 1, контроль			
0-5	5,34	7,15	0,02
5-10	5,26	7,06	0,03
10-15	5,22	6,89	0,03
ПП 2, пожар 2001 г.			
0-5	5,16	6,80	0,04
5-10	5,11	6,71	0,03
10-15	5,79	7,81	0,07
ПП 3, пожар 2005 г.			
0-5	6,32	8,30	0,02
5-10	6,28	7,96	0,02
10-15	6,21	7,89	0,01
ПП 4, пожары 2001 г. и 2004 г.			
0-5	5,69	7,64	0,05
5-10	5,58	7,59	0,03
10-15	5,48	7,5	0,08

Т а б л и ц а 3

Систематическая структура альгогруппировок исследованных биогеоценозов, ед., %

Отдел	ПП 1	ПП 2	ПП 3	ПП 4
Cyanophyta	6 (18,2)	8 (25,0)	11 (36,7)	22 (48,9)
Eustigmatophyta	1 (3,0)	2 (6,2)	–	–
Xanthophyta	7 (21,2)	3 (9,4)	4 (13,3)	6 (13,3)
Bacillariophyta	4 (12,1)	5 (15,6)	4 (13,3)	4 (8,9)
Chlorophyta	15 (45,5)	14 (43,8)	11 (36,7)	13 (28,9)
Всего	33 (100)	32 (100)	30 (100)	45 (100)
Соотношение количества видов Cyanophyta к Chlorophyta	0,4	0,57	1	1,69

Т а б л и ц а 4

Экологическая структура альгогруппировок исследованных биогеоценозов по жизненным формам, ед., %

ПП	Жизненная форма								
	B	C	CF	Ch	H	M	P	X	amph
1	4 (12)	–	1 (3)	10 (30)	4 (12)	1 (3)	4 (12)	6 (18)	3 (9)
2	5 (16)	–	2 (6)	10 (31)	2 (6)	1 (3)	5 (15)	7 (21)	–
3	4 (13)	–	1 (3)	5 (17)	2 (7)	–	10 (33)	8 (27)	–
4	4 (9)	2 (4)	2 (4)	9 (20)	1 (2)	1 (2)	18 (40)	8 (18)	–

Bacillariophyta, весной увеличивается участие Cyanophyta, а осенью – Eustigmatophyta и Xanthophyta в сообществе.

Во всех исследованных биогеоценозах больше всего видов водорослей зафиксировано в поверхностном пятисантиметровом слое почвы. От поверхности почвы и до глубины 15 см резко уменьшается количество видов отдела Cyanophyta, в отличие от представителей других отделов и, особенно, Bacillariophyta.

В степных биогеоценозах разной продолжительности постпирогенного восстановления установлено изменение долевого участия водорослей отделов Cyanophyta и Chlorophyta в формировании группировок водорослей (см. табл. 3). Соотношение количества видов синезеленых водорослей к зеленым изменяется от 0,40 в контроле до 1,69 в биогеоценозе, который дважды подвергался влиянию пожаров за последние 10 лет. Выжигание степной растительности и мертвого опада с последующим формированием разреженного травостоя создает благоприятные условия для развития светлюбивых видов водорослей, большинство из которых принадлежит к Cyanophyta.

Таким образом, показатель соотношения количества видов синезеленых водорослей к зеленым можно рассматривать как индикационный признак пирогенной трансформации степных биогеоценозов, связанный с удаленностью влияния пожара и его повторяемостью.

По доминантной структуре альгогруппировки исследованных биогеоценозов являются полидоминантными, и сформированы разными видами. Для биогеоценозов постпирогенного развития характерно доминирование диатомовых, синезеленых, в том числе азотофиксирующих, и зеленых водорослей: *Chlorella vulgaris* Beijerinck, *Bracteacoccus minor* (Chodat) Petrova, *Klebsormidium dissectum* (Gay) Ettl et Gärtner, *Hantzschia amphioxys* (Ehrenberg) Grunow in Celeve et Grunow, *Pinnularia borealis* Ehrenberg, *Leptolyngbya laminosa* (Gomot ex Gomot) Anagnostidis et Komarek., *Phormidium autumnale* (Agardh) Gomont, *Ph. retzii* (Agardh) Gomont., *Ph. inundatum* Kützing, *Ph. mucicola* Huber-Pestalozzi et Naumann, *Ph. corium* (Agardh) Gomont., *Ph. te-*

rebriformis (Agardh ex Gomont) Anagnostidis et Komarek., *Ph. dimorphum* Lemmermann, *Nostoc linckia* (Roth) Bornet et Flahault, *Calothrix elenkinii* Kossinskaya. Комплекс доминантов контрольного степного биогеоценоза формировали: *Phormidium autumnale*, *Hantzschia amphioxys*, *Pinnularia borealis*, *Luticola mutica* Kützing Mann in Round et al., *Leptosira terricola* (Bristol) Printz и *Chlorosarcinopsis minor* Herndon.

