

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ,  
НАУКИ И КАДРОВОЙ ПОЛИТИКИ

Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ  
ОРДЕНОВ ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ  
И ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

Кафедра сельскохозяйственной биотехнологии,  
экологии и радиологии

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВЕДЕНИЯ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО  
ПРОИЗВОДСТВА**

Горки  
БГСХА  
2023

УДК 631.95(072)  
ББК 20.1я73  
Э40

*Рекомендовано методической комиссией  
агроэкологического факультета.  
Протокол № 2 от 24 октября 2022 г.*

**Авторы:**

доктор биологических наук, профессор *А. В. Кильчевский*;  
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *М. М. Добродькин*;  
кандидат биологических наук, доцент *Т. В. Никонович*;  
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *Н. Ю. Лещина*;  
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *А. М. Добродькин*;  
старший преподаватель *Н. А. Невестенко*

**Рецензент:**

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *Е. В. Равков*

Э40 **Экологические основы ведения сельскохозяйственного производства** : методические указания по выполнению лабораторных работ / А. В. Кильчевский [и др.]. – Горки : БГСХА, 2023. – 57 с.

УДК 631.95(072)  
ББК 20.1я73

© УО «Белорусская государственная  
сельскохозяйственная академия», 2023

## **ВВЕДЕНИЕ**

Учебная дисциплина «Экологические основы ведения сельскохозяйственного производства» рассматривает принципы, методы, аспекты ведения органического сельскохозяйственного производства, основанного на понимании того, как взаимодействуют почва, растения, животные и силы природы. При современном положении аграрной отрасли, когда утрачиваются достигнутые преимущества в технологии и организации производства вследствие усиления эрозии почв, ухудшения состояния земель, распространения болезней и вредителей сельскохозяйственных культур, восстановление природных ресурсов становится основной проблемой. Следствием применения пестицидов стало загрязнение их остатками почв и водоемов, их повышенное содержание в сельскохозяйственной продукции и негативное влияние на здоровье человека. Проблемы рационального природопользования и обеспечения населения безопасными для здоровья продуктами питания являются особенно актуальными в современном обществе. Развитие органического (экологического или биологического) сельского хозяйства стало одним из способов уменьшения негативного воздействия сельского хозяйства на природу и человека.

## Лабораторная работа 1. ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА РАЗВИТИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Жизнь живого организма происходит под постоянным воздействием окружающей среды. Среди большого многообразия экологических факторов первостепенное значение имеет климат. *Климат* – это многолетний режим погоды, характерный для данной местности, обусловленный солнечной радиацией, ее преобразованием в деятельном слое земной поверхности и связанной с ним циркуляцией атмосферы и океанов. Он оказывает мощное влияние на рост и развитие растений. *Два абиотических фактора – температура и количество осадков* – определяют размещение растений по земной поверхности, которое тесно связано с географическими поясами и зонами.

Сельскохозяйственные культуры как составляющая растительного мира также предъявляют определенные требования к климатическим условиям. Поэтому территория суши делится на агроклиматические пояса, зоны, области. Каждое подразделение характеризуется специальным тепловым режимом и количеством выпадаемых осадков.

Тепловой режим вегетационного периода для культуры оценивают по сумме активных и эффективных температур.

*Сумма активных температур* – это сумма положительных среднесуточных температур за период с температурой выше 10 °С. Сумма активных температур определяет возможность возделывания той или иной сельскохозяйственной культуры в конкретной местности. Так, в районах с суммой активных температур, равной 1000–1400 °С, можно возделывать яровые зерновые, ранний картофель, корнеплоды; от 1400 до 2200 °С – хлебные злаки, картофель, лен и др.; 2200–3500 °С – плодовые культуры и др.; менее 4000 °С – субтропические культуры.

*Сумма эффективных температур* определяется как разность в градусах между среднесуточной температурой и свойственным данному растению значением нижнего предела температуры, когда начинается заметное развитие растений. За нижний предел развития зерновых, плодово-ягодных культур, зеленных овощных, капусты и др. принимают 5 °С; кукурузы, льна, корнеплодов, томатов – 10 °С; огурцов, перца и др. – 15 °С. Данный показатель используют для расчетов сроков наступления фаз развития.

Г. Т. Селянинов разделил климаты земного шара по теплообеспеченности сельскохозяйственных культур и экологическим особенностям на

пять агроклиматических поясов: тропический, субтропический, умеренный, полярный и арктический.

**Тропический пояс.** Растения этого пояса, в течение всего года обеспеченные теплом и влагой во многих районах, почти непрерывно вегетируют. Состав культур очень разнообразен. Земледелие строится на основе культуры многолетних растений: чая, хинного дерева, кофе, какао, многолетнего хлопчатника, бананов, ананасов и др. Однолетние посевы дают несколько урожаев в год. В тропическом поясе температура не опускается до 0 °С и ниже ни в воздухе, ни на почве. Средняя температура воздуха самого холодного месяца 15–20 °С. Суммы активных температур 6000–8000 °С и более. Наблюдается чередование сухих и дождливых периодов различной длительности; годовая сумма осадков по территории пояса очень изменчива – от 100–150 мм в тропических пустынях до 10 000–12 000 мм в зонах избыточного увлажнения.

Экологическими особенностями растений тропического пояса являются: неспособность растений переносить понижения температуры ниже 5 °С; одинаковая требовательность их к теплу и свету во все фазы развития.

**Субтропический пояс.** Характеризуется наличием двух вегетационных периодов – летнего и зимнего. Во многих частях территории необходимо орошение в летний период. Культуры теплого и холодного вегетационных периодов различны по экологическим признакам. В этом поясе произрастает множество многолетников. В году собирают не менее двух урожаев – весной и осенью. В составе культурных растений летнего периода большая часть однолетних растений (хлопчатник, соя, кукуруза, рис и т. п.). Из древесных характерны шелковица, тунг, чай, цитрусовые, виноград, грецкий орех и др. Для этого пояса характерно отсутствие устойчивого снежного покрова. Средняя температура воздуха самого холодного месяца выше 0 °С; средний из абсолютных годовых минимумов выше –10 °С; средняя температура воздуха самого теплого месяца выше 20 °С; суммы активных температур более 3500 °С. Зимой морозы носят характер заморозков умеренного пояса. Количество осадков за год и годовой ход их значительно изменяются по территории пояса.

