Лабораторная работа № 3

Оценка степени опасности загрязнения почв химическими веществами

Теория по теме лабораторной работы:

Афанасьева, Н. Б. Экология растений: учебник для вузов / Н.Б. Афанасьева, Н.А. Березина. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2025. – 675 с. – (Высшее образование). – ISBN 978-5-534-19031-1. – Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: https://www.urait.ru/viewer/ekologiya-rasteniy-569080#page/454

Изучите тему 10, пройдите тест в конце темы.

Ход работы:

1. Изучите теоретический материал.
2. Ответьте письменно на вопросы.
3. Проведите расчёты и оценку уровня загрязнения, согласно заданиям 4.1 и 4.2.
4. Пройдите тест, при прохождении теста допускается использование тетради с лабораторными работами и лекциями.

Оформление работы:

Лабораторная работа № 4.1
Оценка степени опасности загрязнения почв химическими веществами

Бригада №___ Дата _____,
ФИО _____,

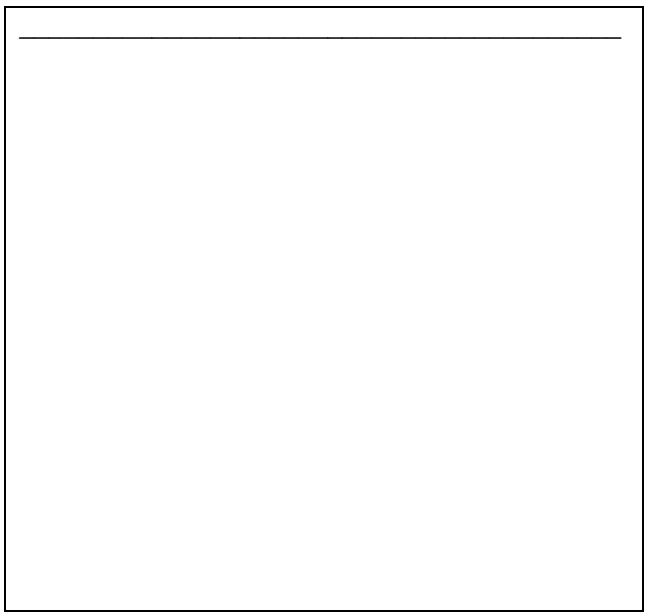
Цель работы: (*что планируется изучить, рассчитать, определить, оценить*) _____

Ответы на вопросы:
1. _____
2. _____
3. _____
4. _____

ЗАДАНИЕ
Исходные данные:
_____
_____
_____

Решение:
_____
_____
_____
_____
_____

Выводы:
_____



1. Теоретический материал и методика выполнения работы

В современных условиях наряду с естественным неравномерным распределением химических элементов в почвенных слоях во все возрастающих масштабах происходит их искусственное перераспределение.

Выбросы промышленных предприятий, объектов энергетики, транспорта, сельского хозяйства, распространяясь на значительные расстояния, попадают в почву и создают новые комплексы химических элементов. Из почвы эти вещества мигрируют в воздушную и водную среды, в ткани растений и в конечном итоге попадают в организм человека.

Особую опасность представляют тяжелые металлы, характер токсического действия которых иллюстрируется данными таблицы 4.1:

Таблица 4.1

Эффекты избирательной токсичности при загрязнении среды тяжелыми металлами (данные ВОЗ 1991 г.)

