

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Челябинский государственный университет»

Биологический факультет

Кафедра биоэкологии



**СБОРНИК СИТУАЦИОННЫХ ЗАДАЧ
ПО БИОИНДИКАЦИИ НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМ**

Методические указания

Челябинск

Издательство Челябинского государственного университета

2018

Составитель

А. В. Кравцова, старший преподаватель кафедры биоэкологии

С232 **Сборник ситуационных задач по биондикации наземных экосистем** : метод. указания / сост. А. В. Кравцова. Челябинск : Изд-во Челяб. гос. ун-та, 2018. 32 с.

Данный сборник предназначен для студентов биологического факультета по направлению подготовки бакалавриата 06.03.01 «биология», профиль «биоэкология» и по направлению подготовки 06.04.01, магистерская программа «экология». Ситуационные задачи могут быть использованы при проведении учебной практики, занятий по дисциплинам «экологический мониторинг», «биондикация наземных экосистем» и предназначены для закрепления лекционного и практического материала.

Задачи составлены с использованием результатов собственных исследований и на основе результатов исследований, опубликованных в изданиях научно-периодической литературы.

Сборник формирует представление о различных формах биологической индикации состояния окружающей среды, основанных на использовании биохимических, физиологических, морфологических свойств и признаков организмов, а также на популяционных и биоценотических характеристиках сообществ; способствует овладению способами статистической обработки информации.

УДК 502.2(075.8)
ББК Е081я73

ОГЛАВЛЕНИЕ

Ситуационная задача № 1 Почвенные беспозвоночные как биоиндикаторы техногенного воздействия на экосистему города.....	5
Ситуационная задача № 2. Флуктуирующая асимметрия листьев Березы повислой как индикатор состояния экосистемы	9
Ситуационная задача № 3. Эпигеобионтная мезофауна как биоиндикатор состояния почвенных экосистем в сосняках заповедника.....	12
Ситуационная задача № 4. Влияние длительного известкового загрязнения на сообщество моллюсков соснового биогеоценоза.....	16
Ситуационная задача № 5. Лихеноиндикация качества воздуха в заказнике	20
Ситуационная задача № 6. Анализ изменения состава и структуры лесных растительных ассоциаций в градиенте рекреационной нагрузки	24
Ситуационная задача № 7. Биондикация загрязнения атмосферного воздуха химическими предприятиями.....	29
Список использованной литературы	31

СИТУАЦИОННАЯ ЗАДАЧА № 1. Почвенные беспозвоночные как биоиндикаторы техногенного воздействия на экосистему города¹

На территории техногенно-антропогенных ландшафтов города заложены пробные площадки (далее ПП) (природный ландшафт — 1, селитебный ландшафт — 3 ПП, промышленный — 3 ПП), характеристика которых представлена в табл. 1. С этих территорий для оценки степени поглощения живыми организмами поллютантов из окружающей среды были отобраны образцы жуков-жужелиц. Основным методом сбора материала были почвенные ловушки Барбера-Гейдермана.

Таблица 1

Характеристика пробных площадей

Категория	Древесные породы	Разнотравье	Почва
<i>Природный ландшафт</i>			
Луг	Отсутствуют	Мятник луговой, клевер ползучий, одуванчик лекарственный, иван-чай, овсяница луговая и т. д.	Луговая дерновая
<i>Селитебный ландшафт</i>			
Газон, сквер	Береза пушистая, тополь душистый	Мятник луговой, подорожник большой, крапива двудомная, клевер ползучий, одуванчик лекарственный, лютик едкий, лопух обыкновенный и т. д.	Урбанозем переменно-насыпной

¹ По материалам [5].

Окончание табл. 1

Категория	Древесные породы	Разнотравье	Почва
<i>Промышленный ландшафт</i>			
Газон с деревьями перед предприятиями	Береза пушистая, тополь душистый, ива, ольха	Одуванчик обыкновенный, борщевик Сосновского, осот полевой, полынь, лютик едкий, клевер белый и др.	Реплантозем песчаный

Таблица 2

Видовой состав жуужелиц

Ландшафт	Виды жуужелиц	N, экз.	N, общ. экз. жуужелиц	Динамическая плотность, экз. / 10 лов.-сут.
Природный	<i>Carabus granulatus</i>	38	94	2,1
	<i>Pterosticus melanarius</i>	56		3,1
Селитебный	<i>Carabus granulatus</i>	79	167	4,4
	<i>Amara communis</i>	50		2,8
	<i>Pterosticus melanarius</i>	20		1,1
	<i>Pterosticus niger</i>	18		1,0
Промышленный	<i>Carabus granulatus</i>	62	152	3,5
	<i>Amara communis</i>	14	90	0,8
	<i>Pterosticus melanarius</i>	76		4,2

Валовое содержание и содержание подвижных форм меди и цинка в почвах исследуемых ландшафтов отображено в табл. 3.

Таблица 3

Валовое содержание и содержание подвижных форм цинка и меди в почве природных и городских ландшафтов

Категория	Тяжелый металл (ТМ)	Природный	Селитебный	Промышленный
Валовое содержание, мг/кг	Zn	68	190	70
	Cu	18	52	17
Концентрация подвижных форм (ПФ), мг/кг	Zn	26	48	38
	Cu	0,5	2,5	13