Экологические признаки растений субтропического пояса следующие: многолетние растения имеют хорошо выраженный период вегетативного покоя. Древесная растительность – вечнозеленая и только у северной границы пояса появляются листопадные деревья (тунг, инжир, орех). Морозостойкость растений у северной границы пояса не более –

20 °С. Субтропические однолетние культуры теплого сезона не вегетируют при температурах ниже 10–15 °С, не переносят заморозков и требуют за период вегетации суммы активных температур от 3000–3500 до 6000 °С. Культуры холодного сезона обладают относительно высокой морозостойкостью; используют положительные температуры зимнего периода не прекращая вегетации; отличаются потребностью к низким температурам (ниже 10 °С) в первые периоды развития; за период вегетации им необходима сумма активных температур около 2000 °С. Растения требовательны к влаге.

**Умеренный пояс.** Характеризуется одним летним вегетационным периодом и «нерабочим» зимним сезоном. В основном за год обеспечен один урожай. Состав культурной растительности менее разнообразен, чем в перечисленных выше поясах. Основные культуры здесь злаковые (озимые и яровые) и корнеплоды, а из древесных – плодовые. Климат пояса характеризуется большим разнообразием. Длина вегетационного периода от 200 дней на южной границе до 40 дней и менее на северной. Средняя температура воздуха самого теплого месяца несколько выше 15 °С. Сумма активных температур от 1000 °С на северной границе пояса до 3500–4000 °С на южной. Снежный покров в основном устойчивый (неустойчив только в районах, прилегающих к южной границе пояса). Средний из абсолютных годовых минимумов температуры воздуха на южной границе –10 °С, а в северных районах пояса ниже –50 °С. Годовая сумма осадков резко меняется по территории пояса. Растения, начиная вегетацию при температурах около 5–10 °С, в последующие фазы развития требуют более высоких температур (порядка 15–20 °С), они обладают большей устойчивостью к заморозкам в начале развития. В основном это растения длинного дня. Зимующие злаковые (озимые) и древесные отличаются высокой морозостойкостью. Общая потребность в тепле у разных растений выражается суммой активных температур от 1000 до 3000 °С и более.

**Полярный пояс.** Имеет небольшие ресурсы тепла, поэтому состав культурных растений здесь ограничен. Для растений этого пояса характерны скороспелость, малая требовательность к теплу, способность переносить понижение температур ниже 0 °С. Заморозки здесь возможны в продолжение всего периода вегетации. Сумма активных температур изменяется в пределах 300–1000 °С. Непрерывный день летом до некоторой степени компенсирует низкий уровень температуры. Земледелие в этом поясе очаговое. Произрастают наиболее скороспелые культуры северной границы умеренного пояса – листовые овощи, некоторые корнеплоды, ранний картофель, местами ячмень.

**Арктический пояс.** Для него характерны очень низкие температуры лета. Средняя температура воздуха самого теплого месяца изменяется от 0 до 10 °С, поэтому культурные растения не могут произрастать здесь в открытом грунте. В летние месяцы часто бывают длительные похолодания с понижением температуры до 0 °С и ниже.

Важным условием роста и развития растений является присутствие в окружающей среде воды. Вода поддерживает необходимый обмен веществ в клетках и их тургорное состояние, регулирует температуру тела растения, участвует в синтезе органического вещества и т. д.

Требовательность растений к почвенной влаге зависит от особенностей строения надземной части, развития и распространения корневой системы. По отношению к воде сельскохозяйственные культуры распределяются следующим образом:

- наиболее требовательные – капуста, огурцы, зеленные овощные;
- высокотребовательные – рапс, корнеплоды, картофель, лен, лук, чеснок;
- менее требовательные – хлебные злаки, морковь, томаты;
- устойчивые к неблагоприятным водным условиям – кукуруза, просо, плодовые и бахчевые культуры, фасоль.

Обеспеченность вегетационного периода культуры оценивается по **гидротермическому коэффициенту (ГТК)**. Он определяется выражением:

$$\text{ГТК} = \frac{10 \sum o}{\sum t},$$

где  $\sum o$  – количество выпадаемых осадков, мм;

$\sum t$  – сумма температур, °С.

По величине ГТК устанавливаются тип климата зоны.

Если ГТК меньше 1 – засушливая зона, или аридная; от 1,0 до 1,5 – зона умеренного климата; 1,5 и более – зона избыточного увлажнения, или гумидная. Показатель ГТК используется и при оценке влагообеспеченности культуры в отдельные периоды вегетации. Его значения соответствуют следующим характеристикам:

- больше 1,6 – влажные;
- от 1,6 до 1,3 – оптимальные;
- от 1,3 до 1,0 – слабозасушливые;
- от 1,0 до 0,7 – засушливые;
- от 0,7 до 0,4 – очень засушливые;
- от 0,4 до 0,2 – сухие;
- от 0,2 и меньше – очень сухие.

### **Задания.**

На основании данных табл. 1.1–1.7 выполнить приведенные ниже задания.

1. Определить сумму активных температур для зоны.
2. Определить сумму эффективных температур за год для культур с температурным порогом 5, 10, 15 °С.
3. Составить перечень сельскохозяйственных культур, возможных для возделывания в зоне.
4. Вычислить продолжительность вегетационного периода для культур с температурным порогом 5, 10 и 15 °С.
5. Рассчитать ГТК для вегетационного периода в целом и по месяцам.
6. Определить тип климата зоны.
7. Выявить засушливые периоды и их продолжительность в зоне.
8. Определить вегетационный период ярового ячменя, льна-долгунца, огурца.
9. Начертить климадиаграмму зоны.

**Лен-долгунец** – культура длинного дня и умеренного климата. Возделывается в зоне с суммой эффективных температур за вегетационный период в пределах 1400–2200 °С, количеством осадков за это время 150–250 мм, в год 400–600 мм. Сев культуры проводится при среднесуточной температуре воздуха более 8 °С. Наступление фаз развития и продолжительности межфазных периодов у льна в основном определяется гидротермическими условиями.

**Огурец** – культура наиболее требовательная среди овощей к теплу и влаге. Прорастание семян начинается при температуре 12–13 °С. При температуре 5–10 °С в корнеобитаемом слое в течение 30 ч корни повреждаются патогенными микроорганизмами и загнивают, растение гибнет. Температурный оптимум для роста огурцов составляет  $(20 \pm 7)$  °С. При температуре выше 35 и ниже 15 °С растения угнетаются. Если во время роста средняя за декаду температура опускается до 13–15 °С, то погибает до 20 % растений, а при 11–12 °С гибель составляет до 80 %.