Загрязнитель	**Главное воздействие на здоровье**
Мышьяк	Рак легких; кожные болезни; гематологические эффекты, включая анемию
Бериллий	Дерматиты, язвы; воспаления слизистых оболочек
Кадмий	Злокачественные новообразования; острые и хронические респираторные заболевания; почечная дисфункция
Хром	Рак легких; злокачественные образования в желудочно-кишечном тракте; дерматиты
Свинец	Нарушение процессов кроветворения; повреждение печени и почек; нейрологические эффекты
Ртуть	Воздействие на нервную систему, включая краткосрочную память; нарушение сенсорных функций и координации; почечная недостаточность
Никель	Респираторные заболевания (астма, нарушение дыхательной системы); пороки рождения и уродства; рак носа и легких
Ванадий	Астма; нервные расстройства; изменения в крови

Основным критерием при оценке уровня загрязнения почвы является предельно допустимая концентрация (ПДК) вредных веществ в пахотном слое, которая

устанавливается из условия, что загрязняющее вещество не должно оказывать прямого или косвенного воздействия на соприкасающиеся с почвой среды (воздух, воду), на здоровье человека и на способность почвы к самоочищению.

Существуют четыре разновидности ПДК, соответствующие лимитирующим показателям вредности в зависимости от путей миграции загрязняющих веществ в определенные среды. Эти лимитирующие показатели следующие:

- транслокационный, характеризующий переход химических веществ из почвы через корневую систему в зеленую массу и плоды растений;
- миграционный воздушный, характеризующий переход химических веществ из почвы в атмосферу;
- миграционный водный, характеризующий переход химических веществ из почвы в подземные грунтовые воды и водоисточники;
- общесанитарный, характеризующий влияние химических веществ на микробиоценозы и способность почв к самоочищению.

Наименьший из допустимых уровней содержания вещества является лимитирующим и принимается за ПДК вещества, т.к. отражает наиболее уязвимый путь воздействия данного токсиканта. Вместе с тем важнейшим показателем при обосновании ПДК химических веществ в почве является транслокационный показатель вредности, поскольку уровень транслокации определяет степень накопления токсикантов в продуктах питания, а с продуктами питания растительного происхождения в организм человека поступает в среднем 70% вредных химических веществ.

Согласно методическим указаниям, при оценке опасности загрязнения почв химическими веществами необходимо учитывать следующие закономерности:

а) Опасность загрязнения тем выше, чем в большей степени фактическое содержание вредных веществ в почве С [мг/кг] превышает ПДК [мг/кг], т.е. чем больше значение коэффициента опасности K_0 превышает единицу; коэффициент опасности определяется следующим образом:

$$К_0 = \frac{С}{ПДК}, \qquad (4.1)$$

б) Опасность загрязнения тем выше, чем выше класс опасности вредных веществ. Отнесение химических веществ, попадающих в почву из выбросов, сбросов, отходов к тому или иному классу опасности проводится в соответствии с данными таблицы 4.2:

Таблица 4.2

Отнесение химических веществ, попадающих в почву, к классам опасности (по ГОСТ 17.4.1.02-83)

Класс опасности	**Химическое вещество**
I	Мышьяк, кадмий, ртуть, свинец, селен, цинк, фтор, бенз(а)пирен
II	Бор, кобальт, никель, молибден, медь, сурьма, хром
III	Барий, ванадий, вольфрам, марганец, стронций, ацетофенол

в) Опасность загрязнения тем выше, чем ниже буферные свойства почв.

Под *буферностью* почвы понимается совокупность свойств почвы, определяющих ее барьерную функцию, которая в свою очередь обусловливает уровни вторичного загрязнения химическими веществами сред, контактирующих с почвой: растительности, атмосферного воздуха, поверхностных и подземных вод.

Основными компонентами почвы, создающими буферность, являются тонкодисперсные частицы, определяющие ее механический состав, органическое вещество

(гумус), а также реакция среды pH.

Опасность загрязнения при равных прочих условиях будет больше для почв с кислой реакцией (pH < 7), меньшим содержанием гумуса и более легким механическим составом.

Оценка опасности почв, загрязненных химическими веществами, проводится раздельно для территорий сельскохозяйственного использования и для населенных пунктов.

