

Л.Н. Анищенко

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЛЬГОФЛОРЫ В ИМПАКТНОМ МОНИТОРИНГЕ ПОЧВ ХИМИЧЕСКИ ОПАСНОГО ТЕХНОГЕННОГО ОБЪЕКТА (НА ПРИМЕРЕ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ, РФ)

альгофлора, почва, почвенная альгоиндикация, химически опасные техногенные объекты, РФ

Введение

Химически опасные техногенные объекты требуют организации действенной и надёжной системы экомониторинга, включающего несколько взаимосвязанных блоков, в том числе и биомониторинг. В обобщенных работах по созданию экологического контроля и организации аналитических изысканий подчеркивается необходимость ведения биологических наблюдений и использования количественных методик оценки и выявления индикаторов [1, 2]. Поиск информативных биосистем для диагностики состояния сред обитания в районе химически опасных техногенных объектов – актуальная задача при организации экомониторинга, так как индикаторная значимость биологических объектов географически различается, разнообразие индикаторов и показательные признаки, их чувствительность требуют масштабных исследований. Биологическая диагностика состояния почвенной среды – актуальная задача, к реализации которой приступили в импактном мониторинге на объекте по утилизации химического оружия (ОУХО) в Почепском районе Брянской области с использованием почвенных водорослей в разделе «Наблюдения за растительным и животным миром».

Цель и задачи исследований

Первые для староосвоенного региона – Брянской области – исследования почвенной альгоиндикации осуществлялись в направлении поиска региональных индикаторов, выявления полного видового состава почвенной флоры на реперных точках, сочетания качественных и количественных методик альгоиндикации. В связи с вышеизложенным, основная цель работы – выявить надёжные альгоиндикационные показатели для почв объекта по утилизации химического оружия (объект 1204, Почепский район, Брянская область) в импактном мониторинге. В ходе реализации цели решались следующие задачи: отбор почвенных проб на реперных точках различных функциональных зон ОУХО; определение состава альгофлоры деятельностного слоя почв (на глубине 0–5 см), численности видов и жизненных форм; расчёт коэффициентов эколого-ценотической значимости для видов и диагностика доминантных и субдоминантных видов, а также фоновых; установление альготестов различных нарушений почвы.

Объекты и методики исследований

Альгоиндикационные исследования проводились на ОУХО с 2009 года по настоящее время: с 2011 г. на объекте началась утилизация реакционных масс, в 2016 г. планируется завершение цикла. Блок биомониторинговых работ включал подготовительный этап для установления видового состава почвенных водорослей пробных площадок (ПП) в реперных точках санитарно-защитной зоны (ССЗ) и зоны защитных мероприятий (ЗЗМ). Объект исследования – альгофлора почв, предмет – взаимосвязь видового состава альгобионтов и экологических факторов, складывающихся в почве различных ценозов на реперных точках химически опасного техногенного объекта.

При достижении цели исследования были использованы флористические, лабораторно-химические и статистические методы. Почвенную альгофлору выявляли методом чашечных

культур на стёклах обрастания, видовой состав – методом прямого учёта [3–6]. Предварительно предметные стёкла обезжиривали и очищали, погружая в раствор H₂SO₄ (конц), отмывали в 1% растворе Na₂CO₃ и дистиллированной воде, затем в спирте (промывая водой) [6]. Для определения видовой принадлежности водорослей использовали серию определителей пресноводных водорослей СССР, ключи для определения почвенных водорослей [7]. Для всех видов водорослей всех альгоценозов сукцессионных стадий обилие определяли по девятибалльной шкале, просматривая на стёклах обрастания 5 полос (трансект). Анализ экологической структуры альгогруппировок описывали на примере структуры экобиоморф (жизненных форм) почвенных водорослей. Индексы жизненных форм записывали в порядке убывания доли той или иной из них [4, 8, 9]. Рассчитывали коэффициент эколого-ценотической значимости для видов почвенных альгогруппировок [5, 10 – 12] по формуле:

$$\text{ЭЦЗ} = \text{В} \frac{\text{О}}{4500} \quad (1)$$

где В – встречаемость вида; О – обилие вида в баллах; 4500 – максимально возможное значение произведения встречаемости и обилия.

$$\text{В} = \frac{n}{N} \times 100 \quad (2)$$

где В – коэффициент комплексная количественная оценка положения вида в альгогруппировке, *n* – число образцов, где вид обнаружен, *N* – общее число исследуемых образцов