Т а б л и ц а 1.1. Среднемесячные суммы атмосферных осадков (мм) и температуры (°С) различных зон

Агро-клима-тиче-ские зоны	Показатели	Месяцы											
		Ян-варь	Фев-раль	Март	Ап-рель	Май	Июнь	Июль	Ав-густ	Сен-тябрь	Ок-тябрь	Но-ябрь	Де-кабрь
I	Осадки	37	28	40	38	19	24	50	168	90	20	48	39
	Температура	-0,1	2,3	4,2	8,1	15,8	17,9	20,4	18,2	11,3	4,1	-4,4	-6,6
II	Осадки	16,5	24,4	17,5	43,9	95,4	92,2	102,5	84,9	20,8	34	48	30
	Температура	-4,2	-9	1,4	6,2	10,4	16,2	17,7	16,4	13,2	7,3	0,8	-3,5
III	Осадки	27	21	60	75,5	41	192	90	61	14	104	50	21
	Температура	-6,2	-8,4	2,3	3,4	17,3	15,9	15,2	14,4	11,8	7,4	-1,2	-3,1
IV	Осадки	35	32	26	27	50	71	78	73	57	49	54	44
	Температура	-7	-3	-1	2	7	14	22	23	10	3	-	-6
V	Осадки	11	11	12	13	15	9	6	7	6	11	13	14
	Температура	-1	2	7	12	18	26	32	36	20	10	5	0
VI	Осадки	39	29	18	38	13	24	90	99	40	57	47	50
	Температура	-4,0	-1,6	-1,1	5,2	16,4	18,2	19,3	15,2	11,7	6,2	-2,5	2,7
VII	Осадки	39	35	37	43	15	75	91	79	56	53	47	42
	Температура	-8,5	-7,7	-3,4	4,7	12,3	15,9	17,6	16,1	7,1	5,0	-0,5	-5,5
VIII	Осадки	40	48	70	60	66	10	79	70	70	79	32	22
	Температура	-7,9	-7,4	-4,0	-2,4	10,3	12,4	15,8	17,0	5,3	30	-1,0	4,5
IX	Осадки	22	22	20	28	54	48	58	44	40	30	28	28
	Температура	-5,4	-5,9	-0,8	9,9	16,0	17,0	18,7	19	19,1	10,4	5,1	-1

Т а б л и ц а 1.2. Сумма эффективных температур, необходимых для наступления фаз развития зерновых культур

Культура	Сумма эффективных температур по межфазным периодам				
	посев – всходы	посев – кущение	кущение – выход в трубку	выход в трубку – колошение	колошение – спелость
Озимая рожь	52	119	–	183	544
Озимая пшеница	67	134	–	330	490
Яровая пшеница	67	134	43	400	450–40
Ячмень	67	134	43	380	428–466

Т а б л и ц а 1.3. Зависимость продолжительности межфазных периодов зерновых культур от температуры воздуха при оптимальном увлажнении

Температура воздуха	Продолжительность межфазных периодов, дн.			
	посев – всходы	всходы – кущение	кущение – выход в трубку	выход в трубку – колошение
<b>Озимая пшеница</b>				
4	47	36–52		
6	22	26–31		
8	18	20–24		
10	14	17–21		
12	11	15–8		33–0
16	6	13–15		27–34
20	5	12–14		23–30
24	4	12–4		22–29
<b>Яровой ячмень</b>				
4	28	44	86	
6	18	29	58	
8	13	20	45	
10	9	16	34	
12	7	13	27	32
16	6	11	24	22
20	4	9	21	21
24	4	8	19	20
28	4	7	17	20

Т а б л и ц а 1.4. Продолжительность периода «посев – всходы» в зависимости от температуры воздуха при оптимальном увлажнении

Показатели	Температура воздуха, °С						
	8	10	12	14	16	18	20
Дни	16	12–14	10–12	8–10	6–8	5–6	5

Т а б л и ц а 1.5. Продолжительность периода «образование соцветий – цветение» в зависимости от запасов продуктивной влаги в почве и температуры воздуха

Средняя температура воздуха, °С	Запасы продуктивной влаги, мм, в слое почвы 0–20 см							
	5	15	25	35	40	45	50	55
14	17	19	21	23	24	24	25	–
18	14	16	17	19	19	20	21	21
20	12	14	16	17	18	18	19	20
22	11	13	15	16	17	18	18	18

Т а б л и ц а 1.6. Продолжительность периода «цветение – ранняя желтая спелость» в зависимости от средней температуры воздуха и количества осадков

Средняя температура воздуха за период, °С	Количество осадков за период, мм									
	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200
14	32	33	35	37	38	39	42	43	45	46
16	29	31	33	34	35	37	39	41	42	43
18	26	28	30	31	33	34	36	38	39	41
20	23	25	27	28	30	31	33	34	37	38
22	20	22	24	26	27	29	30	32	34	36

Т а б л и ц а 1.7. Продолжительность межфазовых периодов

Сумма средних суточных температур за период, °С	Средняя температура воздуха за период										
	11	12	13	14	15	16	17	19	21	24	25
<b>Посев – всходы</b>											
170	16	15	13	12	11	10	10	8	7		
<b>Всходы – начало цветения мужских цветков</b>											
620–700					44	40	36	30	34		
<b>Всходы – начало цветения женских цветков</b>											
660–750					48	46	41	36	34		
<b>Плодоношение</b>											
230–260				20	18	16	14	12	11	10	10

## Лабораторная работа 2. АЛЛЕЛОПАТИЧЕСКИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В АГРОЦЕНОЗАХ

Изучение вопросов взаимного влияния растений друг на друга имеет огромное теоретическое и практическое значение. Раскрытие неясных сторон взаимодействия является новым резервом повышения продуктивности культурных и естественных сообществ, создания устойчивых и долговечных агроценозов.

**Аллелопатия** – это способность одних растений выделять в окружающую среду вещества, отпугивающие, подавляющие или стимулирующие развитие других.

Аллелопатия – достаточно распространенное в природе явление, своеобразный механизм защиты от врагов. Появляется в виде выделений эфирных масел, органических газов и их производных, алкалоидов, гликозидов, органических кислот и других веществ надземными органами растений и корнями.

Способностью выделять в окружающую среду вещества обладают древесные и травянистые дикие виды, а также культурные растения.

Среди древесных пород выделяются ель, каштан, орех, сосна и др., из травянистых форм – галенсога многоцветковая, пырей ползучий, амброзия полынолистная и др. Аллелопатическая активность присуща и культурным растениям. К ним можно отнести группу эфирно-масличных культур, из овощных культур – чеснок, лук, укроп, петрушку, пастернак, томаты, баклажаны, тыкву, редис, репу, свеклу и др.; из полевых – рапс, овес, ячмень, лен-долгунец и т. д.; из плодовых – яблоню, грушу, малину, смородину, виноград; из декоративных цветочных – петунию, лилию, вербену, настурцию, тагетис и т. д.