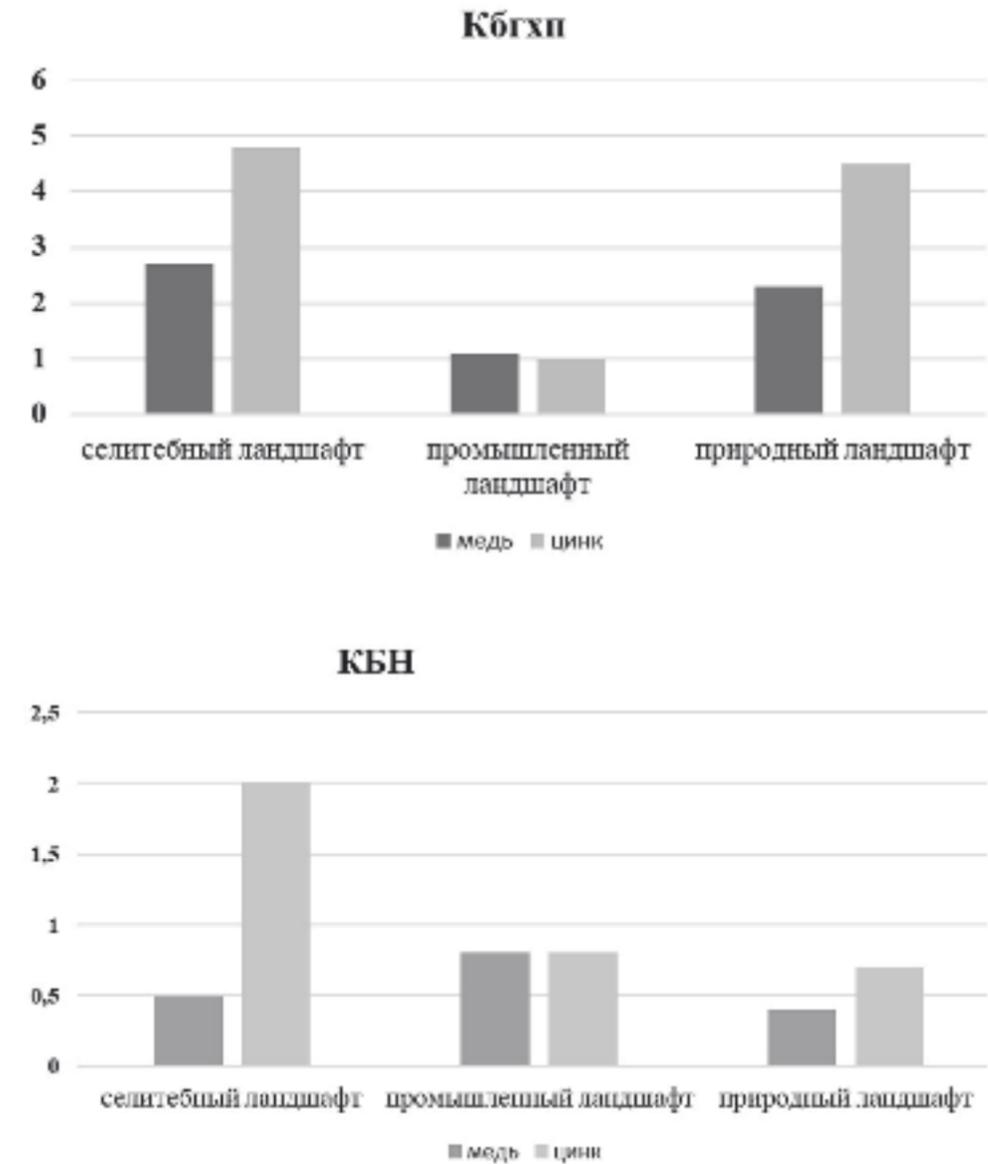


Рис. 1. Значение коэффициентов биогеохимического поглощения (Кбгхп) и коэффициентов биологического накопления (КБН) для разнотравья урбандшафтов

Вопросы

1. Определить роль жуужелиц в экосистемах и возможность их для биоиндикации состояния экосистем.
2. Определить тип питания указанных видов. Графически отобразить трофическую структуру почвенной фауны и оценить ее роль как биоиндикационного признака.

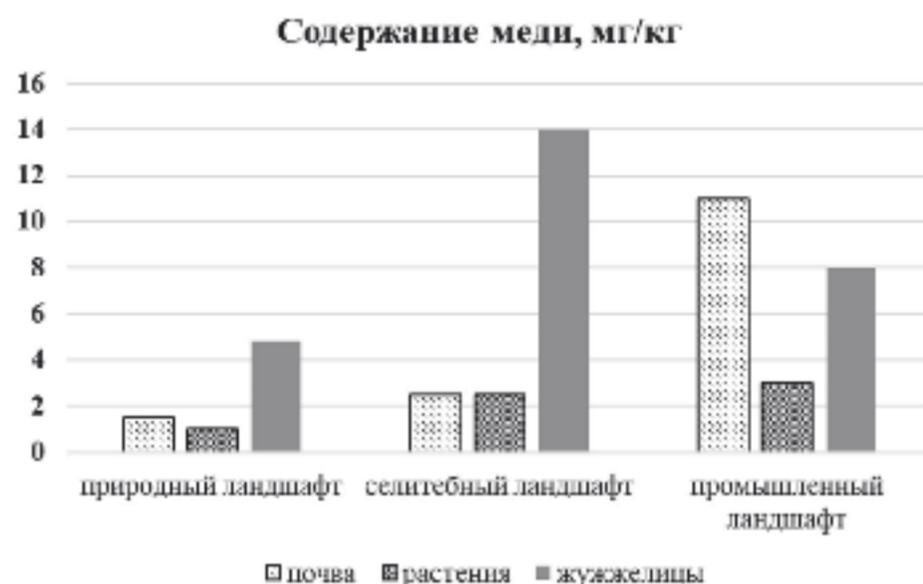
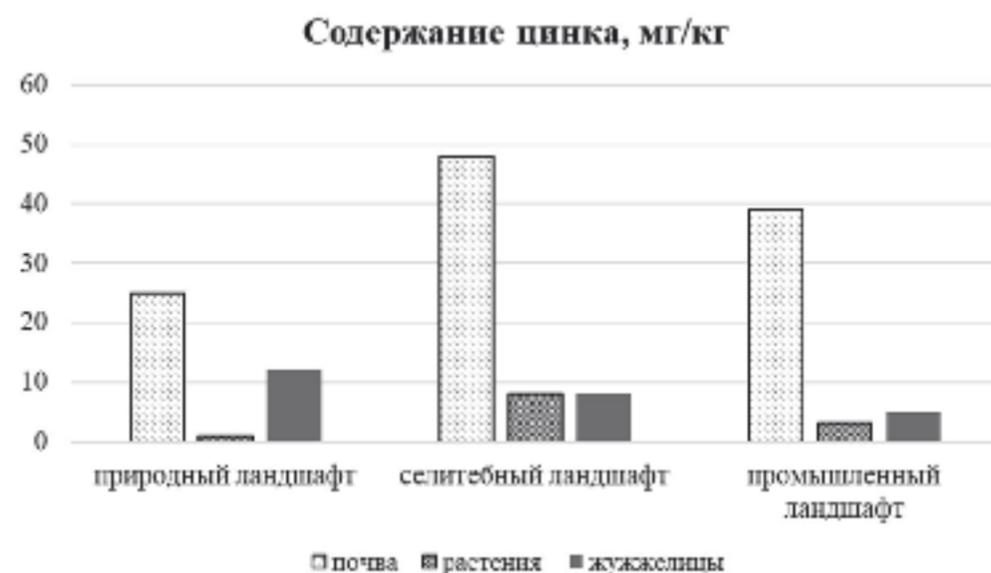


Рис. 2. Содержание цинка и меди в почвах, растениях и жуужелицах, мг/кг

3. Оценить влияние загрязнения на видовое и численное разнообразие сообщества жуужелиц.

