

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра экологии, ботаники и охраны природы

Н. В. Прохорова

УРБОЭКОЛОГИЯ С ОСНОВАМИ ФИТОМЕЛИОРАЦИИ

*Утверждено редакционно-издательским советом университета
в качестве практикума*

Самара
Издательство «Самарский университет»
2015

УДК 550.47
ББК 28.08
П78

Рецензенты : д-р биол. наук, проф. О. Н. Макурина;
д-р географ. наук, проф. А. А. Головлёв

Прохорова, Н. В.

П78

Урбоэкология с основами фитомелиорации : практикум /
Н. В. Прохорова. – Самара : Изд-во «Самарский университет»,
2015. – 48 с.

В практикуме представлены практические задания по основным разделам дисциплины специализации «Фитомелиорация окружающей среды», которые предназначены для бакалавров. Для магистров подобраны лабораторные и практические работы по курсу «Урбоэкология». Особенностью данного практикума является объединение двух экологических курсов на базе разделов равно важных как для урбоэкологии, так и для фитомелиорации. Содержатся темы рефератов по предлагаемым дисциплинам, а также вопросы для самоконтроля. Практикум может быть полезным при подготовке курсовых и квалификационных работ по экологии, а также аспирантам, преподавателям, в частности, в научной работе с учащимися старших классов школ, лицеев, колледжей.

Предназначен для бакалавров 4 курса и магистров 2 курса, обучающихся по направлению «Экология».

УДК 550.47
ББК 28.08

© Прохорова Н. В., 2015
© ФГБОУ ВПО «Самарский
государственный университет»,
2015

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Тема 1. Устойчивое развитие урбанизированных территорий. Практическая работа № 1. Экологическое равновесие урбанизированной территории.	5
Тема 2. Почвенный покров в городах. Практическая работа № 2. Химическое загрязнение почв города.	9
Тема 3. Воздушная среда города. Практическая работа № 3. Оценка опасности загрязнения городского воздуха промышленными предприятиями и автотранспортом.	13
Тема 4. Влияние городской среды на растения. Практическая работа № 4. Изучение жизненного состояния древесных насаждений по шкале В.А. Алексеева.	23
Тема 5. Загрязнение городской среды тяжелыми металлами. Практическая работа № 5. Определение потенциальной доступности тяжелых металлов растениям по кислотно-основным свойствам почв.	26
Практическая работа № 6. Гистохимическая методика оценки металлоаккумулирующей способности растений и полиметаллического загрязнения городской среды.	27
Тема 6. Фитомелиоративные системы озеленения города. Практическая работа № 7. Разработка ассортимента устойчивых растений и подготовка проекта озеленения разных функциональных зон города.	30
Темы рефератов.	31
Библиографический список.	32
Приложения.	33

ВВЕДЕНИЕ

Настоящее учебно-методическое пособие представляет собой практикум по курсу «Урбоэкология с основами фитомелиорации» для бакалавров и магистров, обучающихся по специальности «Экология», на биологических факультетах высших учебных заведений. В него вошли лабораторные, практические работы, вспомогательный теоретический материал, расширяющие представления студентов по базовым темам данного курса, подготовленные и апробированные в ходе многолетнего преподавания дисциплин специализации «Урбоэкология» и «Фитомелиорация окружающей среды» на биологическом факультете Самарского государственного университета и в других университетах. Предлагаемые практические и лабораторные работы позволяют предметно рассмотреть и более глубоко понять экологические особенности урбоэкосистем, познакомиться с основными экологическими проблемами урбосреды, предметно оценить место и роль растений и растительности в городской среде, выявить возможности растительных организмов в мелиорации антропогенно нарушенных территорий, к которым относятся города.

Особенностью настоящего учебного пособия является насыщенность теоретическим материалом по изучаемым темам, а также существенная региональная составляющая и экологическая направленность представленных лабораторных работ и вспомогательного справочного материала. Эти аспекты позволяют использовать данное учебное пособие не только для выполнения практических работ, но и для подготовки рефератов, контрольных самостоятельных заданий. Большинство предлагаемых лабораторных и практических работ носят исследовательский характер, поэтому они могут быть использованы для выполнения курсовых, квалификационных и даже диссертационных работ по урбоэкологии, фитомелиорации городской среды, а также экологической геохимии и биогеохимии.

Для проверки усвоения студентами учебного материала в конце каждой темы даются контрольные вопросы. Кроме того, в учебном пособии представлены темы рефератов по курсам «Урбоэкология» и «Фитомелиорация окружающей среды».

Учебно-методическое пособие «Урбоэкология с основами фитомелиорации» адресовано широкому кругу бакалавров, магистров, аспирантов и преподавателей, связанных в своей учебе и работе с общей экологией, проблемами практической экологии городской среды и экологией почв и растений. Его материалы могут быть полезны для организации научной работы с учащимися старших классов школ, лицеев, колледжей.

Тема 1. Устойчивое развитие урбанизированных территорий

Практическая работа 1

Экологическое равновесие урбанизированной территории [7]

Цель работы: получение практических навыков определения показателей экологического равновесия урбанизированных территорий.

Материалы и оборудование: микрокалькулятор, ситуационный план или таблицы исходных данных.

Демографическая ёмкость территории – максимальное число жителей, потребности которых могут быть обеспечены за счёт ресурсов территории при сохранении экологического равновесия.

Демографическую ёмкость определяют как наименьшее из значений частных демографических ёмкостей по территории, воде, рекреационным ресурсам, условиям организации пригородной сельскохозяйственной базы.

По наличию территории:

$$D_1 = \frac{T \cdot 1000}{H},$$

где D_1 – частная демографическая ёмкость, чел.;

T – площадь территории, для которой рассчитывается демографическая ёмкость;

H – ориентировочная потребность в территории 1000 жителей ($H = 20$ – 30 га).

По наличию всех водных ресурсов:

$$D = D_2 + D_3,$$

в том числе поверхностных вод

$$D_2 = \sum_{i=1}^n \frac{P_i K \cdot 1000}{P},$$

где D_2 – частная демографическая ёмкость, чел.;

P_i – минимальный расход воды в i -ом водотоке при входе в район, которую можно изъять для рассматриваемой территории из общего водохозяйственного бассейна, м³/сут;

K – коэффициент, учитывающий необходимость разбавления сточных вод (для наших широт $K = 0,1$),

P – нормативная водообеспеченность 1000 жителей, м³/сут (2000 м³/сут).

Минимальный расход воды P_i (м³/сек) рассчитывается по формуле:

$$P_i = B \cdot h \cdot v,$$

где B – минимальная ширина реки (определяется как треть ширины реки в паводок),

h – средняя глубина реки в межень,

v – скорость течения, м/с.

По наличию подземных вод:

$$D_3 = \sum_{i=1}^n \frac{E_i T_i \cdot 1000}{P_1},$$

где D_3 – частная демографическая ёмкость, чел.;

E_i – эксплуатационный модуль подземного стока i -го участка, м³/сут (площадь T_i в данном случае равна 1)

P_1 – нормативная водообеспеченность 1000 жителей.

По рекреационным ресурсам:

для отдыха в лесу

$$D_4 = \frac{TL0,5 \cdot 1000}{KHM},$$

где D_4 – частная демографическая ёмкость, чел.;

T – площадь территории района, га;

L – коэффициент лесистости района, %;

K – доля рекреантов в летний период ($K = 0,4$);

H – ориентировочный норматив потребности 1000 жителей в рекреационных территориях, в среднем $H = 2$ км²;

M – коэффициент распределения отдыхающих в лесу и у воды ($M = 0,85-0,90$ для умеренного климата, $M = 0,3-0,4$ для жаркого климата);

для отдыха у воды

$$D_5 = \frac{2 \sum R_i F 1000}{K_{II} M_1},$$

где D_5 – частная демографическая ёмкость, чел.;

R_i – длина i -го водотока, пригодного для купания, км;

F – коэффициент, учитывающий возможность организации пляжей (в лесной зоне $F = 0,5$);

K_{II} – ориентировочный норматив потребности 1000 жителей в пляжах, км ($K_{II} = 0,5$);

M_1 – коэффициент распределения отдыхающих у воды и в лесу ($M_1 = 0,10-0,15$ для умеренного климата).

По условиям создания пригородной сельскохозяйственной базы

$$D_6 = \frac{T_{cx} q 1000}{h},$$

где D_6 – частная демографическая ёмкость, чел.;

T_{cx} – площадь территории района, благоприятной для ведения сельского хозяйства, га;

q – коэффициент, учитывающий использование сельскохозяйственных запасов под пригородную базу, в среднем $q = 0,2-0,3$;

h – ориентировочный показатель потребности 1000 жителей района в землях пригородной сельскохозяйственной базы, га, $h = 500-2000$.

Кроме демографической ёмкости территории не менее важны и другие инженерно-экологические характеристики: репродуктивная способность территории, геохимическая активность и экологическая ёмкость.

Из всех этих показателей наибольшее значение для оценки уровня экологического равновесия имеет репродуктивная способность территории по кислороду, показывающая, компенсирует ли рассматриваемая территория при данном уровне населения и развитии хозяйства потери кислорода.

Воспроизводство кислорода растительным покровом территории рассчитывается по формуле:

$$ПК = 1,45 \cdot (S_{лес} \cdot P_{лес} + S_{с/х} \cdot P_{с/х} + S_{паст} \cdot P_{паст} + S_{гор} \cdot P_{гор}),$$

где $ПК$ – продуктивность по кислороду (т/га в год);

$S_{лес}$ – площадь лесов;

$S_{с/х}$ – площадь сельхозугодий;

$S_{паст}$ – площадь пастбищ;

$S_{гор}$ – площадь городских зелёных насаждений;

$P_{лес}$ – продуктивность лесов (10-15 т/га в год);

$P_{с/х}$ – продуктивность сельхозугодий (5-6 т/га в год);

$P_{паст}$ – продуктивность пастбищ (4-5 т/га в год);

$P_{гор}$ – продуктивность городских зелёных насаждений (0,8-1 т/га в год);

1,45 – коэффициент перевода биопродуктивности к свободному кислороду.

Данная формула учитывает расход кислорода флорой и фауной изучаемой территории.

Расход кислорода населением и хозяйством рассчитывается по формуле:

$$PK = 2ДЕТ \cdot П_ч + A \cdot П_n \cdot 365,$$

где ДЕТ – демографическая ёмкости территории;

$П_ч$ – потребление кислорода одним человеком (0,26 т/год);

2 – коэффициент, учитывающий потребление кислорода автотранспортом и коммунальными службами;

A – объём выпуска продукции предприятиями (ед./сутки);

$P_{п}$ – потребление кислорода при выпуске единицы продукции.

Сравнив значения ПК и РК, можно сделать вывод о достаточности репродуктивной способности территории по кислороду (аналогично для почв, воды, растительности).

Задание: рассчитать демографическую ёмкость территории и инженерно-экологические показатели экологического равновесия территории. Предложить рекомендации по увеличению демографической ёмкости.

Ход работы:

1. Описать методику расчёта показателей экологического равновесия.
2. Рассчитать демографическую ёмкости территории по данным табл. 1.

Таблица 1

Варианты заданий к практической работе 1 для расчёта демографической ёмкости территории

Вариант	Площадь территории, тыс. га	Ширина реки в паводок, м	Глубина реки, м	Скорость течения реки, м/с	Эксплуат. модуль подз. стока с 1 га, м ³ /сут	Коэффициент лесистости	Длина водотоков, пригодных для купания	Площадь, благоприятная для ведения с/х
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	113	70	5	0,9	0,929	0,45	22	0,35
2	532	130	4	1,2	0,122	0,32	17	0,45
3	216	95	6	0,9	0,55	0,52	18	0,30
4	98	84	8	0,5	1,786	0,63	12	0,25
5	291	96	7	0,9	0,696	0,25	21	0,52
6	436	123	4	1,0	0,499	0,36	18	0,48
7	315	97	9	1,1	0,611	0,54	16	0,31
8	281	85	5	0,8	0,587	0,46	19	0,32
9	454	89	2	0,8	0,245	0,37	14	0,47
10	273	89	6	0,9	0,44	0,39	13	0,54
11	395	78	8	0,8	0,332	0,54	19	0,29
12	427	109	9	1,0	0,316	0,63	25	0,33
13	785	105	5	1,3	0,155	0,48	27	0,47
14	654	97	4	1,5	0,243	0,49	28	0,30
15	285	96	8	1,2	0,54	0,52	29	0,41

3. Определить факторы, в наибольшей степени ограничивающие демографическую ёмкость территории города, предложить мероприятия по её увеличению.