Аллелопатические взаимодействия основаны на том, что одни виды растений создают вокруг себя аллелопатическое поле, а другие приспособляются переносить наличие активных веществ в своей среде обитания и даже требовать некоторого содержания для активного роста; третьи сильно угнетаются и со временем выпадают из сообщества; четвертые нечувствительны к выделениям донора и могут длительное время произрастать рядом.

Такие сложные взаимоотношения между растениями положены учеными в основу одного из направлений стратегии устойчивого развития сельского хозяйства. Оно предполагает переход от монокультуры в агроценозе к поликультуре.

**Поликультура** – это одновременное возделывание нескольких культур на одном поле.

Преимущества поликультуры: лучшее использование ресурсов среды за счет дифференцированного распределения сельскохозяйственных культур по экологическим нишам (разная высота растений, различное расположение листьев, глубина залегания корней, особенности минерального питания и др.); проявление аллелопатии – взаимного влияния организмов друг на друга посредством выделения продуктов жизнедеятельности; уменьшение пестицидной нагрузки на агроценоз; использование аллелопатии для подавления сорняков, отпугивания вредителей культур, уничтожения болезнетворных организмов; уменьшение доз применения минеральных удобрений за счет введения в сообщество бобового компонента; стабилизация продуктивности за счет увеличения видового разнообразия; ослабление эрозионных процессов.

Различают три типа поликультуры:

– смешанный посев – две или более культуры возделываются одновременно без четкого размещения по рядам (клевер – тимофеевка);

– рядовой посев – одновременное выращивание двух или более культур, причем одна или несколько выращиваются рядами (кукуруза – огурец, кукуруза – фасоль и др.);

– ленточный посев – культуры выращиваются лентами или полосами, причем ширина полос позволяет вести уборку и обработку культур (рожь – гречиха).

Комплексное изучение аллелопатических свойств на ранних стадиях онтогенеза дает возможность расширить понимание роли и значения экзометаболитов при возделывании поликультуры в сельскохозяйственном производстве.

**Задание 1.** Выявить влияние калинов сорняков на культурные растения на этапе их прорастания.

#### **Методика выполнения работы.**

Методика проведения исследований аллелопатического взаимодействия сорняков и культурных растений на ранних стадиях онтогенеза заключается в определении процента всхожести семян, а также изменения физических параметров проростков семян (длины и массы стеблей, длины и массы корней) при проращивании в растворе, содержащем вытяжку из сорняков. Контрольный вариант – дистиллированная вода.

**Материалы и оборудование:** термостат, электронные весы, электроплитка, семена культурных растений (огурец, горох, люпин, редис, ячмень, томат и т. д.), сырая надземная часть сорняков, чашки Петри, мерный цилиндр, стаканчики на 500 мл, ножницы, линейка, бумажные фильтры, дистиллированная и кипяченая вода.

*Приготовление водной вытяжки сорных растений.* В колбу вместимостью 750 мл переносят 100 г измельченной воздушно-сухой массы сорняка, заливают закипевшей водой и выдерживают раствор в течение 30 минут. Объем воды берется в количестве 400 мл. По истечении необходимого времени вытяжку отфильтровывают в чистые колбы через плотный складчатый фильтр. На колбах химическим карандашом отмечают, из какого растения приготовлен раствор.

*Постановка опыта.* В опыте можно использовать семена тех сельскохозяйственных культур, которые могут прорасти в течение 5–7 дней. Семенной материал тщательно просматривается. Отбираются неповрежденные, крупные и выравненные, с типичной окраской семена.

Отобранные семена в количестве 50 штук для мелкосеменных и 20 штук для крупnoseменных культур помещают в чашки Петри, на дно которых предварительно укладывается фильтровальная бумага. Семена равномерно распределяют по поверхности чашки и заливают 10 мл водной вытяжки. Чашку закрывают крышкой и сверху химическим карандашом записывают вид сорняка. Проращивание проводится в термостате при температуре 22–23 °С. В качестве контрольного варианта используется дистиллированная вода.

*Снятие результатов.* Опыт снимают на седьмые сутки. Взвешивают массу корней и надземной части проростка, подсчитывают невсхожие семена (всхожими считаются семена, прорвавшие оболочку), измеряют длину корней. Затем приступают к обработке аналитического материала. Определяют всхожесть семян, массу наземной части и корневой системы, среднюю длину побегов и корней, рассчитывают их соотношение и данные заносят в табл. 2.1. На основании полученных результатов делают вывод.

Таблица 2.1. Влияние сорняков на развитие семян культурных растений на этапе прорастания

Наименование культуры	Варианты опыта		Количество семян, шт.	Всхожесть, %	Масса, г		Соотношение массы наземной части к массе корней	Средняя длина наземной части (побегов)	Средняя длина корней	Соотношение средней длины наземной части к средней длине корней	± к контролю	
	исходное	проросло			надземной части	корней					см	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

**Задание 2.** Выявить влияние культурных растений друг на друга на ранних этапах развития.

**Методика выполнения работы.** Методика закладки опыта такая же, как и в задании 1.

Разница состоит в том, что на проращивание в чашку Петри размещаются семена двух культур по предложенной студентами схеме. Семена заливаются дистиллированной водой.

По результатам проведенного эксперимента делают выводы о совместимости культур и возможности их возделывания в поликультуре агроценоза.

### **Лабораторная работа 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ БИОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОД В ПРИРОДНО-АГРАРНЫХ СИСТЕМАХ**

В результате хозяйственной деятельности человека с водосборных площадей рек, озер, водохранилищ в водные системы поступают биогенные вещества (БВ). Под их воздействием происходит усиленное развитие высших водных растений, прибрежных зарослей, водорослей. При разложении биомассы в анаэробных условиях в среде образуются сероводород, аммиак, метан, нарушаются окислительно-восстановительные процессы и возникает недостаток кислорода. Это приводит к гибели жизни в реке или водоеме. Вода становится непригодной не только для питья, но и для купания.

Повышение биогенной продуктивности водных систем в результате обогащения их питательными веществами называется *эвтрофикацией* водоемов.

Переход сельского хозяйства на интенсивное возделывание сельскохозяйственных культур и промышленное выращивание животных увеличило приток *соединений азота, фосфора и калия (БВ)* в окружающую среду, в том числе и в водные объекты.