4. Оценить накопление тяжелых металлов в жуужелицах в разных типах ландшафта.

5. Оценить влияние подвижности тяжелых металлов на их содержание в жуужелицах.

СИТУАЦИОННАЯ ЗАДАЧА № 2. Флуктуирующая асимметрия листьев Березы повислой как индикатор состояния экосистемы

В табл. 4 представлены результаты измерений параметров листа березы повислой, используемых в качестве биоиндикационных признаков.

Таблица 4

Результаты измерений параметров листа Березы повислой.

№	Антропогенная экосистема (городской ландшафт)								Естественная экосистема (березовый лес)							
	Максимальная ширина половинки листа		Длина второй жилки листа		Расстояние между основаниями первой и второй жилки листа		Расстояние между концами первой и второй жилки листа		Максимальная ширина половинки листа		Длина второй жилки листа		Расстояние между основаниями первой и второй жилки листа		Расстояние между концами первой и второй жилки листа	
	Л.	Пр.	Л.	Пр.	Л.	Пр.	Л.	Пр.	Л.	Пр.	Л.	Пр.	Л.	Пр.	Л.	Пр.
1	26	29	33	33	1	4	13	15	17	16	27	26	5	5	6	9
2	29	27	37	32	3	3	15	13	18	17	30	27	7	9	12	10
3	27	26	33	32	4	3	12	12	20	18	31	30	5	7	11	10
4	29	29	37	32	3	4	19	10	21	22	32	32	6	5	9	11
5	26	25	36	34	3	4	14	15	19	21	30	32	6	6	10	12
6	24	23	30	30	7	5	9	11	18	20	25	26	2	4	7	8
7	20	24	31	33	7	5	14	12	18	17	22	22	4	3	8	7
8	27	25	34	32	6	8	13	15	18	19	26	25	3	4	7	8
9	20	22	28	29	8	9	12	19	22	22	29	29	4	4	9	10
10	19	19	27	27	8	7	11	12	21	20	25	26	3	3	7	8
11	32	27	37	40	6	5	17	15	18	19	26	24	3	3	13	11
12	28	29	37	37	5	3	15	14	21	20	26	27	3	4	12	10

№	Антропогенная экосистема (городской ландшафт)								Естественная экосистема (березовый лес)							
	Максимальная ширина половины листа		Длина второй жилки листа		Расстояние между основаниями первой и второй жилки листа		Расстояние между концами первой и второй жилки листа		Максимальная ширина половины листа		Длина второй жилки листа		Расстояние между основаниями первой и второй жилки листа		Расстояние между концами первой и второй жилки листа	
	Л.	Пр.	Л.	Пр.	Л.	Пр.	Л.	Пр.	Л.	Пр.	Л.	Пр.	Л.	Пр.	Л.	Пр.
13	26	26	35	32	3	4	13	14	19	20	26	27	5	5	10	9
14	28	31	36	34	4	3	14	12	20	20	27	27	5	6	12	11
15	32	32	27	33	4	4	14	16	23	21	32	30	4	4	10	11
16	30	35	42	45	4	5	12	20	24	25	30	31	5	4	12	11
17	30	31	41	41	5	5	11	12	24	24	30	32	6	5	12	11
18	28	26	37	36	3	2	12	10	26	25	35	34	6	5	11	10
19	30	30	41	40	5	4	14	15	26	25	29	31	4	5	11	11
20	35	32	44	41	5	4	18	15	21	22	27	30	6	4	3	10
21	24	25	29	30	6	5	11	10	21	20	28	27	6	6	8	10
22	23	22	28	29	5	5	10	11	18	19	29	28	7	5	10	9
23	25	24	28	28	8	6	6	7	18	19	22	26	6	7	10	10
24	28	30	28	30	5	6	5	7	19	20	29	30	5	6	10	9
25	24	22	31	30	5	6	13	10	19	19	25	27	5	4	9	10

Примечание: Л. — левая половина листа, Пр. — правая половина листа

Таблица 5

**Шкала оценки стабильности развития популяции
Березы повислой**

Балл	Величина асимметрии на признак
1 (минимальные нарушения в экосистеме)	Менее 0,055
2	0,055—0,06
3	0,06—0,065
4	0,065—0,07
5 (максимальные нарушения в экосистеме)	Более 0,07

Вопросы

1. Рассчитать относительное различие по каждому признаку у каждого листа.
2. Рассчитать величину у каждого листа и среднее значение для каждой территории.
3. Оценить стабильность развития популяции Березы повислой в естественной и антропогенной экосистемах.
4. Оценить достоверность результатов по критерию Стьюдента с точностью $P = 0,05$.
5. Оценить влияние загрязнения на стабильность развития популяции Березы повислой.

СИТУАЦИОННАЯ ЗАДАЧА № 3. Эпигеобионтная мезофауна как биоиндикатор состояния почвенных экосистем в сосняках заповедника¹

Эпигеобионтная мезофауна (ЭМ) — комплекс крупных беспозвоночных, населяющий подстилку и поверхностный [0—5 см] слой почвы в сосняках; характеризуется высокой чувствительностью к внешним экологическим факторам (в частности к пожарам), и показатели ее плотности и структуры на заповедных территориях имеют важное индикаторное (эталонное) значение для характеристики состояния почвенных экосистем. Низовой пожар в августе 2008 г. в центральной части заповедника затронул 89 га старого сосняка в кварталах 351.

По результатам учетов рассчитывали 7 показателей ЭМ:

- 1) общую плотность ЭМ — число особей ЭМ на 1 м² поверхности почвы;
- 2) плотность сапрофагов ЭМ — число особей группы сапрофагов в комплексе ЭМ на 1 м² поверхности почвы;
- 3) плотность группы ЭМ со слабой связью с почвой — число особей группы слабосвязанных с почвой форм в комплексе ЭМ на 1 м² поверхности почвы.

Показатели 4—6 отображают трофической структуры ЭМ:

- 4) доля сапрофагов в комплексе ЭМ;
- 5) доля энтомофагов в комплексе ЭМ;
- 6) доля фитофагов в комплексе ЭМ;
- 7) показатель структуры целостности ЭМ — долю группы с сильной связью с почвой в комплексе ЭМ.