4. Выбрать вариант из табл. 2 и определить репродуктивную способность территории города по кислороду, сделав вывод о её достаточности или недостаточности, спрогнозировать дальнейшее экономическое и экологическое развитие территории.

5. Сделать выводы.

Таблица 2

Варианты заданий к практической работе 1 для расчёта репродуктивной способности территории по кислороду

Вариант	$S_{наст}$, тыс. га	$S_{гор}$, га	A , тыс. ед./сут	$Пп$, т/ед.	Вариант	$S_{наст}$, тыс. га	$S_{гор}$, га	A , тыс. ед./сут	$Пп$, т/ед.
1	5	35	36,8	0,3	9	16	46	32,5	0,5
2	2	24	8,5	0,2	10	7	59	29,3	0,1
3	12	26	9,6	0,4	11	10	27	36,8	0,3
4	21	52	22,6	0,3	12	6	102	42,5	0,2
5	3	38	36,2	0,2	13	11	52	56,2	0,3
6	8	45	25,6	0,2	14	12	73	96,5	0,1
7	4	58	36,2	0,3	15	4	41	47,6	0,2
8	5	39	35,9	0,4	16	8	93	72,5	0,4

Вопросы для самоконтроля:

1. Что такое демографическая ёмкости территории и как она определяется?
2. Какие инженерно-экологические показатели экологического равновесия используются в урбоэкологии?
3. На каких показателях основано определение репродуктивной способности территории по кислороду?

Тема 2. Почвенный покров в городах

Практическая работа № 2

Химическое загрязнение почв города [7]

Цель работы: получение практических навыков определения показателей химического загрязнения почв города.

Материалы и оборудование: микрокалькулятор.

Геохимический фон – среднее содержание химического элемента в почвах по данным изучения статистических параметров его распределения. Геохимический фон является региональной или местной характеристикой почв и пород.

Геохимическая аномалия – участок территории, в пределах которого статистические параметры распределения химического элемента достоверно отличаются от фона.

Зона загрязнения – геохимическая аномалия, в пределах которой содержание загрязняющих веществ достигает концентраций, оказывающих неблагоприятное влияние на здоровье человека.

Уровень загрязнения характеризуется величиной **коэффициента концентрации Kc_i** :

$$Kc_i = \frac{C_i}{C\phi_i},$$

где C_i – концентрация загрязняющего вещества в почве,

$C\phi_i$ – его фоновая концентрация, мг/кг почвы.

Загрязнение обычно бывает полиэлементным, и для его оценки рассчитывают **суммарный показатель загрязнения**, представляющий собой аддитивную сумму превышений коэффициентов концентраций над фоновым уровнем:

$$Z_c = \sum_{i=1}^n Kc_i - (n - 1),$$

где Kc_i – коэффициент концентрации элемента,

n – число элементов с $Kc > 1$.

Величину суммарного показателя загрязнения почв используют для оценки **уровня опасности загрязнения** территории города. Значения суммарного показателя загрязнения до 16 соответствуют допустимому уровню опасности для здоровья населения; от 16 до 32 – умеренно опасному; от 32 до 128 – опасному; более 128 – чрезвычайно опасному.

Для оценки выявленных геохимических аномалий в городах, а также для оценки эколого-геохимических изменений, происходящих в результате антропогенных процессов, В. А. Алексеенко предложены показатели абсолютного (ПАН) и относительного (ПОН) накопления химических элементов. ПАН (в т/км²) показывает, какая масса химического элемента накопилась в результате природных или техногенных процессов на единице площади в концентрациях, превышающих региональное фоновое (либо кларковое или ПДК) содержание. Он вычисляется как отношение рассчитанного содержания химического элемента, накопившегося в результате техногенного химического загрязнения в химической аномалии, к площади этой аномалии. В связи с тем, что значения фоновых содержаний элементов в почве неодинаковы был введён показатель относительного накопления (ПОН). ПОН чрезвычайно важен как при оценке воздействия определённого элемента на организмы, так и

при сравнении такого воздействия разными элементами в конкретной ландшафтно-геохимической обстановке. Он представляет собой отношение показателя абсолютного накопления элемента к фоновому (кларковому) его содержанию в почве:

$$ПОН = \frac{ПАН}{Сф}$$

Расчёт ПОН позволяет определить элементы, на загрязнение окружающей среды которыми следует обратить первоочередное внимание при проведении экологической реабилитации почв и медико-профилактической работе.

Задание: выбрать по одному варианту из табл. 3 и 4, определить степень опасности загрязнения городских почв, установить, какие загрязнители вносят наибольший вклад в Z_c . Описать выявленные геохимические аномалии, установив, какие загрязнители представляют наибольшую опасность для экосистем и здоровья человека.

Таблица 3

**Варианты заданий для оценки степени опасности загрязнения почв
(указана концентрация загрязнителей, мг/кг)**

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Район 1	HS	0,69	12,5	96,2	2,5	63,2	23,0	1,3	52,0	0,2	8,5	25,6	65,2
	HCO ₃	0,21	1,3	1,4	520,6	25,6	2,6	516,3	52,3	518,5	365,2	89,6	56,2
	Cl	32,4	25,5	45,6	10,8	112,3	65,2	25,6	69,5	18,8	65,2	16,5	45,2
	SO ₄	0,01	1,2	65,2	1,5	64,2	18,9	54,5	12,3	1,5	10,5	12,1	33,2
	Zn	0,002	63,3	3,2	15,6	15,2	42,0	1,9	22,6	17,6	56,2	25,6	65,5
	NH ₃	0,5	10,5	12,2	10,5	2,6	15,2	12,3	16,2	17,5	25,2	12,5	52,5
	Нитраты	0,13	2,6	13,6	5,6	21,1	63,2	8,0	8,6	5,6	12,3	39,6	12,7
Район 2	HS	0,67	20,0	109,5	3,8	60,2	15,2	1,6	117,8	0,1	14,5	36,9	58,9
	HCO ₃	0,21	1,2	2,8	650,0	30,9	13,8	319,6	69,0	540,2	590,5	98,5	182,5
	Cl	7,3	13,6	42,8	12,6	108,2	35,9	30,2	58,5	10,6	35,8	22,5	56,5
	SO ₄	0,005	3,6	36,2	2,3	35,6	28,5	62,5	12,0	2,3	12,5	10,4	39,1
	Zn	0,001	56,3	2,5	21,2	15,2	96,0	12,5	18,6	24,2	46,5	39,0	69,1
	NH ₃	0,7	15,6	10,0	16,6	3,0	19,8	65,6	15,3	12,6	32,6	19,9	40,2
	Нитраты	0,005	12,8	23,3	7,0	14,2	90,5	16,3	11,6	12,0	12,3	46,8	18,8
Район 3	HS	0,67	11,4	100,5	3,8	93,4	9,9	1,5	99,5	0,1	14,8	30,5	58,6
	HCO ₃	0,21	1,2	1,8	690,4	56,2	10,2	465,5	44,7	538,0	589,6	102,0	130,6
	Cl	19,3	16,3	52,3	11,6	92,0	40,6	29,3	57,9	9,6	40,5	15,3	58,9
	SO ₄	0,004	2,5	66,3	1,0	60,0	65,2	66,5	12,5	1,0	16,8	12,3	45,8
	Zn	0,001	58,9	2,8	18,5	15,4	33,0	1,6	13,5	16,5	50,8	32,1	78,0
	NH ₃	0,3	19,2	9,6	14,0	3,0	56,6	42,2	22,0	10,0	18,8	8,8	42,1
	Нитраты	0,004	12,5	4,5	7,0	18,9	77,8	14,9	9,9	8,0	12,3	58,1	29,6

Варианты заданий для характеристики геохимических аномалий

Элемент	Варианты										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Pb	824*	2070	1050	1200	1680	2560	882	956	1472	3020	2114
	103	230	120	150	240	320	98	136	184	172	302
Zn	2080	715	1500	992	2765	2835	935	1764	1944	2834	1104
	200	65	150	124	197	270	85	147	162	218	96
Ti	1040	576	2040	1275	2432	2244	1044	3990	3240	2250	2192
	65	36	102	85	152	132	58	210	118	150	137
Cu	840	1050	1712	750	960	1368	1273	665	1136	1143	904
	105	150	214	100	120	152	134	95	142	127	113
V	600	832	290	805	1056	963	1045	602	1088	1656	1071
	75	104	58	115	132	107	95	86	136	184	102
Ga	2160	1800	1840	1648	3315	3072	2891	1540	2345	1350	2744
	450	360	230	412	663	512	413	385	469	525	392
Cr	1200	2970	1080	1484	1480	1728	2030	1505	1568	1683	2255
	150	330	180	212	185	192	203	215	196	187	205

Примечание: * – в числителе – накопление в почве геохимических аномалий веществ техногенного происхождения, т; в знаменателе – площадь аномалий, км²

Ход работы:

1. Описать методику определения уровня опасности загрязнения территории города и оценки геохимических аномалий.
2. За фоновые значения концентрации при расчёте суммарного показателя загрязнения принять данные табл. 5.
3. Рассчитать коэффициенты концентрации химических элементов в почвах трёх районов города, для каждого района определить суммарный показатель загрязнения Z_c .
4. Провести сравнительный анализ химического загрязнения почв районов. Сделать вывод.

Таблица 5

Фоновые концентрации загрязняющих веществ для расчёта суммарного показателя загрязнения, мг/кг

Вещество	Фоновая концентрация	Вещество	Фоновая концентрация
Гидрокарбонаты	510	Нитраты	15
Хлориды	19,9	Гидросульфиды	107
Аммоний	11	Цинк	33
Сульфаты	45	Медь	25

5. Охарактеризовать геохимические аномалии на урбанизированной территории по показателям абсолютного и относительного накопления. За фоновые значения концентрации загрязнителей принять данные табл. 6.

6. Выполнить ранжирование элементов по величине удельного вклада в загрязнение городских почв, а также по величине опасности для здоровья человека, определяемой показателем относительного накопления. Сделать вывод о наиболее опасных в данных условиях загрязнителях.

Таблица 6

Фоновые концентрации загрязняющих веществ для расчёта характеристик геохимических аномалий, т/км²

Вещество	Фоновая концентрация	Вещество	Фоновая концентрация
Свинец	0,001	Ванадий	0,01
Цинк	0,005	Галлий	0,003
Титан	0,457	Хром	0,02
Медь	0,002	Никель	0,001

7. Результаты расчёта оформить в виде таблицы:

Элемент	Площадь аномалии	Техногенная составляющая элементов, т	Фоновая концентрация	ПАН, т/км ²	ПОН

Вопросы для самоконтроля:

1. Какие показатели используются для оценки химического загрязнения почвенного покрова?
2. Как оценивается уровень опасности загрязнения территории города?
3. В чём суть показателя относительного накопления химических элементов и для чего он был введён?

Тема 3. Воздушная среда города

Практическая работа № 3

Оценка опасности загрязнения городского воздуха промышленными предприятиями и автотранспортом [7]

Цель работы: получение практических навыков определения степени опасности предприятия, автотранспорта, дороги и территориального производственного комплекса.

Материалы и оборудование: микрокалькулятор.

Главными источниками загрязнения воздуха в городах являются промышленные предприятия и автомобильный транспорт.

Категория опасности предприятия (КОП) используется для характеристики изменений качества атмосферы через выбросы, осуществляемые стационарными источниками с учётом их токсичности.