Гигиеническая оценка почв, используемых для выращивания сельскохозяйственных растений

Опасность загрязнения почв, используемых для выращивания сельскохозяйственных растений, определяется в соответствии с данными таблиц 4.3 и 4.4:

Таблица 4.3

Принципиальная схема оценки почв сельскохозяйственного использования, загрязненных химическими веществами

Категория загрязненности почв	**Характеристика загрязненности**	**Возможное использование территории**	**Предлагаемые мероприятия**
I Допустимая	Содержание химических веществ в почве превышает фоновое, но не выше ПДК	Использование под любые культуры	Снижение уровня воздействия источников загрязнения почвы. Осуществление мероприятий по снижению доступности токсикантов для растений (известкование, внесение органических удобрений и т.п.)
II Умеренно опасная	Содержание химических веществ в почве превышает их ПДК при лимитирующем общесанитарном, миграционном водном и миграционном воздушном показателях вредности, но ниже допустимого уровня по транслокационному показателю	Использование под любые культуры при условии контроля качества сельскохозяйственных растений	Мероприятия, аналогичные категории I. При наличии веществ с лимитирующим миграционным водным или миграционным воздушным показателями проводится контроль за содержанием этих веществ в зоне дыхания сельскохозяйственных рабочих и в воде местных водоисточников
III Высокоопасная	Содержание химических веществ в почве превышает их ПДК при лимитирующем транслокационном показателе вредности	Использование под технические культуры.Использование под с/х культуры ограничено с учетом растений-концентраторов	Кроме мероприятий, указанных для категории I, обязательный контроль за содержанием токсикантов в растениях – продуктах питания и кормах. При необходимости выращивания растений – продуктов питания – рекомендуется их перемешивание с продуктами, выращенными на чистой почве. Ограничение использования зеленой массы на корм скоту с учетом растений-концентраторов.
IV Чрезвычайно опасная	Содержание химических веществ превышает ПДК в почве по всем показателям вредности	Использование под технические культуры или исключение из сельскохозяйственного использования. Лесозащитные полосы.	Мероприятия по снижению уровня загрязнения и связыванию токсикантов в почве. Контроль за содержанием токсикантов в зоне дыхания с/х рабочих и в воде местных водоисточников

Таблица 4.4

ПДК химических веществ в почве и допустимые уровни их содержания по показателям вредности

Наименование вещества	ПДК, мг/кг, почвы с учетом фона	Показатели вредности			
		транслока-ционный	миграционный		Общесани-тарный
			водный	воздушный	
Подвижная форма					
Медь[1]	3,0	3,5	72,0	-	3,0
Никель[1]	4,0	6,7	14,0	-	4,0
Цинк[1]	23,0	23,0	200,0	-	37,0
Кобальт[2]	5,0	25,0	Более 1000	-	5,0
Водорастворимая форма					
Фтор	2,8	2,8	-	-	-
Валовое содержание					
Сурьма	4,5	4,5	4,5	-	50,0
Марганец	1500,0	3500,0	1500,0	-	1500,0
Ванадий	150,0	170,0	350,0	-	150,0
Марганец + ванадий	1000,0+100,0	1500,0+150,0	2000,0+200,0	-	1000,0+100,0
Свинец	30,0	35,0	260,0	-	30,0
Мышьяк	2,0	2,0	15,0	-	10,0
Ртуть	2,1	2,1	33,3	2,5	5,0
Свинец + ртуть	20,0 +1,0	20,0+1,0	30,0+2,0	-	30,0+2,0
Хлористый калий	560,0	1000,0	560,0	1000,0	5000,0
Нитраты	130,0	180,0	130,0	-	225,0
Бенз(а)пирен (БП)	0,02	0,2	0,5	-	0,02
Бензол	0,3	3,0	10,0	0,3	50,0
Толуол	0,3	0,3	100,0	0,3	50,0
Изопропилбензол	0,5	3,0	100,0	0,5	50,0
Альфаметилстирол	0,5	3,0	100,0	0,5	50,0
Стирол	0,1	0,3	100,0	0,1	1,0
Ксилолы	0,3	0,3	100,0	0,4	1,0
Сернистые соединения:					
сероводород	0,4	160,0	140,0	0,4	160,0
элементарная сера	160,0	180,0	380,0	-	160,0
серная кислота	160,0	180,0	380,0	-	160,0
ОФУ[3]	3000,0	9000,0	3000,0	6000,0	3000,0
КГУ[4]	120,0	800,0	120,0	800,0	800,0
ЖКУ[5]	80,0	Более 800,0	80,0	Более 800,0	800,0