Пробы почв отбирали в биогеоценозах реперных точек ОУХО в Почепском районе: ССЗ – точки 1, 5 (первый круг, наиболее приближены к ЗЗМ), точки 19, 27, 29, 30, 33, 34 (второй круг), третьего круга точек – точки 49, 50, 68, 74, 121 (третий круг точек, наиболее удалены от ЗЗМ), а также непосредственно на территории ОУХО в ЗЗМ: точки 1–8. Кислотность почв определяли непосредственно на месте почвенным рН-метром. Почвенные пробы отбирали на ПП методом конверта до глубины 3 см, объединённую пробу сразу транспортировали в лабораторию в герметичных ёмкостях [13].

В районе объекта хранения химического оружия (ОХХО) и ОУХО, согласно почвенной карте Брянской области, преобладают дерново-подзолистые, лугово-болотные (перегнойные и иловатые), болотные низинные торфяные, аллювиальные болотные иловато-перегнойно-глеевые и аллювиальные болотные иловато-торфяные почвы. Описание участков пробоотбора дано в таблице 1.

Таблица 1. Характеристика почв в точках пробоотбора ОУХО.

РГ	Краткое описание (наименование) почвы	Кислотность почв	Тип растительного сообщества в месте пробоотбора*	Проективное покрытие травяного яруса (в %)
1	2	3	4	5
1	слабодерновая слабоподзолистая супесчаная на покровной супеси с гнездами и прослойками красно-бурой опесчаненной морены	7,2	Ассоциация <i>Aceri platanoidis-Piceetum abietis</i> Bulokhov et Solomesch 1991, вариант <i>Orthilia secunda</i>	65

1	2	3	4	5
5	слабодерновая слабоподзолистая супесчаная на двучленных отложениях легкой покровной супеси и красно- бурой суглинистой морены	7,2	Ассоциация <i>Mercurialo-Quercetum roboris</i> Bulokhov et Solomesch 2003	55
19	среднедерновая слабоподзолистая супесчаная на двучленных отложениях покровной супеси и опесчаненной красно-бурой морены	6,9	Ассоциация <i>Vaccinio myrtilli-Quercetum</i> Bulokhov et Solomeshch 2003	60
27	слабодерновая слабоподзолистая супесчаная на легкой покровной супеси с гнездами и прослойками красно-бурой опесчаненной морены	6,8	Ассоциация <i>Melico nutantis-Piceetum abietis</i> (Cajand.1921) К.- Lund 1962	60
29	слабодерновая слабоподзолистая супесчаная на легкой покровной супеси с гнездами красно-бурой опесчаненной морены	6,8	Ассоциация <i>Aceri platanoidis-Piceetum abietis</i> Bulokhov et Solomesch 1991	60
30	среднедерновая слабоподзолистая супесчаная на покровной супеси	6,8	Ассоциация <i>Dicrano- Pinetum sylvestris</i> Preising et Knapp ex Oberdorfer 1957	60
33	среднедерновая слабоподзолистая супесчаная на покровной супеси, подстилаемая переотложенным элювием глинистой опоки	6,8	ассоциации <i>Artemisio campestris-Poetum angustifoliae</i> Луговое сообщество в стадии пастбищной дигрессии	70
34	перегнойно-глеевая суглинистая на переотложенном элювии глинистой опоки	6,8	ассоциации <i>Cirsio palustris- Filipenduletum ulmariae</i>	70
49	среднедерновая слабоподзолистая супесчаная на двучленных отложениях покровной супеси и опесчаненной красно-бурой морены	7,2	Ассоциация <i>Vaccinio myrtilli-Quercetum</i> Bulokhov et Solomeshch 2003	65

1	2	3	4	5
50	среднедерновая слабоподзолистая супесчаная на двучленных отложениях покровной супеси и опесчаненной красно-бурой морены	7,2	Ассоциация <i>Vaccinio myrtilli-Quercetum</i> Bulokhov et Solomeshch 2003	60
68	торфяно-перегнойно-глеевая суглинистая на переотложенном элювии глинистой опоки	6,0	Ассоциация <i>Vaccinio uliginosi-Pinetum</i> Kleist 1929 em. Mat. 1962	65
74	среднедерновая слабоподзолистая супесчаная на легкой покровной супеси с гнездами и прослойками красно-бурой опесчаненной морены	7,2	Ассоциация <i>Aceri platanoidis-Piceetum abietis</i> Bulokhov et Solomesch 1991	70
121	темноцветная глееватая суглинистая на переотложенном элювии глинистой опоки	7,2	ассоциации <i>Sedo acris-Agrosrietum vinealis</i>	60

* Примечание. Тип растительных сообществ (и номенклатура) представлен согласно описаниям с использованием эколого-флористической классификации растительности по Ж.Браун-Бланке (1964).