КОП определяется через массовые характеристики выбросов в атмосферу:

$$КОП = \sum_{i=1}^m КОВ_i = \sum_{i=1}^m \left(\frac{M_i}{ПДК_i} \right)^{a_i},$$

где m – количество загрязняющих веществ, выбрасываемый предприятием;

$КОВ_i$ – категория опасности i -го вещества, м³/с;

M_i – масса выбросов i -й примеси в атмосферу, мг/с;

$ПДК_i$ – среднесуточная ПДК i -го вещества в атмосфере населённого пункта, мг/м³;

a_i – безразмерная константа, позволяющая соотнести степень вредности i -го вещества с вредностью диоксида серы (табл. 7).

Таблица 7

Значения коэффициента a

Класс опасности вещества	1	2	3	4
a_i	1,7	1,3	1,0	0,9

Значения КОП рассчитывают при условии, когда $\frac{M_i}{ПДК_i} > 1$. При

$\frac{M_i}{ПДК_i} < 1$ значения КОП не рассчитываются и принимаются равными нулю.

Для расчета КОП при отсутствии ПДК_{СС} (средне суточная предельно допустимая концентрация) используют значения ПДК_{МР} (предельно допустимая максимальная разовая концентрация) или уменьшенные в 10 раз значения предельно допустимых концентраций рабочей зоны. Для веществ, по которым отсутствует информация о ПДК или ОБУВ (ориентировочный безопасный уровень вещества), значения КОП приравнивают к массе выбросов данных веществ.

Предприятия по величине категории опасности делят в соответствии с условиями, приведёнными в табл. 8, ПДК загрязняющих веществ приведены в табл. 9.

Таблица 8

Категории опасности предприятий

Категория опасности предприятия	Значения КОП
I	$\geq 31,7 \cdot 10^6$
II	$\geq 31,7 \cdot 10^4$
III	$\geq 31,7 \cdot 10^3$
IV	$< 31,7 \cdot 10^3$

Таблица 9

Предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ

№	Вещество	Класс опасности	ПДК _{МР} , мг/м ³	ПДК _{СС} , мг/м ³
1	Углерода оксид	4	5	3
2	Азота диоксид	2	0,2	0,04
3	Азота оксид	3	0,4	0,06
4	Серы диоксид	3	0,5	0,05
5	Аммиак	4	0,2	0,04
6	Сероводород	2	0,008	-
7	Озон	1	0,16	0,03
8	Формальдегид	2	0,035	0,003
9	Фенол	2	0,01	0,003
10	Бензол	2	0,3	0,1
11	Толуол	3	0,6	-
12	Параксилол	3	0,3	-
13	Стирол	2	0,04	0,002
14	Этилбензол	3	0,02	-
15	Нафталин	4	0,003	-
16	Взвешенные вещества	3	0,5	0,15
17	Зола	3	0,15	0,05
18	Цементная пыль	3	0,02	0,02
19	Железа оксид	3	0,04	0,04
20	Кадмия оксид	1	0,0003	0,0003
21	Кальция карбид	3	0,3	0,3
22	Кальция оксид	3	0,3	0,3
23	Керосин	3	1,2	1,2
24	Кислота азотная	2	0,4	0,15
25	Кислота серная	2	0,3	0,1
26	Кислота уксусная	3	0,2	0,06
27	Пыль древесная	3	0,1	0,1
28	Пыль	3	0,3	0,1

Например, при величине выброса диоксида азота 3,521 т/год категория опасности вещества будет равна:

$$\text{КОВ}_{\text{NO}_2} = \left(\frac{3,521 \cdot 31,7}{0,04} \right)^{1,3} = 30155 = 3,02 \cdot 10^4 \text{ м}^3 / \text{с}$$

Массовый выброс загрязняющих веществ автомобильным транспортом при движении по данной улице M_{ij} рассчитывается по формуле.

$$M_{ij} = m_{ij} \cdot L^N_{\text{общ}} 10^{-6},$$

где m_{ij} – приведённый пробеговый выброс, г/км (табл. 10);

$$m_{ij} = m_i \cdot K_{ri} \cdot K_{ti},$$

где m_i – пробеговый выброс i -го загрязняющего вещества транспортным средством, г/кг;

K_{ri} – коэффициент, учитывающий изменение выбросов загрязняющих веществ при движении по территории населённых пунктов;

K_{ti} – коэффициент, учитывающий влияния технического состояния автомобилей на массовых выброс i -го загрязнителя;

$L^N_{\text{общ}}$ – суммарный годовой пробег автомобилей по данной улице, который является функцией времени, интенсивности движения и скорости АТС, км.

Суммарный сезонный пробег по улице рассчитывается:

$$L^N_{\text{общ}} = \sum_t^n L^N_{\text{сез}} = \sum_t^n v_{\text{авт}} t_g N^N_{\text{сез}},$$

где $v_{\text{авт}}$ – скорость движения транспортных средств;

$N^N_{\text{сез}}$ – число автомобилей, прошедших по улице за сезон;

t_g – время движения автотранспортного средства по данной улице, которое рассчитывается по формуле:

$$t_g = \frac{L}{v_{\text{авт}}},$$

где L – длина улицы, км.

Таким образом, суммарный годовой пробег автомобилей будет рассчитываться по формуле:

$$L^N_{\text{общ}} = \sum_t^n L \cdot N^N_{\text{сез}},$$

Число автомобилей, прошедших по данной улице за сезон, определяется суммированием по формуле:

$$N^N_{\text{сез}} = t \cdot (N_y + N_{\text{д}} + N_{\text{г}} + N_{\text{н}}) \cdot n,$$

где t – время, б часов; n – количество дней в сезоне.

Значения приведённых пробеговых выбросов данным типом транспортных средств приведены в табл. 10.

Таблица 10

Приведённый пробеговый выброс для различных типов автотранспорта

Тип автотранспорта	Примеси	Пробеговый выброс, г/км	Коэффициенты			Приведённый пробеговый выброс, г/км
			K_{Fi}	K_{Ti}	K_{Mi}	
Легковые	CO	13,0	0,87	1,72	–	19,8
	NO ₂	1,5	0,94	1,0	–	1,4
	CH	2,6	0,92	1,48	–	3,5
	SO ₂	0,076	1,15	1,15	–	0,1
	Pb	0,025	1,15	1,15	–	0,03
Грузовые бензиновые	CO	52,6	0,89	2,0	0,68	63,7
	NO ₂	5,1	0,79	1,0	0,67	2,7
	CH	4,7	0,85	1,83	0,87	6,4
	SO ₂	0,16	1,15	1,15	1,19	0,3
	Pb	0,023	1,15	1,15	1,19	0,04
Грузовые дизельные	CO	2,8	0,95	1,6	0,68	2,9
	NO ₂	8,2	0,92	1,0	0,82	6,2
	CH	1,1	0,93	2,1	0,76	1,6
	SO ₂	0,96	1,15	1,15	1,2	1,5
	Сажа	0,5	0,8	1,9	0,54	0,4
Автобусы бензиновые	CO	67,1	0,89	1,4	0,9	75,2
	NO ₂	9,9	0,79	1,4	0,89	9,7
	CH	5,0	0,85	1,4	0,96	5,7
	SO ₂	0,25	1,15	1,1	1,3	0,4
	Pb	0,037	1,15	1,1	1,3	0,1
Автобусы дизельные	CO	4,5	0,95	1,4	0,89	5,3
	NO ₂	9,1	0,92	1,4	0,93	10,9
	CH	1,4	0,93	1,4	0,92	1,7
	SO ₂	0,9	1,15	1,1	1,3	1,5
	Сажа	0,8	0,8	1,4	0,75	0,7

Категория опасности автотранспорта (КОА) рассчитывают по аналогии с категорией опасности предприятия:

$$КОА = \sum_{i=1}^m \left(\frac{M_i}{ПДК_i} \right)^{a_i}$$

Помимо вредных выбросов в атмосферу, связанных с сжиганием топлива, эксплуатация автомобильного транспорта приводит также к выбросам пыли (M_n) в результате взаимодействия автомобиля и дороги. Степень загрязнение атмосферы в результате этого процесса можно показать через *категорию опасности дороги (КОД)*:

$$КОД = \frac{M_n}{ПДК_n} = \frac{M^y V^y}{ПДК}$$

где M^y – содержание пыли в воздухе улицы, V^y – объём воздуха, в котором рассеяна пыль.

Количество пыли, выбрасываемой N -ым количеством автомобилей i -го класса, рассчитывается по формуле:

$$M^y = \psi_i \cdot S_{Ai} \cdot N_i,$$

где S_A – площадь проекции автомобиля на поверхность дороги, m^2 (табл. 11);

ψ – сдуваемость пыли, $mg/(cm^2 \cdot c)$ (табл. 11);

N_i – интенсивность движения автомобилей i -го класса.

Таблица 11

Значения удельной сдуваемости и средней площади проекции на поверхность дороги для различных классов автотранспортных средств

Тип АТС	Значения удельной сдуваемости	Средняя площадь проекции на поверхность дороги, m^2
Легковые автомобили	240	7
Грузовые автомобили	516	25
Автобусы	541	30

Объём воздуха, в котором распространяется пыль, рассчитывается как произведение площади улицы на высоту приземного слоя атмосферы (3 метра).

В качестве комплексного показателя, использующегося для определения опасности улицы от её загрязнения автотранспортом, применяется такой показатель, как *категория опасности улицы (КОУ)*:

$$КОУ = КОА + КОД$$

Категория опасности территориального производственного комплекса (КОГ) рассчитывается как сумма категорий опасности предприятий (КОП) и улиц (КОУ), расположенных в пределах этого комплекса:

$$КОГ = \sum_{i=1}^n КОП_i + \sum_{k=1}^m КОУ_k.$$

Задание: рассчитать категорию опасности территории, включающей промышленное предприятие и автомобильную дорогу. Варианты заданий выбрать из табл. 12 и 13.

**Варианты заданий к практической работе 3 для расчёта категории
опасности предприятия**

Вещества	Масса выбро- сов, т/год	Вещества	Масса выбро- сов, т/год	Вещества	Масса выбро- сов, т/год
1	2	3	4	5	6
Вариант 1		Вариант 2		Вариант 3	
Диоксид азота	3956,3	Диоксид азота	3039,0	Диоксид азота	566,2
Диоксид серы	2075,0	Оксид азота	494,0	Диоксид серы	20642,1
Оксид углеро- да	7551,07	Оксид кадмия	0,005	Оксид углеро- да	33427,4
Пыль летучая (зола)	0,19	Диоксид серы	405,0	Сероводород	173,1
Пыль цемент- ная	0,88	Оксид углеро- да	1503,0	Бензол	841,1
Кадмия оксид	0,0015	Оксид железа	0,763	Карбид каль- ция	100,1
Вариант 4		Вариант 5		Вариант 6	
Диоксид азота	1118,1	Диоксид азота	928,1	Диоксид азота	213,5
Диоксид серы	1744,07	Сероводород	0,003	Диоксид серы	11,7
Оксид углерода	1002,1	Оксид углеро- да	364,2	Оксид углеро- да	800,2
Сероводород	7,3	Оксид серы	20,8	Бензол	1238,3
Стирол	102,1	Аммиак	0,156	Пыль цемент- ная	0,3
Этилбензол	85,3	Оксид азота	4002,4	Сероводород	0,02
Вариант 7		Вариант 8		Вариант 9	
Диоксид азота	186,0	Диоксид азота	10,1	Диоксид азота	57,7
Диоксид серы	2,7	Диоксид серы	259,3	Диоксид серы	11,6
Оксид углерода	551,7	Оксид углерода	82,1	Оксид углеро- да	58,6
Толуол	5,3	Серово-дород	0,3	Пыль летучая (зола)	0,32
Бензол	0,88	Бензол	6,7	Бензол	21,7
Азотная ки- слота	12,2	Этилбензол	1,7	Этилбензол	0,9
Вариант 10		Вариант 11		Вариант 12	
Диоксид азота	31,1	Диоксид азота	21,8	Диоксид азота	127,8
Диоксид серы	0,5	Диоксид серы	0,8	Диоксид серы	16,51
Оксид углерода	97,9	Оксид углерода	65,2	Оксид углеро- да	626,8
Пыль цемент- ная	122,6	Пыль цемент- ная	44,2	Пыль цемент- ная	1,03
Формальдегид	0,21	Пыль древес- ная	44,7	Бензол	310,2
Оксид кадмия	0,02	Бензол	2,0	Толуол	1,5