Значительная доля БВ поступает при использовании минеральных и органических удобрений. Потери минеральных удобрений отмечаются на всех этапах технологической цепи: при выгрузке в хранилище, погрузке на транспорт для перевозки на поле и в средства внесения, при внесении в почву.

Размер потерь удобрений зависит от природных и антропогенных факторов. К *природным факторам* относятся климатические условия (количество выпадающих атмосферных осадков, скорость ветра, интен-

сивность снеготаяния), геоморфологические и гидротехнические особенности территории (рельеф, крутизна склонов); *к антропогенным* – сроки и способы хранения удобрений, условия их транспортировки на поля, дозы внесения питательных веществ в почву, контурность и площадь сельскохозяйственных угодий.

Помимо сельхозугодий, источником загрязнения водоемов биогенными веществами являются и животноводческие объекты. В водные системы поступают очищенные сточные воды из животноводческих комплексов. Большое количество веществ поступает в результате смыва поверхностным и внутрипочвенным стоком с участков, где хранится навоз, с полей фильтрации жидких фракций отходов, с пастбищ.

Значительное влияние на биогенное загрязнение водоемов оказывают и территории, заселенные людьми. Сельские населенные пункты, как правило, не обеспечены очистными сооружениями. В связи с этим появилась необходимость выявления основных источников поступления биогенных веществ в водные объекты и оптимизации биогенной нагрузки на водосборных площадях.

***Под защитой вод от загрязнения*** понимают комплекс мероприятий, обеспечивающих нормальное состояние водных объектов. Он состоит: из приемов, уменьшающих концентрацию химических веществ в почвенно-грунтовых, стоковых и дренажных водах; мероприятий, предотвращающих попадание загрязнений в открытые и подземные водные источники; очистки сточных вод.

Основным направлением в защите вод является снижение концентрации загрязнений, поступающих в реки и озера. Для сельскохозяйственных предприятий: это создание удобрений с запрограммированным по фазам роста и развития растений освобождением веществ; применение гранулированных и микрокапсулированных удобрений; повышение концентрации элементов питания в удобрениях; совершенствование технологии применения химических мелиорантов; создание и внедрение новых машин, обеспечивающих равномерное внесение химических средств на полях.

К приемам, позволяющим уменьшить миграцию загрязнений в водные ресурсы с поверхностным и внутрипочвенным стоком, относится устройство защитных водоохраных зон и прибрежных полос.

***Водоохранная зона*** – это территория водосбора, прилегающая к водотоку или водоему, на который устанавливается специальный режим с целью предотвращения загрязнения, засорения и истощения вод, нарушения водной и прибрежной экосистем, а также для сохранения среды

обитания животных и растительной среды.

**Прибрежная полоса** представляет собой часть водоохранной зоны, непосредственно примыкающую к водному объекту. В прибрежной полосе устанавливается более строгий режим хозяйственной и иной деятельности по отношению к режиму всей водоохранной зоны.

**Методы очистки и обработки сточных вод.** Осуществить защиту водных ресурсов позволяет комплекс методов очистки сточных вод, которые можно разделить на следующие группы: механические, физические, химические, биологические и промежуточные (физико-химические, химико-биологические, химико-механические и т. д.).

**Механическая очистка** основана на удалении из сточных вод нерастворимых взвесей. Этим методом удаляется до 60–95 % примесей. Для очистки используются фильтры, сита, решета, песколовки, отстойники, улавливатели плавающих веществ.

**Физические методы очистки** используются для связывания тонкодисперсной и растворенной примесей. Для этого сточные воды подвергаются обработке высокими температурами, ультразвуком, радиоактивными и ультрафиолетовыми лучами, электрическим током. Сюда относятся и выпаривание, центрофугирование, экстракция.

Очистка сточных вод **химическим методом** основана на добавлении в стоки веществ-реагентов, вступающих в химическую реакцию с загрязняющими веществами, в результате которой образуются безвредные соли либо соединения, выпадающие в осадок. К химическому удалению загрязнений относят и коагуляцию. Из коагулянтов широко используют сернокислый алюминий, гашеную известь, соду; из адсорбентов – цеолиты, активированный уголь. Для обеззараживания воды применяют хлор, озон, гидрохлорид натрия.

**Биологические методы очистки сточных вод** основаны на способности водных организмов потреблять загрязнители в процессе своей жизнедеятельности. Биологическая очистка может быть естественной и искусственной. Естественная очистка проводится на полях фильтрации, полях орошения и в биологических прудах.

**Поля фильтрации** представляют собой бросовые участки земли, которые значительно удалены от водных источников. Устраиваются такие поля на почвах легкого гранулометрического состава (песчаных или супесчаных) с уровнем залегания грунтовых вод не менее 1,5 м. Роль фильтра выполняет почва. Она задерживает загрязнители, которые в дальнейшем разрушаются почвенными организмами. Эксплуатируются такие участки в течение 3–5 лет.

**Поля орошения** устраиваются на сельскохозяйственных угодьях.

Стоки разбавляются чистой водой до безопасных концентраций и используются при поливе растений. На таких участках разрешается выращивать зерновые и декоративные культуры. Запрещено применять сточные воды на плантациях овощей, ягодников, в садах, на кормовых культурах. Требования, предъявляемые к этим территориям, такие же как и для полей фильтрации.

**Биологические пруды** – это искусственно сооруженные водоемы глубиной от 0,5 до 1,5 м, которые разбиваются на секции. Площадь прудов 0,5–1,0 га. Сброшенные сточные воды заселяются естественными организмами, которые связываются и регулируются загрязнителями. Искусственная биоочистка проводится в специальных сооружениях: биофильтрах и аэротенках.

**Биологические фильтры** представляют собой железобетонные сооружения с лотками, на которых размещается пористый материал с активной биологической плёнкой.

В **аэротенках** очистка от загрязнений осуществляется по всей толще воды. Это резервуар, в котором размещается активный ил (коллоидная масса минерального и органического состава, богатая микроорганизмами). Периодически проводится аэрация воды для того, чтобы активизировать работу микроорганизмов. Используются устройства для удаления растворенных в воде минеральных и органических веществ: азота, аммиака, аминокислот, нитратов, фосфора, калия и т. д.

**Задания:**

1. Определить вынос БВ с агроценозов.
2. Выявить основные источники загрязнения водной экосистемы.
3. Рассчитать нагрузку биогенов на водный объект.
4. Разработать мероприятия по оптимизации нагрузки.