Все почвы, находящиеся непосредственно в зоне объекта по утилизации химического оружия – привозные и уложенные в несколько слоев на производственной площадке – типичные урбанозёмы. ПП имели площадь покрытия травянистых растений 10–12 %, кислотность почв – 6,3.

Результаты исследований и их обсуждение

Почвенные водоросли как основной компонент почвенной микрофлоры продуцируют органическое вещество, их роль довольно значительна в местах, не занятых высшими растениями. По мнению ведущих исследователей, состав водорослей применим лишь как показатель общего загрязнения, индикационные виды неодинаково реагируют на загрязнения в различных климатических условиях [8, 12, 15]. Поэтому полученные результаты могут применяться только для конкретного физико-географического региона.

Видовой состав почвенных водорослей, использованных для альгоиндикации, составил 43 вида. Почвенные альгосинузии относительно обеднены видами, независимо от положения исследуемых участков. Различия в числе видов водорослей в различных почвенных пробах реперных точек статистически недостоверны ($t < t_{пр}$). В пробах почв особым разнообразием отличаются отделы *Cyanophyta*, отдел *Chlorophyta*, *Bacillariophyta* немногочисленны – представители отделов *Xantophyta*. Диатомовые водоросли в основном занимают ведущее положение в первый месяц экспозиции стекол обрастания на почве. Сводная таблица представлена для видового разнообразия альгогруппировок почв территории производственного цикла ОУХО.

Реперные точки (Т) первого круга (СЗЗ) объекта расположены в лесных экосистемах – сложном березняке, неморальном сосняке и травянистой дубраве (точки 1, 5). В связи с

подобным месторасположением точек отбора проб доминирование в альгосоставе водорослей отделов сине-зеленые и зеленые водоросли говорит об интенсивно идущих процессах деструкции органогенного комплекса верхних почвенных горизонтов (особенно части деятельностного горизонта почвы в котором производился пробоотбор). Встречаемость желто-зеленых водорослей (особенно в пробах участков реперной точки 5) указывает на благоприятный почвенно-грунтовой и водный режим местообитаний.

Наименее многочисленны Р-формы (1 или 2 представителя). Х-формы – неустойчивы против засухи, предпочитают теневые условия. Формы Сh характеризуют виды-убиквисты, которые первыми начинают заселять субстраты. Доминанты – виды С-формы – образуют обильную слизь, слизистые чехлы, обладают значительной водоудерживающей способностью, препятствуют проникновению токсикантов. В-формы часто живут в выделяемой слизи других водорослей, Р-формы – ксерофиты, заселяют голые участки почвы. Таким образом, спектр жизненных форм водорослей отражает естественные абиотические условия биотопов в экосистемах, где отбирались пробы почвы. Но, судя по видовому составу водорослей, биохимические процессы проходят интенсивно в местах отбора проб почвы. Доминантными и субдоминантными видами (табл. 1) в почве Т.5 выступает *Nostoc commune* Vauch. ex Born. & Flah. (N-форма, виды – интенсивные азотфиксаторы), *Microcoleus vaginatus* (Vauch.) Gom. (С-форма). Диатомовые водоросли наряду с *Pleurococcus vulgaris* Pers. ex Ach. в первый месяц экспозиции стекол обрастания создавали фон, выступая субдоминантными видами.

Альгосинузии исследовали в почве ПП второго круга: в точках 19, 27, 29, 30, 33, 34. Почвенные альгосинузии почвенных проб второго круга реперных точек территории ОУХО наиболее богаты видами водорослей. Различия в числе видов водорослей в различных почвенных пробах статистически недостоверны ($t < t_{пр}$). Так же как и при анализе альгосостава предыдущих проб особым видовым разнообразием отличаются *Cyanophyta* и *Chlorophyta*, возрастает число видов отдела *Xantophyta*. Представители отдела *Bacillariophyta* преобладают на ранних сукцессионных стадиях стекол обрастания.