Продолжение табл. 12

1	2	3	4	5	6
Вариант 13		Вариант 14		Вариант 15	
Диоксид азота	7530,1	Диоксид азота	58,3	Диоксид азота	12,1
Диоксид серы	10630,1	Диоксид серы	547,3	Диоксид серы	1589,5
Оксид углерода	80038,2	Сероводород	5,4	Оксид углерода	39,47
Сероводород	157,1	Оксид углерода	155,3	Серная кислота	16,5
Взвешенные вещества	558,3	Пыль цементная	235,0	Пыль цементная	70,55
Параксиллол	1166,1	Нафталин	131,1	Бензол	12,1

Таблица 13

Варианты заданий к практической работе 3 для расчёта категории опасности улицы

Вариант	Транспортные средства	Интенсивность движения по сезонам				Длина улицы, м
		Зима	Весна	Лето	Осень	
1	2	3	4	5	6	7
1	Легковые	950	960	1000	910	8500
	Грузовые	100	105	135	80	
	Автобусы	50	65	85	20	
2	Легковые	1060	1000	1100	960	4500
	Грузовые	100	130	150	190	
	Автобусы	30	100	80	40	
3	Легковые	25	34	45	39	3000
	Грузовые	12	10	15	17	
	Автобусы	8	8	4	6	
4	Легковые	350	420	510	480	5000
	Грузовые	50	48	59	53	
	Автобусы	11	11	15	11	
5	Легковые	95	106	115	101	5500
	Грузовые	22	25	28	27	
	Автобусы	10	11	9	10	
6	Легковые	600	620	700	680	6500
	Грузовые	110	150	125	200	
	Автобусы	25	40	45	40	
7	Легковые	1180	1310	1380	1090	2500
	Грузовые	230	140	330	190	
	Автобусы	90	100	110	100	
8	Легковые	950	1050	860	1030	3500
	Грузовые	320	310	380	400	
	Автобусы	140	180	220	150	
9	Легковые	985	955	1010	945	5000
	Грузовые	220	130	310	150	
	Автобусы	60	80	90	75	

Продолжение табл. 13

1	2	3	4	5	6	7
10	Легковые	35	40	65	45	3500
	Грузовые	15	15	25	20	
	Автобусы	5	10	15	10	
11	Легковые	13	15	18	14	2500
	Грузовые	7	6	5	9	
	Автобусы	2	4	5	3	
12	Легковые	90	110	125	115	4000
	Грузовые	15	20	20	25	
	Автобусы	10	15	10	15	
13	Легковые	85	55	95	60	5500
	Грузовые	25	30	35	25	
	Автобусы	15	20	15	25	
14	Легковые	110	120	125	120	4500
	Грузовые	35	40	45	25	
	Автобусы	20	25	35	25	
15	Легковые	1020	1050	1100	980	4000
	Грузовые	200	110	300	160	
	Автобусы	80	90	100	90	

Ход работы:

1. Описать методику расчёта категории опасности предприятия и автотранспорта.

2. Выполнить расчет категории опасности предприятия. Результаты должны включать расчеты КОВ для каждого вещества, таблицу с результатами по ранжированию выбросов предприятия по КОВ, расчет КОП, и массе выбросов. Результаты расчетов и ранжирования загрязняющих веществ по массе выбросов занести в таблицы:

Вещество	Масса выбросов		Ранг	Предприятие
	т/га	%		
Вещество 1			1	
.....			...	
Всего		100%		

Вещество	Характеристика выбросов в атмосферу		
	Значения КОВ		Ранг
	м ³ /с	%	
Суммарный по предприятию			
Вещество 1			1
Вещество 2			2
.....			...

3. Рассчитать массу загрязняющих веществ, выбрасываемых автомобильным транспортом на данной улице. Результаты оформить в виде таблицы «Количество загрязняющих веществ, выбрасываемое автотранспортом на данной улице».

Название улицы	Период исследования (зима, весна, лето, осень)						
	Тип автомобиля	Выбросы разных веществ по сезонам (т/сезон)					Суммарный выброс, т/сезон
		СО	СН	NO _x	SO ₂	Рb	
Легковые							
Грузовые							
Автобусы							
Всего							

4. Рассчитать коэффициент опасности автотранспорта. Результаты оформить в виде таблицы «Значения категории опасности вещества для различных видов автотранспорта».

Название улицы	Период исследования (зима, весна, лето, осень)						
	Тип автомобиля	Значения КОВ, м ³ /с					КОА, м ³ /с
		СО	СН	NO _x	SO ₂	Рb	
Легковые							
Грузовые							
Автобусы							
Всего							

5. Рассчитать показатели пылеобразования на дороге и вычислить коэффициент опасности улицы.

6. Рассчитать категорию опасности территории, включающей данное предприятие и автомобильную дорогу (КОГ).

7. Сделать вывод.

Вопросы для самоконтроля:

1. Что такое категория опасности предприятия и как она определяется?
2. Что такое категория опасности территориального производственного комплекса?
3. Какие вещества содержатся в выбросах автотранспорта?
4. Почему в последние годы автотранспорт считается самым значимым источником загрязнения городской среды?

Тема 4. Влияние городской среды на растения

Практическая работа № 4

Изучение жизненного состояния древесных насаждений по шкале

В.А. Алексеева [1]

Цель работы: На основе методики, предложенной В.А. Алексеевым [1], изучить жизненное состояние древесных насаждений, произрастающих на экологически контрастных территориях города.

Материалы и оборудование: микрокалькулятор, рабочие таблицы, карандаши (могут быть заменены планшетным компьютером).

Древесные растения в городских ландшафтах выполняют важнейшие средообразующие и средозащитные (фитомелиоративные) функции, связанные с выделением кислорода и фитонцидов, поглощением газообразных и аэрозольных загрязнителей атмосферы, осаждением пыли, снижением уровня шума, ионизацией воздуха, формированием микроклимата и др. Однако насаждения, произрастающие на урбанизированных территориях, испытывают на себе постоянное отрицательное воздействие техногенных факторов. Это приводит к изменению их физиолого-биохимических и анатомо-морфологических параметров, изучение которых позволяет выявлять степень техногенной нагрузки и устойчивость растений к этим нагрузкам в конкретных условиях природной и урбанизированной среды. Для этих целей В.А. Алексеевым была разработана методика оценки жизненного состояния древесных растений. Следуя этой методике, при обследовании древесных насаждений используют шкалу категорий жизненного состояния деревьев по характеристике кроны. Шкала содержит пять основных критериев, оцениваемых в баллах:

1. Здоровое дерево (1 балл). Не имеет внешних повреждений кроны и ствола, густота кроны обычная для господствующих деревьев, мертвые и отмирающие ветви сосредоточены в нижней части кроны и отсутствуют в ее верхней половине. Закончившие рост листья и хвоя зеленого или темно-зеленого цвета, их продолжительность жизни типична для региона. Повреждения листьев и хвои незначительны (< 10%) и не сказываются на состоянии дерева.

2. Поврежденное (ослабленное) дерево (2 балла). Обязателен хотя бы один из следующих признаков: снижение густоты кроны на 30% за счет преждевременного опадания или недоразвития листьев (хвои) или изреживания скелетной части кроны: наличие 30% мертвых и усыхающих ветвей в верхней половине кроны: повреждения (объедание, ожог, хлорозы и т.д.) и выключение из ассимиляционной деятельности 30% листовой поверхности.

3. Сильно поврежденное (сильно ослабленное) дерево (3 балла).

Обязателен хотя бы один из следующих признаков: снижение густоты облиствения кроны на 60% за счет преждевременного опадания листьев (хвои) или изреживания скелетной части кроны; наличие 60% мертвых и (или) усыхающих ветвей в верхней половине крон; повреждения различными факторами и выключение из ассимилирующей деятельности 60% площади листьев; отмирание верхушки кроны.

4. Отмирающее дерево (4 балла). Крона разрушена, ее густота – менее 15-20% по сравнению со здоровой: >70% ветвей, в том числе в верхней половине, сухие или бледно-зеленого, желтоватого, оранжево-красного цвета. Некрозы белесого, коричневого или черного цвета. При загрязнении атмосферы большая часть некротизированных листьев быстро отмирает. В комлевой и средней части ствола возможны признаки заселения стволовыми вредителями.

5а. Свежий сухостой (5 баллов с индексом Св.). Деревья, погибшие менее года назад. У них возможны остатки сухой хвои или листьев, кора и мелкие ветви часто бывают целы. Как правило, они заселены насекомыми –ксилофагами.

5б. Старый сухостой (5 баллов с индексом Ст.). Деревья, погибшие в прошлые годы. Постепенно утрачивают ветви и кору.

Информационная шкала не предназначена для индикации причин, вызывающих то или иное состояние деревьев. Для их оценки необходимо исследовать жизненное состояние тех же видов из контрольных местообитаний.

Внешний вид дерева, на основе которого выносятся суждения о категории жизненности, определяется совокупностью нескольких основных признаков, каждый из которых может быть достаточен для заключения, к каким признакам относятся показатели густоты кроны, изреживания кроны, повреждение хвои и листьев, преждевременное опадание листьев, усыхание ветвей и кроны. Наиболее информативно состояние ветвей верхней половины кроны. Использование при диагностике нескольких признаков, взаимодополняющих друг друга усиливает надежность оценки состояния деревьев, не вызывает затруднений и ошибок при отнесении их к той или иной категории. Имеет значение количество обследованных деревьев на каждой пробной площади, чем их больше, тем точнее диагностика.

Задание: на основе методики В.А. Алексеева провести натурное обследование жизненного состояния одновидовых и разновозрастных древостоев в промышленной зоне (завод Тарасова), в городском парке (Загородный парк), в уличных посадках, в городском дворе г. Самары.

Ход работы: маршрутным методом обследуют сравниваемые участки (пробные площади), на которых определяют жизненное состояние всех деревьев конкретного вида. Полученные результаты в виде соответствующих баллов записывают в рабочую таблицу.

Дерево	Пробная площадь 1	Пробная площадь 2	Пробная площадь 3
1			
2 ...			

Для более точного выявления категории жизненного состояния для каждого дерева следует определять густоту кроны, наличие мертвых сучьев, степень повреждения листьев в %, используя данные табл. 14. Это позволяет рассчитать категорию относительного жизненного состояния древостоя (индекс ОЖС – L_n) для каждой пробной площади (табл. 14).

Таблица 14

Категории относительного жизненного состояния (ОЖС)

Категория дерева	Диагностические признаки			Индекс ОЖС (L_n), %
	Густота кроны %	Наличие мертвых сучьев %	Степень повреждения листьев, %	
здоровое	85-100	0-15	0-10	80-100
ослабленное	55-85	15-45	10-45	50-79
сильно ослабл.	20-55	45-65	45-65	20-49
отмирающее	0-20	70-100	70-100	5-19
сухое	0	100	Нет листьев	< 5

$$L_n = (100n_1 + 70 n_2 + 40 n_3 + 5n_4) / N,$$

где L_n – ОЖС древостоя, рассчитанное по числу деревьев;

n_1 – число здоровых деревьев на пробной площади;

n_2, n_3, n_4 – то же для ослабленных, сильно ослабленных и отмирающих деревьев соответственно;

100, 70, 40, 5 – коэффициенты, выражающие (в %) жизненное состояние здоровых, ослабленных, сильно ослабленных и отмирающих деревьев;

N – общее число деревьев на пробной площади.

При значении ОЖС от 100 до 80% древостой оценивается как «здоровый», при 79-50% - «ослабленный», при 49-20% - «сильно ослабленный», при 19% и ниже - «полностью ослабленный».