Изменение состава доминантного комплекса альгогруппировок отмечали также при изучении водорослей постпирогенных сукцессий лесных фитоценозов, в которых типичные для лесных участков доминанты из родов *Chlorhormidium* Fott, *Chlamydomonas* Ehrenberg, *Chlorococcum* Meneghini em. Starr частично сменялись видами родов *Phormidium* Kützing, *Nostoc* Adanson и *Hantzschia* Grunow, которые не были присущи для исходных фитоценозов и могли указывать на степень пирогенного влияния на среду [Чумачева, 2003]. Особенной чертой альгогруппировок постпирогенных биогеоценозов является включение в комплекс доминантов значительной части нитчатых безгетероцитных видов синезеленых водорослей из родов *Leptolyngbya* Anagnostidis et Komarek, *Phormidium* Kützing ex Gomont. Н. М. Чумачева, исследуя альгогруппировки гарей лесных биогеоценозов, наблюдала при умеренном влиянии пирогенного фактора активизацию представителей всех отделов, среди которых также интенсивно развивались виды безгетероцитных синезеленых водорослей [Чумачева, 2009], что, по ее мнению, обусловлено более высокой интенсивностью роста Cyanophyta по сравнению с зелеными и желтозелеными водорослями, способностью передвигаться и закрепляться в субстрате с помощью слизистых чехлов и их стойкостью к перепаду температур.

Среди видов, которые способны развиваться в субстрате при концентрации золы от 1 до 20 % и выделенные Е. В. Сугачковой [2000] в группу пиротермофильных видов, нами в комплексе доминантов отмечена *Hantzschia amphioxys*. Кроме пиротермофильных видов, альгогруппировки постпирогенных биогеоценозов, как правило, имеют значительную часть

видов, которые по Н. М. Чумачевой и Е. В. Сугачковой можно отнести к пирофитным. Это индифферентные виды (преимущественно Ch-формы), термофильные виды других жизненных форм и виды, которые ранее выделялись на пирогенных участках или на участках, которые имеют похожие экотопические признаки (вулканические выбросы, золоотвалы и т.п.). К группе пирофитных видов могут быть отнесены доминанты постпирогенных группировок *Chlorella vulgaris*, *Luticola mutica* и *Nostoc linckia*, ранее отмеченные для участков испытавших на себе влияние пожаров [Сугачкова, 2000; Чумачева, 2001б]. В целом среди доминантных видов исследуемых биогеоценозов отмечены представители с различной устойчивостью к пирогенному фактору.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Пирогенный фактор имеет существенное влияние на формирование альгогруппировок степей, изменяя их состав и проявляя их способность быстро и максимально использовать измененные условия среды. В постпирогенных группировках изменяются количество видов водорослей, соотношение основных отделов, состав доминантного комплекса и спектр жизненных форм. Для степных биогеоценозов, где пожар отмечен дважды за короткий промежуток времени, характерно увеличение общего количества видов водорослей. Выжигание степной растительности и мертвого опада с последующим формированием разреженного травостоя создает благоприятные условия для развития светолюбивых видов водорослей, большинство из которых принадлежит к Cyanophyta. Соотношение количества видов синезеленых водорослей к зеленым можно рассматривать как индикационный признак пирогенной трансформации степных биогеоценозов, связанный с отдаленностью влияния пожара и его вторичностью.