Эвгленовые водоросли обнаружены во всех пробах почвы ПП. В почве Т. 27 и 33 преобладают С-формы. Наименьшее число N-форм – интенсивных азотфиксаторов. Также спектр жизненных форм водорослей отражает естественные абиотические условия биотопов в экосистемах, где отбирались пробы почвы. Доминантным видом в почвенных пробах всех точек выступает *Cylindrospermum muscicola* Kutz. et Born. (отдел *Cyanophyta*). Субдоминантный вид в почве точек 27 и 33 – *Ellipsoidion perminium* Pasch. (Х-форма) и *Nostoc commune* (N-форма). Субдоминантные виды в почвенных образцах точки 34 *Pleurochloris imitans* Pasch. и *Characiopsis minutissima* Pasch., *Nostoc commune*.

Почвенный альгосостав ПП третьего круга точек изучен на пробных площадках Т. 49, 50, 68, 74, 121. Различия в числе видов водорослей в различных почвенных пробах статистически недостоверны ($t < t_{пр}$).

Так же, как и при анализе видового состава альгосинузий других почвенных образцов в этих пробах особым разнообразием отличаются отделы *Cyanophyta*, отдел *Chlorophyta*, одним из многочисленных выступает отдел *Xantophyta*. В пробах реперной точки 121 желто-зеленые водоросли занимают третье место по представленности в числе видов. Только на ранних этапах преобладают представители отдела *Bacillariophyta*. Относительно высокое число водорослей в образце точки 121 можно объяснить нарушением почвенного субстрата деятельностью роющих животных, а также интенсивным воссозданием почвенного покрова в луговом ценозе. Эвгленовые водоросли обнаружены только в пробах почвы Т. 121 (1 вид).

В почве Т. 49, 50, 68, 74, 121 доминируют по численности виды, принадлежащие к С-форме. Практически в равном числе в альгосинузиях почв точек 49, 50, 74, 68 встречаются Н- и N-формы. Точка 121 по набору видов в альгогруппировках отличается от всех изученных в этой серии образцов. Доминируют виды С-формы, виды водорослей с В-формой многочисленны – 5. Доминирует в альгосинузиях почвы Т. 121 *Cylindrospermum muscicola* (С-

форма). В остальных пробах доминант – это *Tribonema angustissimum* Pasch. (H-форма) в точках 49, 50 и 74, *Pleurococcus vulgaris* Pers.ex Ach. (X-форма) в точке 68. Субдоминантные виды в точке 121 *Hantzchia amphioxix* (Ehrenb.) Grun., *Navicula mutica* (Kütz.) Fren. и *N. atomus* Kütz. (B-формы). Субдоминантом в остальных точках зарегистрирован *Cylindrospermum muscicola*, а также *Tribonema angustissimum* (в почвах точек 74 и 68), *Characiopsis lunaris* Pasch. (в точке 49).

Флора группировок почвенных водорослей зоны расположения ОУХО отражена в таблице 2.

Таблица 2. Видовой состав почвенных водорослей точек пробоотбора в зоне защитных мероприятий ОУХО.

Таксоны водорослей	№ точек пробоотбора							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Отд. <i>Cyanophyta</i> Поп. <i>Nostocales</i>								
<i>Anabaena varibilis</i> Kutz.	0,1	0,3 SD*	0,1	0,1	0,3 SD	0,3 SD	0,1	0,1
<i>A. sphaerica</i> Born.et Flah	0,3	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3
<i>A. spiroides</i> Kleb.	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
<i>Pseudanabaena</i> Laut.	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1
<i>Cylindrospermum muscicola</i> Kutz.et Born.	0,3 SD	0,3 SD	0,3 SD	0,3 SD	0,3 SD	0,3 SD	0,3 SD	0,3 SD
<i>C. catenatum</i> Ral.	0,3 SD	0,1	0,3 SD	0,3 SD	0,3 SD	0,3 SD	0,3 SD	0,3 SD
<i>Nostoc commune</i> Vauch.ex Born. &Flah.	0,4 D	0,5 D	0,4 D	0,4 D	0,4 D	0,4 D	0,4 D	0,4 SD
<i>Nostoc microscoporicum</i> Carmich.ex Born. &Flah.	0,3 SD	0,4 SD	0,4 D	0,3	0,3	0,3	0,5	0,5
<i>N. linkia</i> Born.ex Born.&Flah.	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1
<i>Stigonema minutum</i> Hass.ex Born. &Flah.	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Поп. <i>Oscillatoriales</i>								
<i>Phormidium molle</i> Gom.	0,1			0,1	0,1	0,1		0,1
<i>P. autumnale</i> Gom.		0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
<i>Oscillatoria splendida</i> Grev.	0,1	0,1						0,1
<i>Microcoleus vaginatus</i> (Vauch.) Gom.	0,3	0,3 SD	0,3 SD	0,3 SD	0,3 SD	0,3	0,3 SD	0,3 SD
Отд. <i>Chlorophyta</i> Поп. <i>Volvocales</i>								
<i>Chlamidomonas aulata</i> Pasch.	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Поп. <i>Chlorococcales</i>								
<i>Protosifon botrioides</i>		0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
<i>Chlorococcum</i> sp.	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
<i>Chlorella</i> sp.	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
<i>Gloeocapsa turgida</i> (Kützing) Holler.		0,1	0,1			0,1	0,1	0,1
<i>Gloeocapsa magna</i> Holler.	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1		