На основе показателя L_n для каждой пробной площади провести сравнительный анализ жизненного состояния древостоев и дать оценку экологической ситуации в изучаемом районе города.

Сформулировать экспериментально обоснованные выводы.

Тема 5. Загрязнение городской среды тяжелыми металлами

Практическая работа № 5

Определение потенциальной доступности тяжелых металлов растениям по кислотно-основным свойствам почв [2]

Цель работы: на основе экспериментальных данных о величине показателей рН почв из различных районов г. Самары оценить подвижность тяжелых металлов и их потенциальную доступность для растений.

Материалы и оборудование: образцы почвы из разных районов г. Самары, почвенные сита с диаметром отверстий 1 мм, фарфоровые ступки, рН-метр, электронные весы, плоскодонные колбы или стаканы на 100-150 мм, дистиллированная вода.

Экологическая опасность загрязнения природной среды крупных промышленных городов и мегаполисов стала одной из самых актуальных проблем современности. Многие города по интенсивности загрязнения и площади распространения аномалий загрязняющих веществ в различных природных средах уже сейчас представляют собой техногенные геохимические и биогеохимические провинции. В последние десятилетия резко повысился интерес к тяжелым металлам и их соединениям. Специалистами по токсикологии окружающей среды были опубликованы так называемые «стресс-индексы». По этой оценке тяжелые металлы занимают второе место по степени опасности для природных сред и биоты, уступая только пестицидам [8].

Тяжелые металлы, как особая группа элементов, в экологии и экологической геохимии природной среды выделяются из-за токсического действия, которое они при высоких концентрациях оказывают на живые организмы. Тяжелыми принято считать металлы с атомной массой больше 50.

Поведение химических элементов в почвах и их геохимическая миграция существенно зависят от кислотно-основных и окислительно-восстановительных условий. При изменении геохимической обстановки ранее неподвижные элементы становятся доступными для растений и включаются в природные биогеохимические циклы. Степень подвижности металлов в зависимости от рН почвы приведена в табл. 15.

Задание: определить рН почв различных районов города Самары. Дать оценку подвижности тяжелых металлов и их потенциальной доступности для растений.

Ход работы: в районах города, подверженных наиболее сильному антропогенному воздействию, а также на фоновом участке (контроль) отобрать образцы почв и высушить их до воздушно-сухого состояния. Из сухого об-

разца отобрать 100-150 г почвы, растолочь почвенные комочки в фарфоровой ступке и просеять через сито с диаметром отверстиями 1 мм. Для анализа взять навеску полученного мелкозема массой 10 г, поместить ее в плоскодонную колбу, прилить 25 мл дистиллированной воды (рН 6,0-6,5), взбалтывать в течение 1 часа. Произвести измерение рН, опустив электроды в приготовленную почвенную суспензию.

По результатам анализа сделать вывод, соответствует ли значение рН изучаемых почв оптимальному для развития растений. Используя данные табл. 15, определить, какие элементы в выявленном диапазоне рН находятся в подвижной форме, потенциально доступны для растений и могут влиять на их состояние.

Таблица 15

Степень подвижности металлов в зависимости от значения рН почв

Геохимические ассоциации почв по показателю рН	Практически неподвижные	Слабоподвижные	Подвижные
Кислые рН < 5,5	Mo ⁴⁺ , Sn ²⁺ , Ti ²⁺	Pb ²⁺ , Pb ⁴⁺ , Cr ³⁺ , Cr ⁶⁺ , Ni ²⁺ , Ni ³⁺ , Se ³⁺ , Fe ³⁺ , Co ²⁺	Cu ²⁺ , Zn ²⁺ , Cd ²⁺ , Hg ²⁺
Слабокислые и нейтральные 5,5 < рН < 7,5	Pb ²⁺ , Pb ⁴⁺	Ba ²⁺ , Cu ²⁺ , Cd ²⁺ , Cr ³⁺ , Cr ⁶⁺ , Ni ²⁺ , Ni ³⁺ , Co ²⁺ , Hg ²⁺	Zn ²⁺ , V ⁵⁺ , As ³⁺
Щелочные рН > 7,5	Pb ²⁺ , Pb ⁴⁺	Zn ²⁺ , Ag ⁺ , Sr ²⁺ , Cu ²⁺ , Cd ²⁺	Mo ⁴⁺ , As ³⁺ , Ni ²⁺ , Ni ³⁺ , Hg ²⁺

Практическая работа № 6

Гистохимическая методика оценки металлоаккумулирующей способности растений и полиметаллического загрязнения городской среды [3, 6]

Цель работы: на основе гистохимической дитизоновой методики выявить локализацию тяжелых металлов в тканях растений и сделать заключение о степени полиметаллического загрязнения атмосферного воздуха и почв разных функциональных зон г. Самары.

Материалы и оборудование: растительный материал (годичные побеги древесных растений, стебли и корни травянистых растений), световой микроскоп, предметные и покровные стекла, часовое стекло, аптечные пипетки, препаровальные иглы, лезвия опасной бритвы, дитизоновый реактив.

Гистохимический дитизоновый метод позволяет на прижизненных срезах растительных объектов (поперечные срезы листьев, годичных побегов, стеблей и корней травянистых растений и др.) выявить локализацию и интен-

сивность накопления тяжелых металлов, как группы загрязнителей. Результаты такого анализа позволяют весьма точно выявить, в каких тканях, каких структурах клеток этих тканей концентрируются тяжелые металлы. Для целей экологического мониторинга городской среды такие данные весьма ценны, так как выявляют наличие избытка тяжелых металлов в среде, показывают, из каких сред поступают элементы в растения (адсорбция перидермой – атмосферный источник, накопление в проводящих тканях – почва или вода), в каких органах аккумуляция наиболее выражена.

Задание: отобрать растительный материал, с помощью дитизонового реактива выявить локализацию тяжелых металлов в растительных тканях и оценить их относительную концентрацию в баллах. На основе сравнительного анализа полученных данных сделать заключение о степени полиметаллического загрязнения различных функциональных зон г. Самары.

Ход работы

1. Для того, чтобы иметь возможность сопоставления результатов исследования, растительный материал целесообразно отбирать в контрастных экологических условиях: в санитарно-защитной зоне промышленного предприятия, на разном удалении от напряженной автотранспортной магистрали, в городском дворе, парке, в пригородном лесу, в сельской местности. С каждого участка растительный материал отбирают в нескольких повторностях. При этом он должен быть свежим или, в крайнем случае, собранным накануне исследования и храниться в целлофановом пакете в холодильнике.

2. Дитизоновый реактив готовят непосредственно перед началом работы, так как он не хранится. Его удобно готовить в бюксе на 15-20 мл с притертой пробкой. Для этого 3 мг дитизона растворяют в 6 мл ацетона, добавляют 2 мл дистиллированной воды и 1-2 капли ледяной уксусной кислоты. Содержимое бюкса аккуратно перемешивают стеклянной палочкой. Плотно закрывают бюкс пробкой, так как ацетон легко испаряется. Для анализа реактив отбирают аптечной пипеткой.

3. Растительный образец (например, участок годичного побега древесного растения) кладут на предметное стекло и опасной бритвой делают серию тонких поперечных срезов, что впоследствии позволит отобрать для исследования наиболее удачные из них. Для исключения подсыхания срезы незамедлительно орошают дистиллированной водой, которую наносят чистой аптечной пипеткой. Серию срезов накрывают покровным стеклом и микроскопируют. Препарат на дистиллированной воде дает возможность ознакомиться с расположением тканей в годичном побеге и оценить их прижизненную окраску.

4. Для обнаружения тяжелых металлов в тканях на чистом предметном (часовом) стекле готовят новую серию срезов из той же морфологической части, но уже нового образца. При этом вместо дистиллированной воды срезы погружают в дитизоновый реактив, который также наносят аптечной пипеткой. Препарат накрывают покровным стеклом и сразу же микрофотографируют. Окраска развивается через 2-3 минуты. На срезах отмечают распределение окраски по тканям и ее интенсивность в баллах. Результаты исследования заносят в таблицу, которая, например, для годовых побегов древесных растений будет выглядеть следующим образом (табл. 16).

Таблица 16

**Содержание тяжелых металлов в тканях годовых побегов
древесных растений, в баллах**

Наименование ткани		Место отбора образца		
Перидерма	феллема			
	феллоген			
	феллодерма			
Склеренхима				
Флоэма	первичная			
	вторичная			
Камбий				
Ксилема	первичная			
	вторичная			
Сердцевина	перимедуллярная зона			
	паренхима			

Окрашивание тканей дитизоном заметно уже при концентрации солей тяжелых металлов 10^{-5} М. Поэтому по интенсивности и цветности окраски (по изменению цвета от слабого красно-коричневого, через розовый или лиловый, до интенсивного вишнево-коричневого) можно количественно оценить суммарное накопление металлов в растительных тканях с применением балльной шкалы: 0 – отсутствие окрашивания, 1 – слабое окрашивание, 2 – средняя степень интенсивности окрашивания, 3 – интенсивное окрашивание.

Вопросы для самоконтроля:

1. Какие функции выполняют растения в городской среде?
2. Раскройте понятие «жизненное состояние растений»? Назовите синонимы этого понятия.
3. Какие преимущества и недостатки есть у гистохимического метода выявления тяжелых металлов в растениях?

Тема 6. Фитомелиоративные системы озеленения города

Практическая работа № 7

Разработка ассортимента устойчивых растений и подготовка проекта озеленения разных функциональных зон города

Цель работы: получить практические навыки подбора устойчивых и декоративных ассортиментов древесно-кустарниковых и травянистых растений для создания фитомелиоративных систем озеленения разных функциональных зон города.

Материалы и оборудование: листы миллиметровой бумаги, карандаши, линейки, компас, таблицы с данными о биологических и экологических свойствах растений.

Задание: разработать ассортимент древесно-кустарниковых и травянистых растений для создания фитомелиоративной системы озеленения конкретной функциональной зоны города, подготовить ее проект и обоснование проекта.

Ход работы: в конкретном районе г. Самары выбрать один участок, для которого будет разработана фитомелиоративная система озеленения: промышленное предприятие, жилой район (микрорайон, городской двор) или рекреационная территория (сквер, парк, бульвар или новый не озелененный участок). В часы самостоятельной работы посетить выбранный участок, подготовить его схематический план, определиться с характером рельефа и розой ветров. На учебных практических занятиях, используя материалы таблиц прилож. 1, 2 и 3 и данные из монографии С.А. Розно и Л.М. Кавеленовой [5], подобрать наиболее декоративный и устойчивый ассортимент растений и составить проект фитомелиоративной системы озеленения выбранного участка.

При составлении проекта следует учесть ориентацию участка по сторонам горизонта, размещение построек, удаленность от источников загрязнения (промышленное предприятие, дороги, линии электропередач и др.), розу ветров. По каждому варианту необходимо подготовить обоснование выбора ассортимента древесно-кустарниковых и травянистых растений, а также их пространственного размещения на плане местности.

Вопросы для самоконтроля:

1. Основные виды древесно-кустарниковых растений, рекомендуемых для озеленения городов Самарской области.