ЛИТЕРАТУРА

- Агрохимические методы исследования почв / под ред. А. В. Соколова, Д. Л. Аскинази. М.: Наука, 1965. 436 с.
- Бачура Ю. М., Храмченкова О. М. Особенности восстановления альгогруппировок почв на кострищах // Фундаментальные и прикладные проблемы ботаники в начале XXI века. Альгология. Микология. Лишениология. Биология: мат-лы Всерос. конф. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2008. Ч. 2. С. 13–15.
- Гавриленко В. С. Система запобігання степових пожеж, причини їх виникнення та способи гасіння в Біосферному заповіднику “Асканія-Нова” // Вісті Біосферного заповідника “Асканія-Нова”. 2011. Т. 13. С. 64–77.
- Голлербах М. М., Штина Э. А. Почвенные водоросли. Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1969. 228 с.
- Коломієць Г. В., Бурда Р. І. Постпирогенні демутації екосистем надрічкових пісків на Миколаївщині // Науковий вісник Національного аграрного університету. 2007. Вип. 117. С. 34–41.
- Костіков І. Ю., Романенко П. О., Демченко Е. М. та ін. Водорості ґрунтів України: історія та методи досліджень, система, концепт флори / під ред. С. Я. Кондратюка, Н. П. Масюк. К.: Фітосоціоцентр, 2001. 300 с.
- Лысенко Г. М. Пирогенные аспекты абиотической регуляции степных резерватных экосистем // Экология та ноосферологія. 2008. Т. 19, № 1–2. С. 143–147.
- Моргун Є. М. Особливості постпирогенної трансформації мурашників у заповідному степу “Асканія-Нова” // Вісті біосферного заповідника “Ананія-Нова”. 2010. Т. 12. С. 97–99.
- Моргун Є. М., Ушачова Т. І. Вплив пірогенного фактору на вміст гумусу в темно-каштанових ґрунтах заповідного степу Асканії-Нова // Там же. 2008. Т. 10. С. 127–130.
- Орлова Е. Е., Алексахин А. П., Моргун Е. Н., Ушачева Т. И. Биологическая активность и некоторые лабильные показатели гумусового состояния почв заповедника “Аскания-Нова” подвергшихся пожарам в разные годы // Гуминовые вещества в биосфере: тр. V Всерос. науч. конф. СПб.: Изд-во СПб ГУ, 2010. Ч. 1. С. 66–70.
- Пивоварова Ж. Ф., Чумачева Н. М. Особенности распределения почвенных водорослей на участках кострищ // Сиб. экол. журн. 2001. № 4. С. 419–422.
- Сугачкова Е. В. Влияние рекреационной нагрузки на сообщества почвенных водорослей: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Уфа, 2000. 19 с.
- Ткаченко В. С., Сіренко В. О., Подпрятков О. О. Степова пожежа та пірогенний експеримент в “Кам’яних могилах” (Донецька область) // Вісті Біосферного заповідника “Асканія-Нова”. 2010. Т. 12. С. 5–20.
- Ткаченко В. С., Шаповал В. В. Сукцесії фітосистем ділянки “Північна” Новоасканійського заповідного степу у другій половині XX і на початку XXI століття // Вісті Біосферного заповідника “Асканія-Нова”. 2010. Т. 12. С. 21–32.
- Чумачева Н. М. Почвенные водоросли – индикаторы постпирогенных процессов // Водоросли: проблемы таксономии, экологии и использование в мониторинге: мат-лы II Всерос. науч.-практ. конф. Сыктывкар: Ин-т биологии Коми НЦ УрО РАН, 2009. С. 321–324.

Чумачева Н. М. Развитие альгогруппировок в постпирогенных участках кострищ // Исследования молодых ботаников Сибири: тез. докл. молодежн. конф. Новосибирск: Изд. НГПУ, 2001а. С. 94–95.

Чумачева Н. М. Стратегия восстановления альгогруппировок после низового пожара // Сиб. экол. журн. 2001б. № 4. С. 449–454.

Чумачева Н. М. Сукцессии почвенных водорослей постпирогенных биотопов лесных фитоценозов: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Новосибирск, 2003. 16 с.

Штина Э. А., Голлербах. М. М. Экология почвенных водорослей. М.: Наука, 1976. 143 с.

Peculiarities of Algae Groupings of Post-Pyrogenic Steppe Biocenoses in “Askania Nova” Biospheric National Park

V. V. SCHERBINA, I. A. MALTSEVA, A. N. SOLONENKO

*B. Khmelnytsky Melitopol State Pedagogical University
72312, Ukraine, Melitopol, Lenin str., 20
E-mail: maltseva_irina@ukr.net*

The paper deals with the peculiarities of steppe biocenoses soil algae grouping makeup with various post-pyrogenic development periods after one- and two-fold fire effect on the territory of “Askania Nova” Biospheric National Park natural core set. It was determined that pyrogenic factor had essential impact on steppe algo-groups formation stimulating their ability to quickly adapt to changing environmental conditions. Number of species, major segments relationship, dominant complex compound as well as life-form spectrum were different in post-pyrogenic algo-groups. In steppe biocenoses, that had been twice exposed to pyrogenic effect, the increasing of total amount of algae species, especially heliophilous Cyanophyta, was observed. Among the dominant species of the studied biocenoses, specimens with various degrees of resistance to pyrogenic factor were noted. The most saturated ones in all researched biocenoses were formed in summer and spring on the basis of apparent algae community structure. In summer the most variable species were Cyanophyta, Chlorophyta, Baccilariophyta. In spring the amount of Cyanophyta increased in communities, while in autumn these were Eustigmatophyta and Xanthophyta varieties. The largest amount of algae varieties was registered on the surface of 5-cm soil layer. At the deeper layer (up to 15 cm) the amount of species of Cyanophyta variety decreased dramatically in contrast to other species, especially Baccilariophyta.

Key words: soil algae, algo-groups, dominant complex, life-form, steppe biocenoses, steppe fires.