Таксоны водорослей	№ точек пробоотбора							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Пор. <i>Desmidiiales</i>								
<i>Cylindrocystis brebissonii</i> (Ralfs) De Bary	0,1			0,1			0,1	0,1
Пор. <i>Protococcales</i>								
<i>Tetracoccus saggregata</i> Brown et Bold.	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
<i>Pleurococcus vulgaris</i> Pers.ex Ach.	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1
<i>Scenedesmus caudate</i> Hort.	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Пор. <i>Ulotrichales</i>								
<i>Stichococcus bacillaris</i> Nägel.	0,1		0,2	0,1		0,1		0,1
Отд. <i>Xanthophyta</i> Пор. <i>Heterococcales</i>								
<i>Pleurochloris imitans</i> Pasch.			0,1		0,1			
<i>Pl. magna</i> Peter.	0,1							
Пор. <i>Heterocloniales</i>								
<i>Heterococcus caespitosus</i> Visch.	0,1			0,1				
Отд. <i>Bacillariophyta</i> Пор. <i>Naviculales</i>								
<i>Hantzchia amphioxis</i> (Ehrenb.) Grun.	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1
<i>Navicula mutica</i> (Kütz.) Fren.	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1
<i>N. atomus</i> Kütz.	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
<i>Pinnularia viridis</i> (Nitz.) Ehr.	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Тип <i>Euglenophyta</i>								
<i>Euglena viridis</i> (Müll.) Ehr.	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Общее число видов	29	27	28	29	27	28	26	29

Примечание. * D – доминантные виды, SD – субдоминантные виды. Выделены на основе коэффициентов эколого-ценотической значимости.

Почвенные альгосинузии имеют среднее число видов – в среднем 27. Различия в числе видов водорослей в различных почвенных пробах статистически недостоверны ($t_t < t_{пр}$).

Все пробы почв, отобранные непосредственно с территории ОУХО, отличаются стойким преобладанием водорослей отдела *Cyanophyta*, второе место по числу видов занимает отдел *Chlorophyta*. Практически отсутствуют виды отдела *Xanthophyta*, также как и в других альгосинузиях представители отдела *Bacillariophyta*, встречаясь на ранних стадиях сукцессионных смен, занимают промежуточное положение по числу входящих в него выявленных видов.

Формула систематического состава по участкам следующая (табл. 3).

Таблица 3. Систематический состав водорослей по ключевым участкам в ЗЗМ.

Число видов по отделам	1	2	3	4
	*Cl ₁₃ C ₉ X ₂ B ₄ E ₁	Cl ₁₃ C ₉ X ₀ B ₄ E ₁	Cl ₁₃ C ₉ X ₁ B ₄ E ₁	Cl ₁₃ C ₁₀ X ₁ B ₄ E ₁
	5	6	7	8
	Cl ₁₃ C ₈ X ₁ B ₄ E ₁	Cl ₁₃ C ₁₀ X ₀ B ₄ E ₁	Cl ₁₂ C ₉ X ₀ B ₄ E ₁	Cl ₁₄ C ₁₀ X ₀ B ₄ E ₁

* Примечание. Условные обозначения: Cl – отдел Chlorophyta, C – Cyanophyta, X – Xanthophyta, B – Bacillariophyta, E – тип Euglenophyta. Индексами указано число видов водорослей каждого отдела.