Далее осуществляли перевод числовых значений показателей ЭМ в баллы состояния почвенной экосистемы:

- а) если текущее значение показателя было в пределах нормы, то этому показателю давали 1 балл;
- б) если показатель (1, 2, 4—7) был ниже нормы, то ему давали 0 баллов;
- в) если показатель 3 был выше нормы, то ему давали 0 баллов. Далее суммировали баллы (табл. 1).

Состояние почвенной экосистемы оценивали с точки зрения полноты ЭМ (наличия всех свойственных компонентов) и целостности (способности к самоподдержанию и саморегуляции).

Выделяли 3 степени состояния почвенной экосистемы:

- 1) благоприятное состояние;
- 2) удовлетворительное состояние;
- 3) неудовлетворительное состояние (табл. 6).

Таблица 6

**Расчет общего числа баллов почвенной экосистемы
и определение состояния почвенной экосистемы
в текущем году**

Общее число баллов	Состояние почвенной экосистемы в текущем году (характеристика состояния почвенной экосистемы)
7 баллов	Благоприятное состояние почвенной экосистемы (в почвенной экосистеме имеются все ключевые компоненты ЭМ, плотность всех компонентов ЭМ в пределах нормы, достаточна для обеспечения самоподдержания и (или) самовосстановления почвенной экосистемы)
4—6 баллов	Удовлетворительное состояние почвенной экосистемы (в почвенной экосистеме имеются сапрофаги и другие ключевые компоненты ЭМ, большинство (4—6) показателей ЭМ в пределах нормы, возможности самовосстановления почвенной экосистемы сохраняются)
0—3 балла	Неудовлетворительное состояние почвенной экосистемы (в почвенной экосистеме отсутствуют сапрофаги и (или) другие ключевые компоненты ЭМ, все или большинство (4—6) показателей ЭМ выходят за пределы нормы, почвенная экосистема неспособна к дальнейшему самоподдержанию и самовосстановлению)

¹ По материалам [3].

Показатели ЭМ в сосняках заповедника в 1995—2013 гг. (до и после пожара 2008 г.)

Годы (число лет)	Общая плот- ность ЭМ, N/m ²	Плотность сапрофагов ЭМ, N/m ²	Плотность группы ЭМ со слабой связью с почвой, N/m ²	Трофическая структура ЭМ			Структура целостности ЭМ		
				Доля сапрофагов	Доля энтомофагов	Доля фитофагов		Доля группы с сильной связью с почвой	
Показатель 1				Показатель 2	Показатель 3	Показатель 4	Показатель 5	Показатель 6	Показатель 7
<i>Сосняк (кв. 351), почвенный покров которого не нарушен пожаром</i>									
1995— 2008 (14)	32,7—75,7 (норма)	0,7—13,3 (норма)	1,3—7,3 (норма)	0,01—0,37 (норма)	0,42—0,93 (норма)	0,07—0,26 (норма)	0,85—0,97 (норма)		
2000— 2008 (9)	35,0—70,7 (норма)	1,7—8,0 (норма)	1,7—7,3 (норма)	0,03—0,13 (норма)	0,69—0,85 (норма)	0,07—0,26 (норма)	0,85—0,95 (норма)		
<i>Сосняк (кв. 351), почвенный покров которого был нарушен в 2008 г. низовым пожаром</i>									
2010	52,7	2,0	10,7	0,04	0,72	0,25	0,80		
2011	37,7	4,0	2,0	0,11	0,81	0,08	0,95		
2012	70,0	5,0	14,7	0,07	0,78	0,15	0,79		
2013	37,0	3,3	7,7	0,09	0,77	0,14	0,79		
<i>Рядом расположенный сосняк (кв. 372), почвенный покров которого не был нарушен в 2008 г. пожаром (контроль)</i>									
2010	49,0	5,0	9,7	0,10	0,66	0,24	0,80		
2011	41,3	2,3	3,0	0,06	0,85	0,08	0,93		
2012	50,3	6,0	7,7	0,12	0,80	0,08	0,85		
2013	41,3	4,7	4,0	0,11	0,81	0,08	0,90		

Вопросы

Заполнить таблицу и оценить с помощью ЭМ состояние почвенной экосистемы сосняка заповедника, подвергнувшегося пожару в 2008 г.

Годы	Суммарное количество баллов по 7 показателям ЭМ	Состояние почвенной экосистемы сосняках заповедника
<i>Сосняк (кв. 351), почвенный покров которого был нарушен в 2008 г. низовым пожаром</i>		
2010		
2011		
2012		
2013		
<i>Рядом расположенный сосняк (кв. 372), почвенный покров которого не был нарушен в 2008 г. пожаром (контроль)</i>		
2010		
2011		
2012		
2013		

СИТУАЦИОННАЯ ЗАДАЧА № 4.

Влияние длительного известкового загрязнения на сообщество моллюсков соснового биогеоценоза¹

Объектом исследования являлся сосновый биогеоценоз, расположенный у завода силикатного кирпича. Основным компонентом выбросов является оксид кальция (известь негашеная), пыль известняка и SiO₂. Древостой на объекте сосновый, произрастающий на песчаной слабоподзолистой почве, подстилаемой древнеаллювиальными песками. Для оценки влияния интенсивности загрязнения на сообщество моллюсков в биотопе заложено девять учетных лент, расположенных на разном удалении от источника загрязнения, на которых осуществлялся сбор организмов; в пределах каждой учетной ленты брали пробы подстилки на пяти площадках 25×25 см.

Таблица 8

Параметры состояния биогеоценоза на объекте исследования

Показатели	Значения показателей по мере удаления от источника загрязнения								
	80 м	100 м	110 м	130 м	190 м	280 м	340 м	390 м	1500 м
Полнота древостоя относительная	0,90	0,78	0,70	0,63	0,68	0,66	0,80	0,69	0,68
Лиственный подлесок, тыс. шт./га	2,06	1,72	1,96	1,46	0,64	0,16	0,20	0,26	0,38
Хвойный подлесок, тыс. шт./га	0,37	1,68	0,53	0,54	1,04	1,32	0,71	0,37	1,57
Травяной покров, %	12,6	6,9	7,6	1,8	4,8	7,3	3,0	2,1	4,5
Моховой покров, %	1,4	5,5	1,8	3,8	19,2	40,9	12,8	26,4	45,5
Мертвый покров, %	98,7	94,5	98,2	96,2	80,8	59,1	87,2	73,7	54,5
Масса подстилки, кг/м ²	16,0	8,5	18,2	8,9	20,7	20,2	11,4	9,3	4,0
Зольность подстилки, %	76,5	67,3	69,3	55,7	64,2	64,1	61,0	56,8	43,1
Органика, кг/м ²	3,8	2,8	5,6	3,9	7,4	7,3	4,5	4,0	2,3

¹ По материалам [4].