ТЕМЫ РЕФЕРАТОВ

Урбоэкология

1. Особенности экологической трансформации городских ландшафтов.
2. Физические воздействия в урбосреде и их экологическое значение.
3. Климатические условия и их трансформация в городской среде.
4. Особенности загрязнения атмосферы в городах России.
5. Методы контроля загрязняющих веществ в атмосфере городов.
6. Экологический мониторинг и охрана городских почв.
7. Особенности городской растительности и основные функции растений в городе.
8. Эколоγο-геохимическая оценка городской среды.
11. Технологии утилизации промышленных и бытовых отходов.
12. Экологическая роль автотранспорта в крупных городах.
13. Связь экологической обстановки в городе и здоровья его населения.
14. Экологические особенности абиогенных компонентов урбосреды (атмосфера, гидросфера, литосфера)

Фитомелиорация окружающей среды

1. Фитонцидные растения и их использование в озеленении.
2. Анатоμο-морфологические основы разработки ассортиментов растений для пылеулавливающего озеленения.
3. Шумозащитное озеленение.
4. Фитомелиоративные принципы создания санитарно-защитных зон промышленных предприятий.
5. Фитомелиоративные принципы озеленения рабочих мест и общественных зданий (офисы, цеха металлообрабатывающих предприятий, швейного производства, торговые центры, выставочные залы).
6. Фитомелиоративные принципы озеленения детских учреждений (детские сады, школы).
7. Фитомелиоративные принципы озеленения лечебных и лечебно-профилактических учреждений.
8. Растения – продуценты аллергенов.
9. Ассортименты растений для создания садов непрерывного цветения.
10. Разработка ассортиментов растений для укрепления склонов.
11. Подбор ассортимента растений для остановки роста овражно-балочной сети.
12. Роль растений в закреплении песков.

13. Реализация эстетических аспектов при создании санитарно-защитных зон предприятий.
14. Ассортименты растений для парадного озеленения.
15. Роль химического взаимодействия растений при разработке фитомелиоративных систем озеленения.
16. Растения-интродуценты Самарской области и их фитомелиоративное значение.
17. Современные нормы и правила озеленения городов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алексеев В.А. Некоторые вопросы индикации и классификации поврежденных загрязнением лесных экосистем // Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение. Л.: Наука, 1990. С.38-54.
2. Вильсон Е.В., Трушкова Е.А. Методические указания к лабораторным работам по курсу «Промышленная экология». Ростов-н/Д: РИЦ Ростовского гос. строит. ун-та, 2005. 23 с.
3. Макарова Ю.В., Прохорова Н.В. Биогеохимия: практикум. Самара: Издательство «Самарский университет», 2012. 84 с.
4. Нормы посадки деревьев и кустарников городских зеленых насаждений. М.: Отдел НТИ АКХ, 1988.
5. Розно С.А., Кавеленова Л.М. Итоги интродукции древесных растений в лесостепи Среднего Поволжья. Самара: Издательство «Самарский университет», 2007. 228 с.
6. Серегин И.В., Иванов В.Б.. Физиологические аспекты токсического действия кадмия и свинца на высшие растения // Физиология растений. 2001. Т.48. № 4. С. 606-630.
7. Соколов А.С. Урбоэкология: практическое пособие по спецкурсу. Гомель: УО «ГГУ им. Ф. Скорины», 2011. 47 с.
8. Экология города. М.: Научный мир, 2004. 624 с.

**Ассортимент древесно-кустарниковых и травянистых растений
для озеленения городских территорий [2]**

Вид растения	Устойчивость в конкретных экологических условиях			
	Неустойчивый	Мало- устойчивый	Относитель- но устой- чивый	Устойчивый
1	2	3	4	5
Деревья				
Акация белая	5,7,11	1,3,4,8,9,12	2,6,10,13	–
Береза повислая	13	1-3,5-9,11	4,10,12	14
Ива белая ф. плакучая	1,4,5,11	6,8,9	2,3,7,10,12	14
Катальпа величественная	1,2,5-13	3	4	–
Клен полевой	1,4-13	3	2	14
Клен ясенелистный	3,5	1,2,4,6-9, 12,13	13	14
Клен платановидный	5,7,11	1,3,4,8,9,12	2,6,10,13	14
Липа мелколистная	1-7,9-11	13	8,12	–
Липа крупнолистная	1-13	–	14	–
Осина	1-6,10,11	9	7,12,13	8, 14
Рябина обыкновенная	1,4-7,9,10	2,3,8,11-13	–	14
Софора японская	1,4-9,11-13	11	2,3	–
Тополь бальзамический	5,11	1-4,6,7,13	–	–
Тополь белый пирами- дальный	1,4-6,8,10	2,7	3,11-13	–
Тополь берлинский	1,4-6,8,10	2,3,7,9,11,13	12	14
Тополь канадский	5,8	1	2-4,6,7,9,11	10,12,13
Черемуха обыкновенная	2-7,9-11	1	8,12,13	14
Черешня обыкновенная	1,4-11	–	2,3,12,13	–
Шелковица белая	5-10	4	1-3,12	13
Яблоня сибирская	2,4-7,9-11,13	1	3,8,12	14
Ясень зеленый	1,5	2,6,9,10,12	3,4,7,13	14
Ясень обыкновенный	1,3,5,6,8,10	2,4,7,9,13	11,12	–
Кустарники				
Акация белая	–	1-3,5-7,10	8,9,12,13	–
Айва обыкновенная	1,4-8,10-13	9	2,3	–
Боярышник обыкновенный	1,5,6,9,11,12	2,4,7,8,10,13	3	14
Бузина красная	1	2-6	7-13	14
Виноград девичий	1,6,8	5	2,3,4,9,12,13	14
Дерен белый	1,5,6	2,3,4,9,11-13	8,10	–
Жимолость татарская	5,8	3,4,9	1,6,10-13	–
Калина обыкновенная	1-5,7,9-11	6,8,12,13	–	14
Лох серебристый	2,3,10	1,5,12	4,6-9, 11,13	14
Лох узколистный	1,5,6,8,10	3	2,4,9,11-13	14
Сирень венгерская	1,2,5,8,11	3,4,6,7,9,13	10,12	–
Сирень обыкновенная	2,5,6,9,11,13	1,3,4,7,8,13	10,12	14

Продолжение прилож. 1

1	2	3	4	5
Смородина золотистая	1,3,5,6,10,12	7,9	2,4,12	14
Смородина красная	1,2,4-6,9, 10,12	3,8,13	–	–
Смородина черная	1-6,8-11,13	7	12	-
Снежнаягодник	1,5,6,10,11	4,7	2,3,8,9,12,13	14
Хмель многолетний	1-6,9-11	–	7,8,12,13	14
Чубушник обыкновенный	1,4-11	2	6,12	–
Шиповник краснолистный	1,4,5,8-12	3	12,13	–
Шиповник морщинистый	2,3,5,8,10	1,4,7,9,13	–	14
Шиповник майский	1,4-11	2-3	–	14
<i>Газонные травы</i>				
Мятлик луговой	5,6,10,8,9	1,3	2,4,12	14
Овсяница луговая	–	1,3,8,9,10	4-6,12	14
Овсяница красная	8,9	1,3,10	2,4-6,12	14
Пырей ползучий	3,8,10	4,6,9	1,2,5	14
Рейграс пастбищный	3,5-12	1	2-4	14
<i>Цветочные растения</i>				
<i>Однолетники</i>				
Антирринум (Львиный зев)	–	3,6,8-10	1,2,4,5,12	14
Вербена гибридная	10	1,3,4,6,8,9	2,5	14
Гвоздика китайская	5,6,8,9,10,12	3	1,2,4	14
Календула лекарственная	3,4,6,8,9,10,12	1	2,5	14
Левкой летний	1,3,6,8,9,10,12	4	2	14
Петуния	3,6,8,9,10	4	1,2,5,12	14
<i>Двулетники и многолетники</i>				
Астра альпийская	6,8,9,10,12	1,3	2,4,5	14
Гвоздика перистая	4-6,8,9	1,10	2,3	14

Условные обозначения предприятий: 1 – медеплавильные; 2 – черной металлургии; 3 – коксохимические; 4 – алюминиевые; 5 – магниевые; 6 – азотно-туковые; 7 – производство метанола и аммиака; 8 – сложных фосфорно-азотных удобрений и суперфосфата; 9 – серной кислоты; 10 – красителей; 11 – капролактама; 12 – нефтеперерабатывающие; 13 – ТЭЦ на угле; 14 – машиностроительные.

Биологические особенности древесных и кустарниковых растений [4]

Вид	Высота	Крона		Корневая система
		Диаметр	Форма	
1	2	3	4	5
Деревья				
Абрикос обыкновенный	6-8	3	Вытянутая	Хорошо развитая, с глубоким стержневым и боковыми корнями
Бархат амурский	10-20	5-8	Раскидистая	Глубокая, широко разветвленная
Береза повислая	15-20	6-8	Яйцевидная	Хорошо развитая
Береза пушистая	15-18	6-8	Раскидистая	Поверхностная, сильно разветвленная
Бук восточный	30-40	10-15	Широкоокруглая или яйцевидная	Хорошо развитая, с крупными боковыми корнями
Бук лесной, или европейский	20-25	12-14	Широкая, густая	Хорошо развитая, неглубокая, с крупными боковыми корнями
Вяз гладкий	20-25	5-10	Широкоэллиптическая	Мощная, с глубоко идущими боковыми корнями; стержневой корень отсутствует
Вяз голый, или ильм горный	25-30	10-15	Широкоокруглая	Хорошо развитая, неглубокая
Вяз граболистный, берест или карагач	20	10	Овальная, густая	Мощная, с сильно развитыми боковыми корнями
Гледичия трехлопучковая	20-30	5-10	Широко раскидистая ажурная	Мощная, сильно разветвленная
Груша уссурийская	10-15	5-10	Широкопирамидальная, густая	Мощная, с хорошо развитым стержневым корнем
Дуб черешчатый	20-30	10-15	Яйцевидная в группах, шатровидная у свободно стоящих деревьев	Глубокая, мощная, сильно разветвленная (в 4-5 раз шире кроны)
Ель канадская	20-25	5-10	Конусовидная плотная	Поверхностная
Ель колючая	20-25	5-10	Конусовидная	Поверхностная
Ель обыкновенная	20-30	5-10	Конусовидная	Поверхностная
Ель сибирская	30	5-10	Конусовидная	Поверхностная
Ель финская	20-30	4-5	Узкоконусовидная	Поверхностная
Ива белая	15-20	5-10	Широкоовальная	Сильно развитая, но неглубокая
Ива вавилонская	10-18	5-10	Плакучая	Хорошо развитая
Ива ломкая	10-15	6-8	Шатровидная	Сильно развитая, но неглубокая

Продолжение прилож. 2

1	2	3	4	5
Катальпа бигониевидная	10-15	5-10	Широкоокруглая	Хорошо развитая
Кипарис вечнозеленый	20-25	5-10	Колонновидная или широкопирамидальная	Хорошо развитая
Клен остролистный	20-25	10-15	Широкоокруглая, плотная	Мощная, глубокая, сильно разветвленная
Клен полевой	10-15	4-6	Округлая, густая	Хорошо развитая
Клен серебристый	20-30	8-10	Широкоцилиндрическая, очень живописная	Сильно разветвленная в пределах кроны, глубокая
Клен ясенелистный	15-20	5-10	Широкая, раскидистая	Сильно развита горизонтально, выходит за пределы кроны
Конский каштан обыкновенный	20-25	10-15	Широкояйцевидная	Сильно развитая, со стержневым и боковыми корнями
Лавр благородный	5-10	2-3	Яйцевидная	Поверхностная
Лжетсуга Мензиеза, сизая	40	5-10	Пирамидальная	Хорошо развиты боковые корни
Лжетсуга тиссолистная	50	12-14	Ширококonusовидная	Мощная, стержневая
Липа крупнолистная	25-30	10-15	Широкояйцевидная	Хорошо развиты стержневой и боковые корни
Липа мелколистная, или сердцевидная	20-25	3-12	Овальная, густая	Мощная, глубокая, заходит далеко за границу кроны
Лиственница европейская	20-30	8-12	Яйцевидная	Глубокая, пластичная
Лиственница сибирская	25-30	7-10	Яйцевидная	Мощная, сильно разветвленная
Можжевельник виргинский	10-20	5-7	Пирамидальная	Хорошо развитая
Ольха клейкая, или черная	20-25	6-8	Яйцевидная	Глубокая, хорошо развитая
Орех грецкий	20-30	10-12	Широкораскидистая	Мощная, хорошо разветвленная
Орех маньчжурский	20-25	10-12	Широкораскидистая, ажурная	Глубокая, хорошо развитая
Осина	15-20	4-5	Широкоокруглая, неправильная	Поверхностная, хорошо развитая
Пихта сибирская	20-30	5-10	Узкокonusовидная	Хорошо развитая
Платан восточный	25-30	15-20	Раскидистая, шатровидная	Глубокая, хорошо развитая
Робиния лжеакация, белая акация	20-25	8-12	Широкораскидистая	Глубокая, хорошо развитая
Рябина обыкновенная	6-15	4-6	Овальная	Поверхностная, сильно разветвленная