В почве реперных точек 1, 4 и 8 обнаружено наибольшее число водорослей – 29, наименьшее – в пробе Т. 7 – 26 видов. Наибольшее число видов желто-зеленых водорослей обнаружено в пробе почвы точки 1. Во всех пробах присутствуют эвгленовые водоросли (1 вид).

Экологический состав альгогруппировок оценивали по набору жизненных форм. Для участков он следующий (табл. 4).

Таблица 4. Экологический состав альгогруппировок по ключевым участкам в ЗЗМ.

Спектр жизненных форм	1	2	3	4
	*CChB(NP)H	CChB(NP)H	CChB(NP)XH	CChB(NP)XH
	5	6	7	8
	CChB(NP)XH	CChB(NP)XH	CChB(NP)XH	CChB(NP)XH

*Примечание. Условные обозначения: жизненные формы водорослей Ch-форма, C-форма, X-форма, B-форма, N-форма, P-форма, H-форма.

В почве всех точек отбора проб на территории завода (ЗЗМ) преобладают водоросли C- и Ch-формы – в среднем от 8 до 10 видов. Также лидирующее положение занимают виды B-формы. Во всех пробах зарегистрированы P- и N-формы. Наименьшим числом видов (1 или 2) представлена X-форма. Спектр жизненных форм альгосинузид специфичен: появляются P-формы видов, заселяющих почвы с нарушенным верхним горизонтом. Присутствуют виды, у которых интенсивно протекает азотфиксация – это представители N-формы: виды рода *Nostoc*. Открытые участки нарушенных почв также заселяют виды с B-жизненными формами, обитающие вблизи других видов.

Специфичен набор доминантных и субдоминантных форм в почвенных пробах этих участков: это виды *Nostoc commune* (доминант в точках 1–7) и *Nostoc microscoporicum* Carnich. ex Born. & Flah. (доминант в точке 3). Субдоминантные виды также принадлежат к отделу *Cyanophyta*: вид *Cylindrospermum muscicola* (в точках 1–8) и *C. catenatum* Ral. (в точках 1, 3–8). Виды рода *Nostoc* также выступают и субдоминантными в пробах почв. Субдоминирующим видом выступает и *Microcoleus vaginatus* (Vauch.) Gom. (C-форма), как и *Anabaena varibilis* Kutz. (C-форма, в точках 2, 5 и 6).

Выводы

По итогам почвенно-альгологических исследований в РП различных зон ОУХО установлено следующее:

1. Выявленный видовой состав водорослей отражает фоновое состояние среды, а также полностью определяется естественными факторами биотопа растительных сообществ, почвы которых изымались на анализ.

2. Численный видовой состав альгосинузий всех изученных реперных точек различается статистически недостоверно. Доминируют виды отделов *Cyanophyta*, *Chlorophyta*.

3. Виды отдела *Xantophyta* могут служить индикаторами малонарушенных лесных экосистем, а также естественных факторов биотопа экосистем.

4. Альгоиндикационная формула жизненных форм – показатель степени стрессового фактора нарушения экосистем, связанных прежде всего с механическими преобразованиями верхнего слоя почвы.

5. Коэффициенты эколого-ценотической значимости, позволяющие выявить доминантные и субдоминантные виды, могут использоваться для количественной характеристики экологической роли видов альгофлоры.

6. Как альготесты зональных типов почв и степени механического преобразования деятельностного горизонта предлагается использовать доминанты и субдоминанты: *Cylindrospermum muscicola*, виды рода *Nostoc*, *Tribonema angustissimum*, *Pleurococcus vulgaris*, *Characiopsis minutissima*.