Окончание табл. 8

Показатели	Значения показателей по мере удаления от источника загрязнения								
	80 м	100 м	110 м	130 м	190 м	280 м	340 м	390 м	1500 м
Минеральная часть, кг/м ²	12,2	5,7	12,6	5,0	13,3	12,9	7,0	5,3	1,7
Загрязнитель, кг/м ²	10,5	4,0	10,9	3,2	11,6	11,2	5,2	3,6	0,0
pH солевой	7,73	7,38	7,54	7,39	7,18	7,18	7,18	7,06	5,73
pH водный	7,78	7,57	7,68	7,46	7,39	7,39	7,39	7,25	6,35

Таблица 9

Таксономическая структура малакофауны на объекте исследования

Семейство / Вид	Численность моллюсков на учетных лентах, экз.									
	II-1	I-1	II-2	I-2	I-3	I-4	I-5	I-6	Фон	I
Valloniidae:	9	40	30	59	40	31	20	15	0	244
<i>Vallonia costata</i> (Muller)	9	40	30	59	40	26	18	15	0	237
<i>Vallonia pulchella</i> (Muller)	0	0	0	0	0	5	2	0	0	7
Euconulidae:	0	0	2	8	11	8	9	9	1	48
<i>Euconulus fulvus</i> (Muller)	0	0	2	8	11	8	9	9	1	48
Cochlicopidae:	0	3	0	3	4	6	2	13	1	32
<i>Cochlicopa lubricella</i> (Ziegler in Porro)	0	3	0	3	4	4	2	13	1	30
<i>Cochlicopa lubrica</i> (Muller)	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2
Discidae:	1	1	2	0	1	2	5	4	0	16
<i>Discus ruderatus</i> (Ferussac)	1	1	2	0	1	2	5	4	0	16
Zonitidae:	0	0	6	0	0	1	1	3	0	11
<i>Perpolita hammonis</i> (Strom)	0	0	6	0	0	1	1	3	0	11
Punctidae:	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2
<i>Punctum pygmaeum</i> (Draparnaud)	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2
Vertiginidae:	0	0	0	0	0	1	0	0	1	2
<i>Vertigo pusilla</i> Muller	0	0	0	0	0	1	0	0	1	2
Bradybaenidae:	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
<i>Fruticicola fruticum</i> (Muller)	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1

Семейство / Вид	Численность моллюсков на учетных лентах, экз.									
	II-1	I-1	II-2	I-2	I-3	I-4	I-5	I-6	Фон	I
Succeneidae:	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
<i>Succinella oblonga</i> (Draparnaud)	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Общее число, экз.	10	44	40	71	56	50	37	46	3	357

Примечание: Вид *Vallonia costata* является индикатором известкового загрязнения.

Вопросы

Оценить влияния длительного известкового загрязнения среды в зоне воздействия завода силикатного кирпича на сообщество наземных моллюсков соснового биогеоценоза с помощью расчета следующих индексов и заполнения таблиц:

- 1) видового богатства (ВБ), соответствующего общему числу видов;
- 2) видовой насыщенности (ВН), соответствующей числу видов, приходящихся на одну учетную площадку;
- 3) бета-разнообразия Уиттекера $P = ВБ/ВН - 1$;
- 4) сложности Симпсона — Гибсона $SG = 1 / E(p)^2$;
- 5) выравнинности сообщества $E = GS / ВБ$;
- 6) доминирования Бергера — Паркера, равного обратной величине доли доминирующего вида, т. е. $BP = 1/p_{max}$;
- 7) плотность населения малакофауны на $1 м^2$;
- 8) коэффициент Жаккара.

Таблица 10

Значение параметров структурной организации фауны моллюсков

Параметр структуры	Значение параметра структуры на учетных лентах									
	II-1	I-1	II-2	I-2	I-3	I-4	I-5	I-6	фон	
Плотность населения, экз./м ²										
Видовое богатство	2	3	4	4	4	9	6	6	3	
Видовая насыщенность	1,2	1,6	2,2	2,4	2,6	4,2	3,0	3,8	0,6	

Параметр структуры	Значение параметра структуры на учетных лентах								
	II-1	I-1	II-2	I-2	I-3	I-4	I-5	I-6	фон
Индекс Р-разнообразия									
Индекс Симпсона — Гибсона									
Индекс выравнинности									
Индекс Бергера — Паркера									

Таблица 11

Матрица коэффициентов количественного сходства Жаккара видовой структуры моллюсков на объекте исследования

Номер ленты	Значения коэффициента Жаккара между учетными лентами								
	II-1	I-1	II-2	I-2	I-3	I-4	I-5	I-6	фон
II-1									
I-1									
II-2									
I-2									
I-3									
I-4									
I-5									
I-6									
фон									

СИТУАЦИОННАЯ ЗАДАЧА № 5. Лихеноиндикация качества воздуха в заказнике¹

Территория исследования была поделена на три наиболее типичные для заказника пробные площадки, на каждой из которых было исследовано 15 модельных деревьев (одного вида) с равным диаметром и высотой, растущих в идентичных условиях. Обследование проводилось на высоте 100 см от комля. Все изученные виды подразделили на 5 классов: I — вид с коэффициентом встречаемости до 10 % включительно, II — 11—20 %, III — 21—30 %, IV — 31—40 %, V — 41—50 %. Для эпифитных форм выяснялась приуроченность к древесным породам.

Таблица 12

Общая характеристика лихенофлоры заказника

Название вида	Жизненные формы	Субстрат	Класс встречаемости	Порода дерева
<i>Anaptychia ciliaris</i> (L.) Koerb.	К	к	IV	Д, Л, Б, Ос
<i>Aspicilia esculenta</i> (Pall.) Flag.	Н	кам	IV	
<i>Baeomyces roseus</i> Pers.	Н	кам, к	I	В, С
<i>Biatora symmicta</i> (Ach.) Mass.	Н	к	IV	Д, Б
<i>Cetraria hepaticum</i> Vain	Л	кам	I	
<i>Cetraria pinastri</i> (Scop.) S. Gray	Л	к	III	Б, С, Ос

¹ По материалам [6].