Продолжение прилож. 2

1	2	3	4	5
Сосна Веймутова	до 40	5-10	Широкопирамидальная	Мощная, хорошо развиты стержневой и боковые корни
Сосна кедровая, сибирская	20-25	6-10	Конусовидная	Хорошо развитая, с придаточными корнями
Сосна обыкновенная	20-30	5-10	Широкопирамидальная	Хорошо развитая
Сосна Палласа, крымская	20-25	5-10	Зонтиковидная	Мощная, стержневая
Сосна пицундская	20-25	10-14	Широкоовальная раскидистая	Хорошо развитая
Тополь бальзамический	20-30	8-12	Широкояйцевидная, раскидистая	Хорошо развитая, уходящая в стороны
Тополь белый, или серебристый	25-30	10-15	Широко раскидистая	Мощная, развитая вглубь и в стороны
Тополь берлинский	20-30	5-7	Цилиндрическая, густая	Мощная, уходящая за пределы кроны
Тополь Болле	20-30	5	Узкоовальная	Хорошо развитая
Тополь Симона или китайский	15-20	5-10	Овальная	Хорошо развитая
Тополь черный (осокорь)	25-30	10-15	Широкоокруглая	Мощная, из нескольких основных и многочисленных боковых корней
Туя западная	10-15	5-6	От яйцевидной до пирамидальной	У молодых растений стержневая, с возрастом – мочковатая
Черемуха виргинская	10	3-4	Яйцевидная, плотная	Хорошо развитая
Черемуха Маака	10-15	5-7	Округлая	Хорошо развитая
Черемуха обыкновенная или кистевая	10-15	5-7	Округлая, густая	Хорошо развитая
Шелковица белая	15-20	5-8	Шаровидная, густая	Хорошо развитая
Яблоня Недзведского	3-10	2-6	Широкояйцевидная	Поверхностная
Яблоня Палласа, или сибирская	6-8	4-6	Округлая, густая	Поверхностная
Ясень высокий, или обыкновенный	20-25	5-10	Удлиненно-яйцевидная или широкоокруглая	Довольно мощная, мочковатая
Ясень ланцетный	15-20	5-8	Широкопирамидальная	Мощная, мочковатая
Ясень пенсильванский	15-20	5-10	Округлая	Развитая, мочковатая
Кустарники				
Арония черноплодная	0,5-2	2,5	Округлая	Хорошо развитая

Продолжение прилож. 2

1	2	3	4	5
Барбарис обыкновенный	1,5-2,5	1-2	Раскидистая	Разветвленная, поверхностная
Бересклет Маака	3-4	1-3	Ажурная, шаровидная	Поверхностная, мочковатая
Бирючина обыкновенная	2-1	1-3	Яйцевидная	Поверхностная, хорошо развитая
Боярышник колючий, или обыкновенный	2-5	2-3	Яйцевидная	Широковетвистая
Боярышник кроваво-красный	5-8	4-6	Округлая	Широковетвистая
Боярышник перистонадрезанный	4-6	1-3	Широковетвистая	Широковетвистая
Бузина кистистая, или обыкновенная	4-5	3-4	Широкояйцевидная	Мочковатая, компактная
Гортензия метельчатая	1-3	1-2	Округлая, густая	Мочковатая
Гребенщик (тамарикс) четырёхтычинковый	5	3	Раскидистая, ажурная	Глубокая, хорошо развитая
Дерен белый	1-3	1-3	Округлая, раскидистая	Мочковатая
Дерен кроваво-красный	3-4	2-3	Овально-яйцевидная	Мочковатая
Жимолость альпийская	1-2	1-2	Шаровидная, густая	Стержневая
Жимолость золотистая	2-3	2-3	Раскидистая	Стержневая
Жимолость обыкновенная	2-3	2-3	Яйцевидная	Стержневая
Ирга колосистая	4-5	2-3	Яйцевидная	Мочковатая
Калина обыкновенная	3-4	3-4	Овальная	Стержневая
Карагана древовидная, или желтая акация	3-5	3-5	Яйцевидная	Пластичная, развивается в глубину или горизонтально
Кизильник блестящий	2-3	1-3	Шаровидная	Мочковатая, горизонтально ветвистая
Клен гиннала	3-6	3-4	Широкоовальная	Поверхностная
Клен татарский	4-8	3-6	Широкоовальная	Поверхностная
Лещина обыкновенная	4-6	3-4	Яйцевидная	Поверхностная, хорошо развитая
Лох серебристый	3-5	2-3	Широкая, раскидистая	Хорошо развитая
Лох узколистный	6-8	2-4	Яйцевидная	Глубокая, мощная, далеко распространяющаяся
Магония падуболистная	0,7-1	0,7-1	Шаровидная, плотная	Поверхностная

Продолжение прилож. 2

Можжевельник казацкий	1-2	1,5-2	Распростертая	Разветвленная
Можжевельник обыкновенный	5-8	2-4	От конусовидной до неправильной	Разветвленная
Пузыреплодник калинолистный	1-3	2-3	Яйцевидная, густая	Мочковатая
Рододендрон кавказский	1-1,5	1-2	Распростертая	Поверхностная, компактная
Роза морщинистая	2-3	1,5-3	Овальная, раскидистая	Хорошо развитая
Роза собачья	2-3	1-2	Округлая	Мощная, хорошо развитая
Рябинник рябинолистный	2-3	1-2	Яйцевидная	Мочковатая
Сирень венгерская	3-5	2-4	Яйцевидная, плотная	Хорошо развитая, с небольшим стержневым корнем
Сирень обыкновенная	4-8	3-5	Округлая, компактная	Мощная, горизонтально разветвленная
Смородина золотая	2-3	2	Округлая, компактная	Глубокая, разветвленная
Снежноягодник белый	1,5-2	1-2	Округлая, густая	Мочковатая, глубокая
Таволга Вангутта	1,5-2	2-3	Овальная, раскидистая	Мочковатая, неглубокая
Таволга дубровколистная	1,5-2	2	Округлая, плотная	Мочковатая
Таволга иволистная	1-2	1-2	Овальная	Мочковатая
Таволга японская	1-1,5	1-2	Яйцевидная	Компактная, мочковатая, неглубокая
Хеномелес японский, или японская айва	0,6-1,5	1-2	Широкая, раскидистая	Стержневая
Чубушник венечный	2-3	2-3	Овальная, плотная	Мочковатая, сильно разветвленная

Экологические особенности древесных и кустарниковых растений [4]

Вид	Экологические особенности							Способность к возобновлению	Скорость роста	Применение	Примечание
	Требовательность			Морозоустойчивость	Газоустойчивость	Отношение к обрезке	8				
	свет	почва	влага								
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
Деревья											
Абрикос обыкновенный	+	-	-	-	(+)	(+)	-	Б.р.	од, гр, ск, б, лп	Не переносят кислых почв	
Бархат амурский	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	+	Б.р.	од, гр, п	-	
Береза повислая	+	(+)	(+)	+	-	-	+	Б.р.	од, гр, а, п, лп	Плохо переносит уплотнение и засоление почвы	
Береза пушистая	+	(+)	(+)	+	-	-	+	Б.р..	од, гр, рд, а, л, пл	-	
Бук восточный	-	-	(+)	-	-	-	+	М.р.	а, гр, од	Не выносит сухих и избыточно влажных почв	
Бук лесной, или европейский	-	-	(+)	-	-	-	(+)	М.р.	м, гр, а, од, п	Не переносит застоя воды, засоления, страдает от сухости воздуха.	
Вяз гладкий	(+)	+	(+)	+	(+)	-	+	Ум.р.	а, рд, гр, сд, ск, п, лп, б	Не переносит сухости и уплотнения почвы	
Вяз голый, или ильм горный	(+)	+	(+)	+	+	+	-	Б.р.	а, гр, ул, п	Плохо переносит сухость и засоление почвы	
Вяз граболистный, берест или карагач	(+)	+	-	(+)	+	+	+	Ум.р.	рд, гр, м, ж	Асфальтовое покрытие и уплотнение почвы переносит плохо	

Продолжение прилож. 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Гледичия трехколочковая	+	-	-	-	+	+	+	Б.р.	а, гр, ж, ул, пром	Быстро восстанавливается после повреждений.
Груша уссурийская	+	-	-	+	-	+	-	Ум.р.	гр, од, а, ул	Засоление почвы не переносит
Дуб черешчатый	+	+	(+)	(+)	-	-	+	Ум.р.	а, од, гр, п, ск, б, лд	В городе суховершинит
Ель канадская	-	(+)	(+)	+	(+)	+	-	Ум.р.	гр, м, а, ж, од	-
Ель колочая	-	-	-	+	+	-	-	М.р.	а, од, рд, гр, сд, п, лп	Переносит засоление почвы
Ель обыкновенная	-	(+)	(+)	+	-	+	-	М.р.	гр, од, м, ж, а, п, лп	Не переносит застоя воды и городских условий.
Ель сибирская	-	(+)	(+)	+	-	+	-	М.р.	гр, м, а, од, ж, п, лп	Сухость воздуха переносит плохо
Ель финская	-	(+)	(+)	+	-	+	-	"	ж, м, гр	-
Ива белая	+	+	+	+	+	+	+	Б.р.	од, гр, рд, ж, п, лп, сд	Плохо переносит засоление и уплотнение почвы
Ива вавилонская	+	(+)	(+)	-	(+)	-	+	Б.р.	од, гр	-
Ива ломкая	+	+	(+)	+		+	+	Б.р.	гр, п, лп, ул	Хорошо переносит условия города
Катальпа бигониевидная	+	-	-	-	+	-	-	Б.р.	од, гр, а, рд, ск, ул, б	Асфальтовое покрытие переносит плохо
Кипарис вечнозеленый	-	(+)	-	-	(+)	+	-	Б.р.	а, рд, гр, од, ж, б, ск, п, ул	-
Клен остролистный	(+)	+	+	+	-	-	+	Б.р.	а, гр, од, рд, п, лп, б	Плохо переносит уплотнение почвы
Клен полевой	-	(+)	-	(+)	+	+	+	Ум.р.	а, гр, од, рд, ж, п, лп, б, ул	Переносит засоленность почвы.
Клен серебристый	(+)	-	-	+	(+)	-	+	Б.р.	гр, од, п, сд, ул, б	Хорошо растет на асфальтированных и мощеных улицах

Продолжение прилож. 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Клен ясенелистный	+	(+)	(+)	+	(+)	+	+	Б.р.	гр, рд, п, лп	Плохо переносит асфальтовое покрытие и уплотнение почвы
Конский каштан обыкновенный	+	+	(+)	+	-	-	-	М.р.	а, од, гр, рд, п, ск, б, ед	Засоление почвы не переносит
Лавр благородный	(+)	(+)	-	-	(+)	+	+	М.р.	а, гр, рд, ж	Не переносит переувлажнения почвы. Хорошо переносит условия города
Лжетсуга Мензиса, сизая	(+)	(+)	-	(+)	(+)	-	-	Ум.р.	гр, м, а, од, п, лп	-
Лжетсуга тиссолистная	(+)	(+)	(+)	-	-	-	-	Ум.р.	гр, а, и, од, п, лп	Не выносит сухих песчаных, каменистых и сырых почв
Липа крупнолистная	-	+	(+)	+	-	+	+	Ум.р.	а, гр, од, п, лп, ул	Не переносит засоления почвы
Липа мелколистная, или сердцевидная	-	(+)	+	+	-	+	+	М.р.	од, м, гр, а, ж, рд, ул, б, п, ск, ед, лп	Плохо переносит избыточное увлажнение и засоление почвы
Лиственница европейская	+	(+)	+	+	(+)	-	-	Б.р.	а, гр, од, ск, б, п, лп	Кальцефит. Не переносят механических повреждений
Лиственница сибирская	+	-	(+)	+	(+)	+	-	Б.р.	а, г р, од, п, лп	Кальцефит
Можжевельник виргинский	-	-	-	+	+	+	-	М.р.	гр, од, ж, а, п, лп, ск	-
Ольха клейкая, или черная	+	+	+	+	+	+	+	Б.р.	гр, рд, п, лп	-
Орех грецкий	+	+	(+)	-	+	-	+	Б.р.	м, гр, п, ск, лп, ул	-
Орех маньчжурский	+	+	(+)	+	(+)	-	+	Б.р.	а, гр, п, ск, б, ул	-