1. **Ашихмина Т.Я.** Комплексный экологический мониторинг объектов хранения и уничтожения химического оружия. Киров: Вятка, 2002. 544 с.
Ashikhmina T.Ya. Kompleksnyi ekologicheskiy monitoring ob'ektov khraneniya i unichtozheniya khimicheskogo oruzhiya [Complex ecological monitoring of chemical weapon storage and disposal facilities]. Kirov: Vyatka, 2002. 544 p.
2. **Анищенко Л.Н., Балясников И.А., Рудакова Т.А.** Блок биомониторинга в экоаналитическом контроле химически опасных техногенных систем (на примере объекта по утилизации химического оружия 1204, Брянская область) // Теоретическая и прикладная экология. 2013. N 3. С. 40–46.
Anishhenko L.N., Balyasnikov I.A., Rudakova T.A. Blok biomonitoringa v ekoanaliticheskom kontrole khimicheskii opasnykh tekhnogennykh sistem (na primere ob'ekta po utilizatsii khimicheskogo oruzhiya 1204, Bryanskaya oblast') [Unit of biomonitoring in ecological and analytical control of chemically hazardous man-made systems (case study of the 1204 chemical weapons utilization facility, Bryansk region)] // Teoreticheskaya i prikladnaya ehkologiya. 2013. N 3. P. 40–46.
3. **Голлербах М.М., Штина Э.А.** Почвенные водоросли. Ленинград: Наука, 1969. 228 с.
Gollerbakh M.M., Shtina E.A. Pochvennye vodorosli [Soil algae]. Leningrad: Nauka, 1969. 228 p.
4. **Штина Э.А.** Почвенные водоросли. Л.: Наука, 1969. 243 с.
Shtina E.A. Pochvennye vodorosli [Soil algae]. L.: Nauka, 1969. 243 p.
5. **Кузнецов М.С.** Методы изучения микроорганизмов. М.: Наука, 1989. 132 с.
Kuznetsov M.S. Metody izucheniya mikroorganizmov [Methods of microorganismal studies]. Moscow: Nauka, 1989. 132 p.
6. **Методы почвенной микробиологии и биохимии** / Под ред. О.Г. Звягинцева. М.: Изд-во МГУ. 1991. 291 с.
Metody pochvennoy mikrobiologii i biokhimii [Methods of soil Microbiology and Biochemistry] / Ed. O.G.Zvyagintsev. M.: Izd-vo MGU. 1991. 291 p.
7. **Зенова Г.М., Штина Э.А.** Почвенные водоросли. М.: Изд-во МГУ, 1990. 81 с.
Zenova G.M., Shtina E.A. Pochvennye vodorosli [Soil algae]. M.: Izd-vo MGU, 1990. 81 p.
8. **Штина Э.А., Голлербах М.М.** Экология почвенных водорослей. М.: Наука, 1976. С. 3–53.
9. **Штина Э.А., Голлербах М.М.** Ekologiya pochvennykh vodorosley [Ecology of soil algae]. M.: Nauka, 1976. P. 3–53.
10. **Кондакова Л.В.** Использование классификации жизненных форм почвенных водорослей в экологической характеристике альгоценозов // Биологические типы Х. Раункиера и

- современная ботаника: матер. Всерос. научн. конф. «Биоморфологические чтения к 150-летию со дня рождения Х. Раункиера». Киров: Изд-во ВятГГУ, 2010. С. 140–148.
- Kondakova L.V.** Ispol'zovanie klassifikatsii zhiznennykh form pochvennykh vodorosley v ekologicheskoy kharakteristike al'gocenozov [The use of the classification of life forms of soil algae in the ecological characteristics of algal cenoses] // *Biologicheskie tipy Kh. Raunkiera i sovremennaya botanika: mater. Vseros. nauchn. konf. «Biomorfologicheskie chteniya k 150-letiyu so dnya rozhdeniya Kh. Raunkiera»*. Kirov: Izd-vo VyatGGU, 2010. P. 140–148.
11. **Степанов А.М., Кабилов Р.Р., Мусаев Е.К.** Состояния синузий почвенных водорослей лесных экосистем в районе Чернобыльской АЭС // *Бот. журн.*, 1994. N 3. С. 56–59.
Stepanov A.M., Kabirov R.R., Musaev E.K. Sostoyaniya sinuziy pochvennykh vodorosley lesnykh ekosistem v rayone Chernobyl'skoy AES [The condition of the soil algae sinusiae of forest ecosystems near Chernobyl NPP] // *Bot. zhurn.*, 1994. N 3. P. 56–59.
12. **Суханова Н.В.** Сукцессии почвенных водорослей городских свалок твердых бытовых отходов // *Бот. журн.*, 1996. N 2. С. 54–61.
Sukhanova N.V. Suktsessii pochvennykh vodorosley gorodskikh svalok tverdykh bytovykh otkhodov [Succession of soil algae of urban solid waste landfills] // *Bot. zhurn.*, 1996. N 2. P. 54–61.
13. **Кабилов Р.Р., Шилова Н.И.** Почвенные водоросли свалок бытовых отходов // *Экология*. 1998. N 5. С. 25–29.
Kabirov R.R., Shilova N.I. Pochvennye vodorosli svalok bytovykh otkhodov [Soil algae in municipal landfills]. // *Ekologiya*. 1998. N 5. P. 25–29
14. **ГОСТ 28168-89. Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб.** М., 1989. 5 с.
GOST 28168-89. Okhrana prirody. Pochvy. Obshchie trebovaniya k otboru prob [GOST 28168-89. The nature conservation. Soil. General requirements for sampling]. М., 1989. 5 p.
15. **Инженерно-экологические, научные изыскания компонентов окружающей природной среды объекта УХО г. Почеп, для государственных нужд Брянской области:** Отчет проблемной лаборатории «Биоразнообразие и экологический мониторинг природных экосистем». Брянск, 2004. 284 с.
Inzhenerno-ekologicheskie, nauchnye izyskaniya komponentov okruzhayushchey prirodnoy sredy ob'ekta UKhO g. Pochep, dlya gosudarstvennykh nuzhd Bryanskoj oblasti: Otchet problemnoj laboratorii «Bioraznoobrazie i ehkologicheskiy monitoring prirodnykh ekosistem» [Environmental engineering, scientific research of the natural environment components of the Pochep CWD, for public use of the Bryansk region: the report of «Biodiversity and ecological monitoring of natural ecosystems» problem laboratory]. Bryansk, 2004. 284 p.
16. **Штина Э.А.** Почвенные водоросли как биологические индикаторы // *Бот. журн.* 1990. N 3. С. 441–449.
Shtina E.A. Pochvennye vodorosli kak biologicheskie indikatory [Soil algae as biological indicators] // *Bot. zhurn.* 1990. N 3. P. 441–449.

ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского»

Поступила: 6.05.2016

УДК 574.2 (574.4)

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЛЬГОФЛОРЫ В ИМПАКТНОМ МОНИТОРИНГЕ ПОЧВ ХИМИЧЕСКИ ОПАСНОГО ТЕХНОГЕННОГО ОБЪЕКТА (НА ПРИМЕРЕ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ, РФ)

Л.Н. Анищенко

ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского»

В статье отражены результаты импактного мониторинга почв территории химически опасного техногенного объекта (Брянская область, РФ) с использованием водорослей. Для альгоиндикационных исследований рассматривали 43 вида почвенной альгофлоры, учитывали их численность, систематический состав, жизненные формы, вычисляли коэффициенты эколого-ценотической значимости для определения доминантных и субдоминантных форм. Видовой состав почвенных альгогруппировок отражает фоновое состояние почв, а также является следствием механических преобразований субстрата непосредственно в зоне объекта по утилизации химического оружия, на других реперных точках – определяется естественными факторами биотопа растительных сообществ. Установлено, что доминируют виды отделов *Cyanophyta*, *Chlorophyta*. Предложены биоиндикаторы – доминанты и субдоминанты почв лесных и луговых сообществ: *Cylindrospermum muscicola*, виды рода *Nostoc*, *Tribonema angustissimum*, *Pleurococcus vulgaris*, *Characiopsis minutissima*.

Ключевые слова: альгофлора, почва, почвенная альгоиндикация, химически опасные техногенные объекты, РФ

UDC 574.2(574.4)

EXPERIENCE IN THE USE OF THE ALGAL FLORA IN IMPACT MONITORING OF SOIL CHEMICAL DANGEROUS MAN-MADE OBJECT (ON EXAMPLE OF THE BRYANSK REGION, RUSSIA)

L.N. Anishchenko

Bryansk State University named after academician I. G. Petrovsky

The article reflects the results of impact soil monitoring of chemically hazardous technogenic facility (Bryansk region, Russia) with the use of soil algae. To carry out algoindication studies, we have considered 43 species of soil algal flora, namely their abundance, taxonomic composition, life forms, and calculated coefficients of the ecological-coenotic importance to determine the dominant and subdominant forms. Species composition of soil algae groups reflects background conditions of the soil, and is also a consequence of the mechanical substrate transformation in the location close to chemical weapons disposal facility. In other fixed points the species composition is determined by natural factors of habitat of plant communities. It is established that species of divisions *Cyanophyta*, *Chlorophyta* dominate. The suggested bioindicators are dominant and subdominant of forest and grassland soil communities: *Cylindrospermum muscicola*, species of the genus *Nostoc*, *Tribonema angustissimum*, *Pleurococcus vulgaris*, *Characiopsis minutissima*.

Key words: flora of soil algae, soil, indication with soil algae, chemically hazardous man-made objects, the Russian Federation