Примечания:

1 – подвижные формы меди, никеля, цинка извлекаются из почвы аммонийно-ацетатным буфером с pH 4,8 (медь, цинк) и pH 4,6 (никель);

2 – подвижная форма кобальта извлекается из почвы аммонийно-натриевым буферным раствором с pH 3,5 для сероземов и pH 4,7 для дерново-подзолистой почвы;

3 – ОФУ - отходы флотации угля. ПДК ОФУ контролируются по содержанию бенз(а)пирена в почве, которое не должно превышать ПДК БП;

4 – КГУ - комплексные гранулированные удобрения состава N:P:K = 64:0:15. ПДК КГУ контролируется по содержанию нитратов в почве, которое не должно превышать 76,8 мг/кг абсолютно сухой почвы;

5 – ЖКУ – жидкие комплексные удобрения состава N:P:K = 10 : 34 : 0 ТУ 6-08-290-74 с добавками марганца не более 0,6% от общей массы. ПДК ЖКУ контролируется по содержанию подвижных фосфатов в почве, которое не должно превышать 27,2 мг/кг абсолютно сухой почвы.

Гигиеническая оценка почв населенных пунктов

Оценка уровня химического загрязнения почв населенных пунктов проводится по двум показателям: коэффициенту концентрации отдельного химического вещества *Кс* и суммарному показателю загрязнения *Zc* при наличии в почве нескольких загрязняющих компонентов.

Коэффициент концентрации химического вещества определяется отношением:

$$К_C = \frac{C}{C_ф}, \quad (4.2)$$

где C – реальная концентрация данного химического вещества в почве, мг/кг;
$C_ф$ – фоновая концентрация в почве данного вещества, мг/кг.

Суммарный показатель загрязнения равен сумме коэффициентов концентраций загрязняющих почву химических элементов и выражается следующей формулой:

$$Z_C = \sum_{n=i}^{n} К_C - (n-1), \quad (4.3)$$

где n – число учитываемых химических элементов.

Оценка опасности загрязнения почв по найденному суммарному показателю Zc проводится с помощью данных таблицы 4.5:

Таблица 4.5

Ориентировочная оценочная шкала опасности загрязнения почв по суммарному показателю

Категория загрязнения почв	**Показатель *Zc***	**Изменения показателей здоровья населения в очагах загрязнения**
Допустимая	Менее 16	Наиболее низкий уровень заболеваемости детей и минимум функциональных отклонений
Умеренно опасная	16 – 32	Увеличение общего уровня заболеваемости
Опасная	32 – 128	Увеличение общего уровня заболеваемости, числа часто болеющих детей, детей с хроническими заболеваниями, нарушениями функционирования сердечно-сосудистой системы
Чрезвычайно опасная	Более 128	Увеличение заболеваемости детского населения, нарушение репродуктивной функции женщин (увеличение случаев токсикоза беременности, преждевременных родов, мертворождаемости, гипотрофии новорожденных)

2. Контрольные вопросы

1) Какие металлы относятся к тяжёлым металлам?
2) Какой вред здоровью они наносят?
3) Какие разновидности ПДК в зависимости от путей миграции существуют?
4) Какой уровень содержания вещества является лимитирующим?
5) Какой из показателей при обосновании ПДК для почв является важнейшим и почему?
6) Что такое буферность почв?
7) Какие показатели увеличивают опасность загрязнения почв?