Продолжение табл. 12

Название вида	Жизненные формы	Субстрат	Класс встречаемости	Порода дерева
<i>Cladonia cariosa</i> (Ach.) Spreng.	К	кам	IV	
<i>Cladonia chlorophaea</i> (Flk) Spreng.	К	к	IV	Д, Б
<i>Cladonia coniocraea</i> (Flk) Sandst.	Л	к	III	Д, Л
<i>Cladonia deformis</i> (L.) Hoffm.	К	кам, пч	III	
<i>Cladonia fimbriata</i> (L.) F.	К	пч	IV	
<i>Cladonia foliacea</i> (Huds.) Schaer.	Л	кам, пч	I	
<i>Cladonia gracilis</i> (L.) Willd.	К	д	IV	
<i>Cladonia pocillum</i> (Ach.) O.J.Rich.	К	к	I	Д
<i>Cladonia subsquamosa</i> (Nyl.) Vain.	К	к	I	Л
<i>Dermatocarpon miniatum</i> (L.) Mann.	Л	кам	IV	
<i>Evernia sp.</i>	К	к	I	Д, Б, С
<i>Hypogymnia physodes</i> (L.) Nyl.	Л	к	IV	Б, С
<i>Lecanora allophana</i> (Ach.) Rohl.	Н	к	III	Д, Л
<i>Lecanora carpineae</i> (L.) Vain.	Н	к	III	В
<i>Lecanora chlorotera</i> Nyl.	Н	к	IV	Д
<i>Lecidea glomerulosa</i> Steud.	Н	к	IV	Д, В, Л, Ос
<i>Parmelia birulae</i> Elenk.	Л	кам	IV	
<i>Parmelia caperata</i> (L.) Ach.	Л	к	III	Д, Л, Б, С

Название вида	Жизненные формы	Субстрат	Класс встречаемости	Порода дерева
<i>Parmelia centrifuga</i> (L.) Ach.	Л	кам	IV	
<i>Parmelia olivacea</i> (L.) Ach. emend. Nyl.	Л	к	IV	Д, В, Л
<i>Parmelia subaurifera</i> Nyl.	Н	к	III	В, Л
<i>Parmelia sulcata</i> Tayl.	Н	к	IV	Д, Л, к
<i>Parmelia tiliacea</i> (Hoffm.) Hale.	Л	к	IV	Д, В, Л, С, Ос
<i>Parmeliopsis ambigua</i> (Wulf.) Nyl.	Л	к	IV	Д, В, Л, Ос
<i>Peltigera canina</i> (L.) Willd.	Л	кам, пч	IV	
<i>Peltigera horizontalis</i> (Huds.) Baumg.	Л	кам, пч	I	
<i>Pertusaria globulifera</i> (Turn.) Massal.	Н	к	I	В
<i>Pertusaria hemisphaerica</i> (Tlk.) Erichs.	Н	к	I	В
<i>Pertusaria henrici</i> (Harm.) Erichs.	Н	к	I	В
<i>Phaeophyscia ciliate</i> (Hoffm.) Moberg	Л	к	III	Д, В
<i>Physcia aipolia</i> (Ehrh.) Hampe	Л	д	IV	В
<i>Physcia hispida</i> (Schreb.) Frege	Н	к	IV	Д
<i>Physcia pulverulenta</i> (Schreb.) Hampe	Н	к	IV	Д
<i>Physcia stellaris</i> (L.) Nel.	Л	д	IV	Д, К, Б
<i>Physcia sp.</i>	Н	к	I	Ос
<i>Physconia perisidiosa</i> (Erichsen) Moberg.	Н	к	IV	В
<i>Physconia pulverulacea</i> (Hoffm.) Hale.	Л	к	III	Б
<i>Ramalina pollinaria</i> (Liljebe.) Ach.	К	к, кам	IV	Д, С

Название вида	Жизненные формы	Субстрат	Класс встречаемости	Порода дерева
<i>Scoliosporum chlorococcum</i> (L.) Nel.	Н	к	I	В, Ос
<i>Thelotrema lepadinum</i> Ach.	Н	к, кам	III	
<i>Umbilicaria deusta</i> (L.) Baumg.	К	кам	IV	
<i>Usneanirta</i> (L.) Wigg. emend. Mot.	К	к	I	С
<i>Xanthoria parietina</i> (L.) Belt.	Л	к	III	Д, В, Л, Б, Ос
<i>Xanthoria sp.</i>	Н	кам	IV	

Условные обозначения: к — кустистое, л — листоватое, н — накипное; к — кора, кам — каменистый, д — древесина, пч — почва; Д — дуб, Л — липа, Б — береза, В — вяз, С — сосна, Ос — осина, К — клен.

Вопросы

1. Определить, к какому классу, семействам, порядкам, родам относятся определенные виды и их численность;
2. Определить, у какого семейства и порядка наибольшее и наименьшее видовое разнообразие, значение;
3. Рассчитать долю жизненных форм лишайников, определить роль жизненных форм;
4. Определить степень сходства видового состава эпифитных таксонов различных древесных пород с помощью коэффициента Жаккара.

СИТУАЦИОННАЯ ЗАДАЧА № 6.

Анализ изменения состава и структуры лесных растительных ассоциаций в градиенте рекреационной нагрузки¹

Лесной массив находится в центре города с населением 106 тыс. человек. Город находится в зоне широколиственно-хвойных и мелколиственных, осиново-березовых лесов, имеет площадь 38 га, окружен с трех сторон улицами со средней автотранспортной нагрузкой от 500 до 1800 автомобилей в час пик. По всей своей территории лес пересечен значительным количеством дорожек и мелких троп, используется как место отдыха, для прогулок с животными и занятий спортом. Рядом с территорией леса находятся четыре школы. В ходе исследования произведены оценка стадии рекреационной дигрессии, оценка состояния древостоя и геоботанические описания сорока учетных площадей растительных сообществ выбранных растительных ассоциаций.

Коэффициент состояния лесного древостоя (К) определяли как среднее арифметическое средних баллов состояния различных деревьев на пробной площадке. Состояние древостоя оценивали по следующим критериям:

- К < 1,5 — здоровый древостой (I класс);
- К = 1,6—2,5 — ослабленный древостой (II класс);
- К = 2,6—3,5 — сильно ослабленный лес (III класс);
- К = 3,6—4,5 — усыхающий лес (IV класс);
- К > 4,6 — погибший лес (V класс).

Оценку стадии рекреационной дигрессии производили с использованием глазомерной шестибальной шкалы. Основные показатели для оценки перечислены ниже.

¹ По материалам [2].

I стадия. Представляет собой «идеальное» состояние фитоценоза, в котором отсутствует какое-либо воздействие на человека или оно настолько мало, что им можно пренебречь.

II стадия. Появляется вытаптывание человеком: тропинки занимают 5—10 % общей площади участка, стоянок нет. Подрост древесных пород в хорошем состоянии.