**Методика выполнения работы.**

Источниками загрязнения поверхностных вод в бассейнах малых рек и озер, искусственных водоемов являются агроэкосистемы, в которых широко используются органические и минеральные удобрения. Для оценки влияния стока сельскохозяйственных угодий на качество вод водных объектов необходима информация о характере использования водосбора: физико-географические параметры субводосбора (площадь, рельеф, распаханность); вид сельхозугодий; типы почв; уклоны участков.

Биогенную нагрузку агроценозов определяют путем расчета приходной части соединений азота, фосфора и расходной части. К приходным

статьям баланса относят внесение биогенов с минеральными и органическими удобрениями под сельскохозяйственные культуры. К расходной части – вынос биогенов с урожаем. Избыток биогенов, формирующийся на каждом поле, определяют как разницу между приходной и расходной частями. Работу начинают с разработки плана применения минеральных и органических удобрений на территории водосбора под сельскохозяйственные культуры. Содержание биогенов в навозе берется из прил. 1. Внесение биогенов с минеральными удобрениями определяют как произведение дозы вещества на площадь (кг д. в./га). Внесение биогенов с органическими удобрениями рассчитывают следующим образом: доза (т/га органических удобрений) × содержание вещества в 1 т органических удобрений (кг) × площадь, (га). Общее внесение биогенного вещества складывается из количества веществ, поступивших с минеральными и органическими удобрениями. Полученные результаты заносятся в табл. 3.1.

Таблица 3.1. Внесение биогенных веществ с минеральными и органическими удобрениями под сельскохозяйственные угодья ( $W_{уд}$ )

Сельскохозяйственные угодья	Площадь, га	Минеральные удобрения				Органические удобрения				Внесено всего, кг	
		Доза, кг/га д. в.		Внесено биогенов, кг		Доза, т/га	Содерж. биогенов в 1 т удобрений, кг	Внесено биогенов, кг		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>			N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		
Ячмень											
Картофель											
Пастбище											

Расходная часть – это вынос сельскохозяйственными культурами биогенных веществ из почвы с основной и побочной продукцией. Расчеты ведутся по уравнению:

$$W_y = F \cdot y \cdot k,$$

где  $W_y$  – вынос элемента культурой, кг;

$F$  – площадь культуры, га;

$y$  – урожайность культуры, ц/га;

$k$  – вынос элемента с 1 ц основной и соответствующим количеством побочной продукции (прил. 2).

Данные заносятся в табл. 3.2.

Т а б л и ц а 3.2. **Вынос биогенных элементов с урожаем культуры по субводосборам ( $W_y$ )**

Сельскохозяйственная культура	Площадь, га	Урожайность, ц/га	$k$		$W_y$	
			N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>

Потери биогенных веществ определяют балансовым методом. На этом этапе вводятся поправочные коэффициенты на тип почв, рельеф местности, хозяйственное использование участков, водность года и среднюю удаленность сельскохозяйственного угодья от водной экосистемы. Расчет осуществляется по зависимости:

$$P_{c.y} = (W_{уд} - W_y) \cdot B_1 \cdot B_2 \cdot B_3 \cdot a,$$

где  $P_{c.y}$  – потери биогенных веществ с сельскохозяйственных угодий, кг;  
 $W_{уд}$  – количество биогенного вещества, поступившего с удобрениями, кг (табл. 3.1);

$W_y$  – вынос биогенного элемента с урожаем культуры, кг (табл. 3.2);

$B_1$  – поправочный коэффициент на тип почв (прил. 3);

$B_2$  – поправочный коэффициент на рельеф (прил. 3);

$B_3$  – поправочный коэффициент на использование угодий (прил. 3);

$a$  – коэффициент миграции в зависимости от водности года и удаленности участка от водного объекта (прил. 4).

Полученные данные сводятся в табл. 3.3.

Т а б л и ц а 3.3. **Вынос биогенных веществ с сельскохозяйственных угодий**

Сельскохозяйственные угодья	$W_{уд}$ , кг		$W_y$ , кг		$B_1$	$B_2$	$B_3$	$a$	$P_{c.y}$ , кг	
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>					N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Ячмень										
Картофель										
ВОС										

Биогенную нагрузку на реки, озера, водохранилища оценивают по концентрации элементов в стоках. Обычно определяют среднесуточную концентрацию соединений азота и фосфора от конкретного источника. Для сельскохозяйственных угодий экологическую нагрузку рассчитывают по следующим уравнениям:

$$C_{\text{NO}_3} = \frac{4,5 \cdot 10^3 P \cdot \mu \cdot \Phi}{V \cdot F \cdot t},$$

$$C_{\text{P}_2\text{O}_5} = \frac{P \cdot 10^3 \cdot \Phi}{V \cdot F \cdot t},$$

где  $C$  – концентрация биогенного вещества, мг/л;

$P_{\text{с.у}}$  – вынос элемента от источника загрязнения, кг;

$\mu$  – коэффициент, характеризующий содержание нитратного азота в стоке (0,92);

$\Phi$  – модульный коэффициент для перехода от среднегодовых концентраций к максимальным (0,92);

$V$  – объем поверхностного стока, м<sup>3</sup>/га;

$F$  – площадь, занимаемая источником загрязнения, га;

$t$  – время, сут.

Полученные результаты заносят в табл. 3.4.

Таблица 3.4. Экологическая нагрузка источников загрязнения водной среды биогенными веществами

Наименование сельскохозяйственного угодья	Вынос вещества, кг ( $P_{\text{с.у}}$ )		Концентрация в стоках, мг/л	
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Поля				
.....				

Для снижения экологического ущерба, нанесенного водной экосистеме сельскохозяйственными объектами, разрабатываются различные природоохранные мероприятия. Они направлены на предотвращение биогенного загрязнения водоемов или водотоков и делятся на три уровня, каждый из которых имеет свои цели. Так, мероприятия первого уровня призваны уменьшить массу биогенных веществ за счет снижения их миграционной способности и водоотведения. Перечень приемов и их экологическая эффективность приведены в прил. 5. Проектирование водоохраных мероприятий начинают с данного уровня. Мероприятия второго уровня обеспечивают снижение биогенной нагрузки за счет экологизации технологий производства. Третий уровень водоохраных мероприятий является завершающим. Он предназначен для снижения концентрации биогенных веществ в водных объектах. Приемы уровня используются в том случае, если не достигнута оптимизация приемами первого и второго

уровней. Проектируемые приемы по источникам загрязнения оформляются в табл. 3.5. Нагрузку уменьшают для азота до концентрации 10 мг/л, для фосфора – 20 мг/л.