8) Какие свойства почв увеличивают опасность загрязнения?

3. Проведите расчёты и оценку уровня загрязнения

ЗАДАНИЕ 4.1

На определенном участке территории установлено присутствие в почве ряда загрязняющих веществ. Зная концентрации данных токсикантов, определить категорию загрязненности почвы и возможность ее использования для выращивания сельскохозяйственной продукции: установить характер возможного использования данной территории и мероприятия по снижению токсического воздействия почвенных загрязнений. Исходные данные по вариантам согласно таблице 4.6:

Таблица 4.6

Варианты исходных данных

Вар.	Токсикант	Концентрация, мг/кг	Вар.	Токсикант	Концентрация, мг/кг	Вар.	Токсикант	Концентрация, мг/кг
1	Никель Медь	8,0 75,0	10	Мышьяк Свинец	4,0 60,0	19	Альфаметилстирол Нитраты	0,4 400,0
2	Цинк Фтор	20,0 4,0	11	Ртуть Цинк	3,5 20,0	20	Стирол КГУ	0,2 650,0
3	Кобальт Ванадий	12,0 120,0	12	Нитраты Медь	150,0 65,0	21	Ксилол Кобальт	92,0 75,0
4	Фтор Мышьяк	1,5 8,0	13	Бенз(а)пирен Свинец	0,15 39,0	22	Сероводород Фтор	150,0 3,0
5	Сурьма Ртуть	46,0 2,8	14	Бенз(а)пирен Никель	0,4 13,0	22	Сероводород Фтор	150,0 3,0
6	Марганец Мышьяк	3000,0 3,0	15	Бензол Кобальт	0,25 1300,0	24	Серная кислота Сурьма	145,0 5,0
7	Ванадий Цинк	115,0 38,0	16	Толуол Марганец	0,45 2000,0	25	ОФУ Бензол	8000,0 44,0
8	Свинец Никель	240,0 3,5	17	Изопропилбензол Сурьма	2,5 55,0	26	КГУ Толуол	600,0 98,0
9	Свинец Сурьма	42,0 10,0	18	Изопропилбензол Никель	4,0 12,0			

Пример 4.1

На определенном участке территории установлено присутствие в почве меди с содержанием подвижных форм в количестве 3,2 мг/кг и свинца с концентрацией 25 мг/кг. Определить категорию загрязненности почвы и возможность ее использования для выращивания сельскохозяйственной продукции: установить характер возможного использования данной территории и мероприятия по снижению токсического воздействия почвенных загрязнений.

Решение

На основании данных таблицы 4.4 находим:

1. ПДК меди с учетом фона – 3,0 мг/кг; ПДК свинца с учетом фона – 30,0 мг/кг.
2. Допустимые уровни содержания:

- по транслокационному показателю вредности: меди – 3,5 мг/кг; свинца – 35,0 мг/кг;
- по миграционному водному показателю вредности: меди – 72,0 мг/кг; свинца – 260,0 мг/кг;
- по общесанитарному показателю вредности: меди – 3,0 мг/кг; свинца – 30,0 мг/кг.

Уровень содержания меди в почве превышает ее ПДК (3,0 мг/кг) и допустимый уровень при лимитирующем общесанитарном показателе вредности (3,0 мг/кг), но ниже допустимого уровня по транслокационному показателю вредности (3,5 мг/кг), следовательно, в соответствии с таблицей 4.5, категория загрязненности почв медью – умеренно опасная.

Уровень содержания свинца в почве не превышает ПДК и допустимые уровни по всем лимитирующим показателям вредности, следовательно, в соответствии с таблицей 4.5, категория загрязненности почвы свинцом – допустимая.

Исходя из комплексной оценки загрязненности почвы, устанавливаем, что категория ее загрязненности – умеренно опасная.