III стадия. Вытаптывание усиливается: тропинки занимают 10—15 % площади участка. Подрост начинает усыхать.

IV стадия. Вытаптывание сильное: тропинки занимают 20—40 % площади, подрост засыхает. Кустарники исчезают.

V стадия. Тропинки занимают 50—60 % площади: есть стоянки, подрост и кустарники засохли.

VI стадия. Сплошное вытаптывание либо до голой земли, либо до редкого дернового покрова. Подрост уничтожен, стоят отдельные деревья.

Для анализа результатов геоботанического исследования был произведен расчет корреляции различных показателей и индексов по Пирсону. Данные занесены в сводную табл. 14:

- РД — стадия рекреационной дигрессии;
- МП — проективное покрытие мёртвого покрова;
- СИН (КВ) — доля синантропных видов в общем видовом разнообразии;
- СИН (ПП) — доля проективного покрытия синантропных видов в общем проективном покрытии;
- ШЕННОН — индекс видового разнообразия Шеннона;
- ПИЕЛУ — индекс выравненности по Пиелу;
- СИМПСОН — индекс видового разнообразия Симпсона.

Значение корреляционной связи: $0,9 < r < 1$ — очень сильная корреляция; $0,7 < r < 0,9$ — сильная корреляция; $0,5 < r < 0,7$ — средняя корреляция.

Различные показатели видового состава и структуры растительных сообществ трех ассоциаций леса в связи с рекреационной нагрузкой

Ассоциация	Стадия рекреационной дитрессии	Количество учетных терптий	% мертвого покрова	Состояние древостоя	Процентное количество синантропных видов	Процент проективного покрытия синантропов	Процентное количество видов растений опушечных сообществ и вторичных послелесных лугов	Проективное покрытие растений опушечных сообществ и вторичных послелесных лугов	Индекс Шеннона	Показатель выравнимости Пилу	Индекс Симпсона
Березняки	2	6	21,8 ± 6,3	1,73 ± 0,24	20,7 ± 7,1	18,7 ± 7,4	23,5 ± 6,1	17,2 ± 10,5	2,05 ± 0,49	0,76 ± 0,12	0,52 ± 0,19
	3	9	43,0* ± 8,6	1,60 ± 0,26	33,6* ± 5,7	20,0 ± 7,3	28,0 ± 4,9	13,7 ± 7,8	2,50 ± 0,23	0,84 ± 0,03	0,40 ± 0,12
	4	5	42,8 ± 20,6	1,43 ± 0,18	35,2 ± 16,9	23,2 ± 21,5	22,6 ± 15,0	6,4 ± 7,4	2,53 ± 0,41	0,92 ± 0,07	0,36 ± 0,13
	5	1	75,0	1,60	7,0	7,0	9,0	1,0	1,90	0,70	0,43
	2	5	32,8 ± 14,9	1,50 ± 0,50	29,8 ± 13,1	14,6 ± 9,4	25,4 ± 11,3	4,0 ± 4,9	2,02 ± 0,26	0,83 ± 0,08	0,54 ± 0,20
Ельняки	3	1	16,0	2,35	58,0	38,0	54,3	53,1	2,50	0,80	0,24
	4	2	58,5* ± 6,9	2,30 ± 0,40	22,0 ± 5,9	10,5 ± 1,0	38,5 ± 4,9	5,5 ± 2,1	2,06 ± 0,31	0,88 ± 0,07	0,65 ± 0,07
	5	2	72,5* ± 4,9	2,80 ± 0,23	37,0 ± 3,9	8,5 ± 4,9	32,0 ± 2,3,5	12,2 ± 15,6	2,11 ± 1,80	0,67 ± 0,24	0,59 ± 0,26
	6	1	95,0	2,90	20,0	1,0	28,0	0,0	1,30	0,80	0,52

Окончание табл. 13

Ассоциация	Стадия рекреационной дитрессии	Количество учетных терптий	% мертвого покрова	Состояние древостоя	Процентное количество синантропных видов	Процент проективного покрытия синантропов	Процентное количество видов растений опушечных сообществ и вторичных послелесных лугов	Проективное покрытие растений опушечных сообществ и вторичных послелесных лугов	Индекс Шеннона	Показатель выравнимости Пилу	Индекс Симпсона
Сосняки	2	4	39,0 ± 22,1	1,20 ± 0,2	22,0 ± 20,4	12,3 ± 11,4	25,5 ± 6,7	2,8 ± 2,2	1,84 ± 0,44	0,79 ± 0,07	0,61 ± 0,34
	3	1	15,0	1,82	55,0	52,0	50,0	37,0	2,10	0,70	0,85
	4	1	45,0	1,65	30,0	19,0	18,0	5,0	2,00	0,90	0,71
	5	2	77,0 ± 21,6	1,75 ± 1,08	19,0 ± 15,7	5,5 ± 8,8	15,5 ± 14,7	0,5 ± 1,0	1,94 ± 0,60	0,86 ± 0,15	0,64 ± 0,30
	2	4	39,0 ± 22,1	1,20 ± 0,2	22,0 ± 20,4	12,3 ± 11,4	25,5 ± 6,7	2,8 ± 2,2	1,84 ± 0,44	0,79 ± 0,07	0,61 ± 0,34

* Статистически значимые отличия от второй стадии РД при $\alpha = 0,05$.

Таблица 14

Корреляционная зависимость (по Пирсону)
между различными характеристиками состояния
и видового многообразия исследованных ассоциаций

Ассоциация	Показатель	РД	МП	СИН (КВ)	СИН (ПП)	ШЕННОН	ПИЕЛУ
Березняки	МП	0,94					
	СИН (КВ)	-0,39	-0,55				
	СИН (ПП)	-0,58	-0,77	0,94			
	ШЕННОН	-0,178	-0,33	0,97	0,84		
	ПИЕЛУ	-0,14	-0,39	0,94	0,88	0,95	
	СИМПСОН	-0,63	-0,45	-0,47	-0,22	-0,66	-0,65
Ельняки	МП	0,91					
	СИН (КВ)	-0,42	-0,72				
	СИН (ПП)	-0,64	-0,90	0,91			
	ШЕННОН	-0,67	-0,84	0,80	0,83		
	ПИЕЛУ	-0,39	-0,27	-0,31	0,11	-0,07	
	СИМПСОН	0,30	0,61	-0,84	-0,84	-0,44	0,04
Сосняки	МП	0,73					
	СИН (КВ)	-0,27	-0,84				
	СИН (ПП)	-0,33	-0,87	1,00			
	ШЕННОН	0,24	-0,49	0,87	0,83		
	ПИЕЛУ	0,60	0,75	-0,737	-0,78	-0,37	
	СИМПСОН	-0,09	-0,74	0,98	0,97	0,94	-0,62

Вопросы

1. Оценить экологическое состояние каждой ассоциации, а также процессы дигрессии и синантропизации, происходящие в них.
2. Определить закономерности изменения видового состава и распределения растений на территории исследованных ассоциаций с учетом коэффициента корреляции Пирсона.