Т а б л и ц а 3.5. Мероприятия по оптимизации нагрузки источников поступления биогенных веществ

Сельскохозяйственные угодья	Эффективность приема, %	Начальная концентрация, мг/л	Остаточная концентрация веществ, мг/л

#### **Лабораторная работа 4. РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ, НАПРАВЛЕННЫХ НА СНИЖЕНИЕ УЩЕРБА ОТ ПЕРЕУПЛОТНЕНИЯ ПОЧВЫ В СЕВООБОРОТЕ**

В условиях интенсивного ведения сельскохозяйственного производства значительно усиливается воздействие на почву ходовых систем сельскохозяйственных агрегатов. Чрезмерное уплотнение почвы мощными тракторами, тяжелыми сельскохозяйственными машинами и транспортно-техническими средствами, стало серьезной угрозой плодородию почвы, приводит к ее разрушению и является одной из причин развития эрозионных процессов.

Оптимальной является плотность почвы от 1,0 до 1,2 г/см<sup>3</sup>. Плотность почвы повышается под воздействием техники от 0,05 до 0,4 г/см<sup>3</sup>, то есть величина прироста плотности изменяется от 3–4 % до 35–40 %, составляя в среднем 15–20 %. Плотность почвы по следам движения сельскохозяйственной техники в пахотном слое составляет от 1,2–1,3 г/см<sup>3</sup> до 1,4–1,5 и 1,5–1,6 г/см<sup>3</sup>. Нормальная (или слабая) степень уплотнённости до 1,0–1,1 г/см<sup>3</sup>, такая плотность присуща окультуренным почвам. К переуплотненным относятся почвы с плотностью: 1,3–1,5 г/см<sup>3</sup> (средняя степень уплотнения) и 1,5–1,6 г/см<sup>3</sup> и выше (сильная степень уплотнения).

Допустимые нагрузки работающей техники на почву в летний и осенний периоды не должны превышать 0,4–0,6 кг/см<sup>2</sup>. Фактическое же давление колесных тракторов составляет 0,85–1,65 кг/см<sup>2</sup>, гусеничных – 0,6–0,8, прицепов – 3,0–4,0, зерноуборочных комбайнов – 1,8–2,4 кг/см<sup>2</sup>.

Известно, что различные участки поля с неодинаковой степенью переуплотняются в процессе выполнения полевых операций. Так, 10–15 %

площади поля вообще не подвергается воздействию колес, 65–80 % площади прикатывается колесами машин от 1 до 6 раз, а 10–20 % площади (поворотные полосы) испытывает воздействие за вегетационный период от 6 до 20 раз.

Переуплотнение почвы приводит к угнетению активности почвенных обитателей, обуславливает резкое ухудшение ее физико-химических и агрофизических свойств. Уплотненные почвы оказывают большое сопротивление проникновению в них корневой системы растений, в таких почвах ухудшаются водно-воздушный и питательный режимы.

При средней степени уплотнения снижение урожая при прочих равных условиях достигает 20–30 % на всех типах пахотных почв. При сильной степени уплотнения потери урожая могут достигать 50–60 %.

Последствия разового интенсивного уплотнения сохраняются в течение 2–5 лет. Многократное из года в год воздействие техники на почву ведет к «накоплению» уплотнения. Следует отметить, что уплотнение почв идет не только в вертикальном, но и в горизонтальном от центра следа направлении – на 35–70 см. В совокупности это приводит к значительному снижению урожайности возделываемых культур и, как следствие, к экономическим потерям.

В связи с этим появилась необходимость в разработке мероприятий, направленных на защиту почв от переуплотнения. Все приемы оптимизации почвенных условий можно разделить на следующие группы: организационно-хозяйственные, агротехнические и приемы совершенствования сельскохозяйственных орудий и машин.

***Организационно-хозяйственные приемы:***

- оптимизация маршрутов передвижения работающих агрегатов по полю;
- запрет на проведение погрузочно-разгрузочных, заправочных, транспортных видов работ на полях;
- создание постоянной технологической колеи и настройка ширины колеи у всех машин на один размер (система Controlled Traffic Farming (CTF)), позволяет сократить площадь следов на поле до 14 % .

***Агротехнические мероприятия:***

- внесение органических удобрений;
- выращивание сидератов – растений, которые высеваются перед посадкой основной культуры для обогащения почвы органическим веществом, улучшают структуру, повышают плодородие верхнего пахотного слоя;
- известкование почв;

- минимальная обработка почвы;
- переход к технологии no-till – обработка почвы без вспашки, при которой используется меньше агротехнических операций, а следовательно, и требуется меньше проходов техники по полям, сокращает площадь следов машин на поле до 46 %;
- рыхление почв.

***Приемы совершенствования сельскохозяйственных машин:***

- создание широкозахватных сельскохозяйственных орудий;
- создание и использование комбинированных агрегатов, позволяющих за один проход провести несколько агротехнических приемов;
- перевод сельскохозяйственных машин на новые виды ходовых систем;
- использование легкой техники;
- создание машин с широкими колесами.

**Задание.** Определить размер экономического ущерба, вызванного переуплотнением почв в севообороте.

**Методика выполнения работы.**

Студенты выполняют работу звеньями. Каждое звено получает перечень сельскохозяйственных культур в севообороте, значения их урожайности, площади и основные характеристики конфигурации поля.

При оценке площади с чрезмерным переуплотнением почв следует в первую очередь определить размер поворотных полос. Для полей правильной конфигурации площадь поворотных полос определяется по формуле:

$$П_{п.п} = 0,02 \cdot a \sqrt{P/k},$$

где  $П_{п.п}$  – площадь поворотной полосы, м<sup>2</sup>;

$a$  – ширина поворотной полосы (8–14), м;

$P$  – площадь поля, га;

$k$  – соотношение сторон (рассчитывается как отношение длины поля к ширине) в долях единицы.

В случаях, когда рабочие участки и поля имеют неправильную конфигурацию, площадь поворотной полосы целесообразно рассчитывать по формуле:

$$П_{п.п} = 0,02 \cdot a \cdot P / L,$$

где  $L$  – условная рабочая длина поля, км.

Средний ежегодный экономический ущерб от переуплотнения почв

$Y_{п.п}$  в пределах отдельного поля (участка), для которого предварительно определена величина  $\Pi_{п.п}$ , рассчитывается по формуле:

$$Y_{п.п} = \Pi_{п.п} \cdot Y_i \cdot C_i \cdot q_i,$$

где  $Y_{п.п}$  – возможный экономический ущерб, руб.;

$Y_i$  – снижение урожайности  $i$ -й культуры, ц/га (20–50 %);

$C_i$  – себестоимость продукции или закупочная цена, руб/ц;

$q_i$  – удельный вес в долях единицы посевов культуры в севообороте.