Продолжение прилож. 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Осина	+	-	(+)	+	+	-	+	Б.р.	гр, м, п, лп	Мирится с засолением и уплотнением почвы. Не переносит застойного увлажнения и сухих почв
Пихта сибирская	-	+	(+)	+	-	-	-	М.р.	м, гр, од, а, ж, лп	-
Платан восточный	+	+	(+)	-	(+)	+	+	Б.р.	од, гр, ж, лп	Волоски, летящие с листьев и соплодий, вызывают заболелание дыхательных путей
Робиния лжеакация, белая акация	+	-	-	-	+	+	+	Б.р.	а, гр, од, рд, ск, п, лп, ул	После обмерзания быстро восстанавливается
Рябина обыкновенная	+	(+)	(+)	+	-	-	+	Ум.р.	гр, од, рд, п, лп, сд	Не переносит механических повреждений, засоления, заболачивания и уплотнения почвы
Сосна Веймутова	(+)	+	+	+	(+)	-	-	Б.р.	гр, од, м, п, лп	Засоления не выносит
Сосна кедровая, сибирская, сибирский кедр	-	-	-	+	-	-	-	М.р.	а, гр, од, м, п, лп	-
Сосна обыкновенная	+	-	-	+	-	-	-	Б.р.	гр, м, од, п, лп	Условия города не переносит
Сосна Палласа, крымская	+	-	-	-	(+)	-	-	Ум.р.	м, гр, од, а, п, ск, ул	-
Сосна пицундская	+	-	-	-	-	-	-	Б.р.	гр, од, м, а, ул, п, лп	-
Тополь бальзамический	+	+	(+)	+	+	+	+	Б.р.	а, рд, п, сд, лп, ул	-

Продолжение прилож. 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Тополь белый, или се- ребристый	+	(+)	(+)	+	+	-	+	Б.р.	гр, п, лп	Корнями разрушает тропуары
Тополь берлинский	+	(+)	(+)	+	+	+	+	Б.р.	а, гр, рд, п, ск, б, лп, ул	-
Тополь Болле	+	-	(+)	-	+	-	+	Б.р.	гр, п, сд	Плохо переносит уплотнение почвы и асфальтовое покры- тие
Тополь Симона или ки- тайский	+	-	(+)	+	+	+	+	Б.р.	а, гр, од, ул, п, лп	-
Тополь черный (осо- корь)	+	-	(+)	+	+	+	+	Б.р.	гр, рд, п, сд, лп, ул	-
Туя западная	-	-	-	+	+	+	-	М.р.	а, гр, од, ж, п, сд, б, ул, пром ул	-
Черемуха виргинская	(+)	-	-	+	+	+	+	Б.р.	гр, сд, п, лп, ул	Условия города пе- реносит хорошо
Черемуха Маака	+	(+)	(+)	+	+	+	+	Ум.р.	а, гр, сд, п, рп	Плохо переносит уплотнение почвы и ее сухость
Черемуха обыкновенная или кистевая	(+)	+	(+)	+	-	+	+	Ум.р.	гр, сд, п, лп, ул	Устойчива к меха- ническим поврежде- ниям
Шелковица белая	+	-	-	-	+	+	+	Б.р.	рд, а, гр, п, сд, ул	Выносит засоление. Условия города пе- реносит хорошо
Яблоня Недзведского	+	-	-	+	-	+	+	Ум.р.	а, рд, гр, сд, ск, п, ул	-
Яблоня Палласа, или сибирская	+	-	(+)	+	+	+	+	Ум.р.	гр, а, п, сд, б, ул	-
Ясень высокий, или обыкновенный	+	+	+	(+)	-	-	+	Б.р.	а, гр, м, п, ск, лп, ул, б	Засоления не вы- держивает
Ясень ланцетный	+	-	-	+	+	-	+	Б.р.	а, гр, м, п, лп, ск, б, ул	Переносит уплотне- ние почвы

Продолжение прилож. 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ясень пенсильванский	+	(+)	(+)	+	+	-	+	Б.р.	а, гр, м, п, лп, ск, б, ул	Плохо переносит уплотнение почвы
Кустарники										
Арония черноплодная	+	(+)	(+)	+	(+)	(+)	+	Б.р.	од, гр, ж, п, ск, сд	-
Барбарис обыкновенный	(+)	(+)	(+)	+	(+)	+	+	Б.р.	гр, од, ж, борд, п, ск, сд, б	Плохо переносит механические повреждения
Бересклет Маака	+	+	-	(+)	+	+	+	Б.р.	гр, од, лп	Не выносит застоя воды и уплотнения почвы
Бирючина обыкновенная	+	(+)	-	-	+	+	+	Б.р.	гр, ж, п, лп, ул	-
Боярышник колючий, или обыкновенный	+	(+)	(+)	-	(+)	+	+	М.р.	гр, ж, п, лп, ул	-
Боярышник кроваво-красный	+	+	-	+	(+)	+	+	М.р.	гр, ж, п, лп, ул	Переносит механические повреждения
Боярышник перистонадрезанный	(+)	-	(+)	+	(+)	+	+	М.р.	од, гр, ж, п, лп, ск, ул	-
Бузина кистистая, или обыкновенная	-	+	(+)	+	+	+	+	Б.р.	од, гр, п, лп	После повреждений быстро восстанавливается
Гортензия метельчатая	+	+	(+)	(+)	(+)	-	+	Б.р.	од, гр, п, ск, сд, б	-
Гребенщик (тамарикс) четырёхтычинковый	+	-	-	-	+	+	+	Б.р.	гр, ж, п, ск, сд	Переносит засоление почвы
Дерен белый	(+)	(+)	(+)	+	+	+	+	Б.р.	од, гр, ж, п, сд, ск, б, ул	-
Дерен кроваво-красный	-	(+)	(+)	+	+	+	+	Б.р.	од, гр, ж, п, лп	В суровые зимы в средней полосе побеги подмерзают
Жимолость альпийская	-	-	-	+	(+)	+	+	М.р.	од, гр, ж, п, лп, сд	-

Продолжение прилож. 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Жимолость золотистая	(+)	-	(+)	+	(+)	+	+	Б.р.	од, ж, п, ск, гр, п, лп	-
Жимолость обыкновенная	-	-	(+)	+	+	+	+	Б.р.	гр, п, лп	-
Ирга колосистая	(+)	(+)	-	+	(+)	+	+	Б.р.	од, гр, рд, сд, п, лп	-
Калина обыкновенная	-	(+)	+	+	+	+	+	Б.р.	сд, гр, лп, п, б	-
Карагана древовидная, или желтая акация	+	-	-	(+)	+	+	+	Б.р.	гр, ж, п, лп, ск, б, ул	Переносит уплотнение почвы, солевые нослива. Быстро восстанавливается после повреждений
Кизильник блестящий	(+)	-	(+)	+	(+)	+	-	Ум.р.	гр, ж, рд, п, ск, сд, лп, б	-
Клен гиннала	+	(+)	(+)	+	-	+	+	Ум.р.	гр, ж, од, п, лп, сд, б	Засоления не переносят
Клен татарский	-	-	-	+	(+)	+	+	Ум.р.	од, гр, ж, п, лп, ск	Переносит уплотнение почвы
Лещина обыкновенная	(+)	+	(+)	+	-	-	+	Б.р.	гр, ж, п, лп	Сухих и засоленных почв не переносит
Лох серебристый	(+)	-	-	+	+	+	+	М.р.	од, гр, ж, п, лп	Хуже растет на кислых почвах
Лох узколистный	-	(+)	-	(+)	+	+	+	Б.р.	ж, лп, опушки	Переносит значительную засоленность почвы
Магония падуболистная	(+)	+	(+)	(+)	+	+	+	М.р.	гр, борд, п, ск, сд	В средней полосе преобладает в культуре
Можжевельник казацкий	+	-	-	+	+	-	+	М.р.	од, гр, ск, п, лп, сд	Хвоя и побеги ядовиты
Можжевельник обыкновенный	(+)	-	(+)	+	(+)	+	-	М.р.	од, гр, ж, п, лп	Плохо переносит засоление
Пузыреллодник калинолистный	(+)	-	-	+	+	+	+	Б.р.	гр, ж, од, п, лп	На кислых почвах растет плохо

Продолжение прилож. 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Рододендрон кавказский	(+)	-	(+)	-	-	+	-	М.р.	од, гр, ск, сд, п, лп	Все части растения ядовиты
Роза морщинистая	+	-	-	+	+	+	+	Ум.р.	гр, ж, сд, ск, п, ул	Переносит засоление
Роза собачья	+	-	-	+	(+)	+	+	Б.р.	гр, п, лп, сд	Переносит известь
Рябинник рябинолистный	(+)	-	(+)	+	(+)	+	+	Б.р.	гр, ск, сд, п, б	Выносит временное затопление
Сирень венгерская	(+)	-	-	+	+	+	-	Б.р.	гр, п, лп	Не выносит закисления. Быстро восстанавливается после повреждений
Сирень обыкновенная	+	+	-	+	(+)	+	+	Ум.р.	гр, рд, ж, п, ск, б, сд	-
Смородина золотая	(+)	-	-	+	+	+	+	Б.р.	од, гр, ж, п, сд, ск	Не переносит кислых почв
Снежноягодник белый	(+)	-	-	+	+	+	+	Б.р.	гр, ж, п, ск, сд, б, лп	Мириится с уплотнением почвы
Таволга Вангутта	+	(+)	-	(+)	(+)	+	+	Б.р.	гр, ж, п, сд, ск, б	-
Таволга дубровколистная	(+)	-	-	+	+	+	+	Б.р.	гр, ж, п, сд, ск, б	-
Таволга иволистная	+	-	(+)	+	+	+	+	Б.р.	гр, ж, п, ск	-
Таволга японская	+	-	-	(+)	+	+	+	Б.р.	гр, ж, сд, п, лп, ск, сд, б	-
Хеномелес японский, или японская айва	+	+	-	(+)	(+)	+	-	Ум.р.	гр, од, п, лп, ск, сд	-
Чубушник венечный	+	(+)	(+)	(+)	+	+	+	Ум.р.	гр, од, ж, п, ск, сд, б	Не выносит засоления, но толерантен к уплотнению почвы

Примечание: Б.р – быстрый рост; Ум.р. – умеренный рост; М.р. – медленный рост; ск – скверы; п – парки; лп – лесопарки; од – одиночно; гр – группы; а – аллеи; м – массивы; рд – рядовые; ж – живые изгороди; сд – сады; б – бульвары; ул – улицы; пром – промышленные предприятия; борд – бордюры.

Учебное издание

Прохорова Наталья Владимировна

УРБОЭКОЛОГИЯ С ОСНОВАМИ ФИТОМЕЛИОРАЦИИ

Практикум

Публикуется в авторской редакции
Титульное редактирование *Л. А. Кнохиновой*
Компьютерная верстка, макет *Н. П. Бариновой*

Подписано в печать 20.04.2015. Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Печать оперативная.
Усл.-печ. л. 2,8; уч.-изд. л. 3,0. Гарнитура Times. Тираж 100 экз. Заказ № 2617.
Издательство «Самарский университет», 443011, г. Самара, ул. Акад. Павлова, 1.
Тел. 8 (846) 334-54-23.
Отпечатано на УОП СамГУ.