СИТУАЦИОННАЯ ЗАДАЧА № 7. Биоиндикация загрязнения атмосферного воздуха химическими предприятиями¹

Образцы эпифитного мха *Pylaisiapolyantha*, произрастающего на коре осин и тополей, отобрали на разных расстояниях от химического предприятия. Отобранные образцы мха предварительно очищали от земли и различных примесей, затем производили промывку дистиллированной водой, далее высушивали до постоянного веса при температуре 80—100 °С. После высушивания образцы подвергали процессу гомогенизации и прессовали по 2 параллельные пробы в таблетки массой 0,2—0,3 г и диаметром 1 см. Содержание химических элементов определяли с помощью нейтронно-активационного анализа гамма-спектрометра. Фоновые пробы мха отобраны также в 2005 и 2011 г. на северо-западе региона на большом расстоянии от промышленных центров. В каждой пробе определено содержание 23 химических элементов по долгоживущим изотопам: Sm, Mo, Ce, Ca, Lu, Tb, Cr, Yb, Hf, Ba, Sr, Nd, Br, As, Sb, Rb, Fe, Zn, Sc, Na, Eu, K, La; погрешность измерений составила 10—15 %.

Вопросы

Оценить содержание химических элементов в эпифитном мхе *Pylaisia polyantha* в зависимости от расположения точек сбора.

¹ По материалам [1].

Усредненные значения концентрации элементов
в навеске мха, мкг/г

Точки усреднения Элемент	В радиусе 0,3–4 км (2011 г.)	В радиусе 14–15,5 км (2011 г.)	В радиусе 14–15,5 км (2005 г.)	Фон	Точки усреднения Элемент	В радиусе 0,3–4 км (2011 г.)	В радиусе 14–15,5 км (2011 г.)	В радиусе 14–15,5 км (2005 г.)	Фон
Sm	0,69	0,29	0,38	0,46	Br	8,7	9,6	9,7	7,1
Mo	0,4	0,23	0,14	0,07	As	0,65	0,33	0,49	0,28
Ce	13,5	4,6	6,4	3,2	Sb	0,54	0,27	0,26	0,13
Ca	20 148	30 370	20695	20 961	Sc	2	0,8	1,3	0,76
Lu	0,094	0,039	0,064	0,046	Rb	15	7,6	15,1	8,1
Tb	0,07	0,03	0,04	0,032	Fe	4155	1854	2430	1563
Cr	9,5	8,1	6,4	4,78	Zn	187	153	239	178
Yb	0,55	0,27	0,38	0,04	Na	584	280	496	408
Hf	0,82	0,47	0,61	0,12	Eu	0,18	0,1	0,17	0,1
Ba	381	536	384	320	K	3057	1626	2344	3498
Sr	174	191	288	237	La	2,2	1,3	1,4	1,43
Nd	0,65	0,31	0,38	0,55					

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Биоиндикация загрязнения атмосферного воздуха химическими предприятиями / Н. К. Рыжакова и др. // Изв. вузов. Физика. — 2013. — Т. 56, № 11-3. — С. 254—258. — URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=21218031>.
2. Горшкова, Т. А. Анализ изменения состава и структуры лесных растительных ассоциаций в градиенте рекреационной нагрузки / Т. А. Горшкова, Е. С. Хукаленко, Н. Н. Павлова, Н. В. Амосова, М. М. Рассказова // Науч. вед. Белгород. гос. ун-та. Сер. Естественные науки. — 2012. — № 3 (122). — URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/analiz-izmeneniya-sostava-i-struktury-lesnyh-rastitelnyh-asotsiatsiy-v-gradiente-rekreatsionnoy-nagruzki>.
3. Емец, В. М. Эпигеобионтная мезофауна как биоиндикатор состояния почвенных экосистем в сосняках Воронежского заповедника / В. М. Емец // Вестн. Тамбов. ун-та. Сер. Естественные и технические науки. — 2014. — № 5. — URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/epigeobiontnaya-mezofauna-kak-bioindikator-sostoyaniya-pochvennyh-ekosistem-v-sosnyakah-voronezhskogo-zapovednika>.
4. Майшанова, М. И. Влияние длительного известкового загрязнения на сообщество моллюсков соснового биогеоценоза / М. И. Майшанова, Т. Г. Стойко, Ю. П. Демаков // Вестн. Волж. ун-та им. В. Н. Татищева. — 2012. — № 1 (9). — URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-dlitelnogo-izvestkovogo-zagryazneniya-na-soobshchestvo-mollyuskov-sosnovogo-biogeotsenoza>.
5. Коновалова, О. Н. Почвенные беспозвоночные как биоиндикаторы техногенного воздействия на экосистему г. Архангельска / О. Н. Коновалова, Л. Ф. Попова, Б. Ю. Филиппов // Живые и биокосные системы. — 2013. — № 3. — URL: <http://www.jbks.ru/archive/issue-3/article-18>.

6. Саитова, З. Р. Лихеноиндикация качества воздуха в Ишимбайском заказнике Республики Башкортостан / З. Р. Саитова, Р. Г. Фархутдинов, А. А. Михайлова // Вестн. Удмурт. гос. ун-та. — 2015. — № 5-2. — URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/lihenoindikatsiya-kachestva-vozduha-v-ishimbayskom-zakaznike-respubliki-bashkortostan>.

**СБОРНИК СИТУАЦИОННЫХ ЗАДАЧ
ПО БИОИНДИКАЦИИ НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМ**

Методические указания

Составитель Кравцова Анна Викторовна

Корректурa *Е. С. Меньшиной*
Компьютерная верстка *Е. С. Меньшиной*

Подписано в печать ...12.18.

Усл. печ. л. 1,9. Уч.-изд. л. 0,7.

Тираж ... экз. Заказ

Бесплатно

Челябинский государственный университет
454001, Челябинск, ул. Братьев Кашириных, 129

Издательство Челябинского государственного университета
454021, Челябинск, ул. Молодогвардейцев, 57б