Данная территория может использоваться под любые культуры при условии контроля качества сельскохозяйственных растений и проведения мероприятий по снижению доступности для них имеющихся токсикантов, т.е. меди и свинца.

ЗАДАНИЕ 4.2

Определить уровень загрязнения почвы населенного пункта и дать характеристику изменения здоровья населения, проживающего на загрязненном участке. Исходные данные согласно таблице 4.7:

Таблица 4.7

Варианты исходных данных

Вариант	Реальная концентрация загрязняющих веществ в почве, мг/кг											
	Li	Be	S	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Cd	Hg	Pb
1	61	12	4100	220	740	92	-	-	-	-	-	-
2	-	23	2350	630	1700	66	250	-	-	-	-	-
3	-	-	6100	420	1350	80	350	41	-	-	-	-
4	-	-	-	345	770	170	64	80	300	-	-	-
5	-	-	-	-	3200	31	195	230	510	12	-	-
6	-	-	-	-	-	22	250	215	68	9	0,3	-
7	-	-	-	-	-	-	46	112	265	41	0,1	130
8	55	-	5200	-	415	-	400	-	48	-	0,09	-
9	-	41	-	190	-	44	-	178	-	14	-	66
10	-	-	3210	520	-	-	120	190	-	-	0,07	313
11	116	15	-	-	2345	132	-	-	148	29	-	-
12	-	-	-	590	1100	143	-	-	-	35	0,15	280
13	96	38	4460	-	-	-	276	134	286	-	-	-
14	-	26	3420	355	-	-	-	155	90	11	-	-
15	-	-	2300	615	820	-	-	-	270	32	0,03	-
16	-	-	-	448	1970	83	-	-	-	18	0,6	79
17	86	-	-	-	974	78	314	-	-	-	0,8	124
18	70	31	-	-	-	73	265	202	-	-	-	266
19	108	-	-	524	1255	-	-	44	257	-	-	88
20	-	19	3910	-	-	-	-	-	114	10	0,02	118
21	121	17	2840	-	-	-	-	-	-	37	0,4	252
22	61	29	-	-	-	114	-	-	-	40	0,08	305
23	-	-	6000	408	1312	76	342	78	-	-	-	-
24	88	-	-	360	785	188	69	92	-	-	-	-
25	-	44	-	-	-	-	171	214	487	21	-	113
Фоновые концентрации, мг/кг												

Вариант	Реальная концентрация загрязняющих веществ в почве, мг/кг											
	Li	Be	S	V	Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Cd	Hg	Pb
	23,5	1,5	720	63,5	180	8,4	23,2	15,3	41,3	0,7	0,01	11,5

Пример 4.2

Определить категорию загрязнения почвы населенного пункта химическими веществами по суммарному показателю загрязнения. Дать характеристику показателей здоровья населения, проживающего на загрязненной территории.

Исходные данные:

Загрязняющие вещества	Реальная концентрация в почве: C, мг/кг	Фоновая концентрация в почве: $C_ф$, мг/кг
Фтор	470	208
Бериллий	4,9	1,5
Цинк	255	41,3

Решение

По формуле (6.2) находим коэффициенты концентрации загрязняющих веществ:

$$К_{C(F)} = \frac{470}{208} = 2{,}3; \qquad К_{C(Be)} = \frac{4{,}9}{1{,}5} = 3{,}3; \qquad К_{C(Zn)} = \frac{255}{41{,}3} = 6{,}2$$

По формуле (6.3) суммарный показатель загрязнения равен:

$$Z_C = (2{,}3 + 3{,}3 + 6{,}2) - (3 - 1) = 9{,}8$$

В соответствии с данными таблицы 4.5 рассматриваемые почвы относятся к категории допустимого загрязнения и характеризуются наиболее низким уровнем заболеваемости детей и минимумом функциональных отклонений.

4. Тест по лабораторной работе: https://onlinetestpad.com/emrtjdyhvvtue