Полученные данные заносим в табл. 4.1.

Т а б л и ц а 4.1. Экономический ущерб от переуплотнения почвы

Культуры севооборота	Параметры поля		$\Pi_{п.п}$ , м <sup>2</sup>	$Y_i$ , ц/га	$C_i$ , руб/ц	$q_i$	$Y_{п.п}$ , руб.	
	$P$ , га	$k$					в расчете на 1 га	со всей площади
1.								
2.								
3.								
4.								

## Лабораторная работа 5. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРОМЫШЛЕННОГО ЖИВОТНОВОДСТВА

Перевод животноводства на промышленную основу породил множество экологических проблем. Концентрация большого поголовья животных на ограниченных территориях способствует накоплению больших объемов животноводческих отходов. Крупные животноводческие комплексы относят к мощнейшим источникам загрязнения почв, грунтовых и подземных вод, воздуха. Так, по степени воздействия на окружающую среду комплекс КРС на 10 тыс. голов сравнивают с городом, где проживает 1 млн. жителей, а комплекс по производству свинины на 108 тыс. голов в год с городской численностью в 240 тыс. человек.

В настоящее время в республике Беларусь эксплуатируются 153 комплекса по производству говядины и 108 по производству свинины. Годовой выход экскрементов составляет около 9 млн. т, а животноводческих стоков 75–80 млн. т. Технологией предусмотрено эти стоки отправлять в отстойники, где они разделяются на твердую и жидкую фракции. Жидкая фракция подвергается воздействию высоких температур и отправляется на поля орошения. Твердая фракция – на приготовление компостов. Анализ фактического состояния работы комплексов показывает, что довольно часто из-за поломок оборудования,

перегруженности навозоприемников, простаивания тепловых установок обеззараживания, из-за низкой их эффективности и недостатка топлива, на поля вывозится жидкий навоз. Вносится он, преимущественно на участках, расположенных недалеко от комплексов. Бесконтрольное внесение отходов на этих территориях ведет к загрязнению почв азотом и фосфором, смыву в поверхностные и грунтовые воды, к загрязнению кормов нитратами, и как следствие, сельскохозяйственной продукции.

Помимо нитратов, в стоках содержатся такие тяжелые металлы, как свинец, никель, медь, цинк, кобальт, молибден. Именно крупные животноводческие объекты являются причиной присутствия этих элементов в подземных и грунтовых водах. Животноводческие комплексы являются объектами биологического загрязнения окружающей среды. Так, в отходах свинокомплексов обнаружено более 100 носителей различных заболеваний. Среди них наиболее опасные такие, как ящур, сибирская язва, бруцеллез, кишечная палочка, бешенство и др.

Комплексы загрязняют и воздух. Бесподстилочный навоз является источником образования токсичных газов, таких как сероводород, этанол, пропанол, гексанол, аммиак и др. Эти газы очень опасны для животных и работающих людей. Они снижают свертываемость крови, вызывают гемофилические кровотечения внутренних органов.

Основными направлениями оптимизации негативного воздействия промышленного животноводства являются:

- снижение поголовья животных. По данным института «Белагропроект» оптимальными для условий Беларуси являются свинокомплексы на 27 тыс. голов в год, по выращиванию и откорму КРС – 5 тыс. голов;

- перевод комплексов на механическое удаление животноводческих отходов с помещений, что позволит сократить объем осадных стоков в 10 раз;

- внедрение эффективных технологий обработки, переработки и использования стоков.

**Задание 1.** Экологизация использования навозных стоков.

1. Определить выход отходов с животноводческого объекта.

2. Разработать план применения органических удобрений в заданном севообороте.

**Методика выполнения работы.**

Студенты получают индивидуальное задание (прил. 6) и делают расчеты по утилизации навозных стоков.

В начале находим объем экскрементов, выделяемых за год комплексом с определенной мощностью по формуле:

$$Q_3 = N \cdot Be \cdot \Gamma,$$

где  $Q_3$  – годовой объем экскрементов, м<sup>3</sup>;

$N$  – количество голов скота на комплекс;

$Be$  – суточное выделение экскрементов одной головой, кг (прил. 6);

$\Gamma$  – 365 суток в году.

Затем определяем количество условных голов скота. Для этого используется коэффициент, который для крупного рогатого скота равен 1, а для свиней – 0,33:

$$Y_n = N \cdot K,$$

где  $Y_n$  – количество условных голов;

$K$  – переводной коэффициент;

$N$  – количество голов.

После этого находим объем воды, который будет расходоваться за год для смыва экскрементов на комплексе.

$$Q_3 = Y_n \cdot C \cdot \Gamma,$$

где  $Q_3$  – годовой объем воды, м<sup>3</sup>;

$C$  – суточный расход воды на одну условную голову, кг (прил. 6);

$\Gamma$  – количество суток;

$Y_n$  – количество условных голов.

Теперь устанавливаем годовой объем сточных вод. Для чего суммируем годовой объем экскрементов ( $Q_3$ ) и годовой расход воды ( $Q_в$ ) для их смыва. По суточному выходу отходов определяют потребность комплекса в отстойниках. Считается приемлемым, когда имеется три функционирующих отстойника и один запасной. Время заполнения отстойника 30 дней и 30 дней уходит на его освобождение. Таким образом, общий объем их составит:

$$Z = Q_c \cdot 30 \cdot 4,$$

где  $Z$  – общий объем 4 отстойников, м<sup>3</sup>;

$Q_c$  – суточный объем сточных вод, м<sup>3</sup>.

Далее рассчитываем массу твердой и жидкой фракций:

$$M_T = \frac{Q_3 \cdot V_T}{V_3},$$

где  $M_T$  – масса твердой фракции, т;

$Q_3$  – годовой объем экскрементов, м<sup>3</sup>;

$V_T$  – влажность твердой фракции, % (прил. 6);

$V_3$  – влажность экскрементов, % (прил. 6).

Концентрация элементов питания в животноводческих отходах определяют с учетом их разделения между твердой и жидкой фракциями. В 1 тонне сточных вод комплексов КРС содержание азота составляет 0,9–2,1 кг, фосфора 0,3–1,1 кг, калия 0,5–1,2 кг; для свинокомплексов соответственно 0,1–0,7 кг, 0,4–0,5 кг и 0,4–0,8 кг. Количество веществ в твердой фракции рассчитывают как разность между общим содержанием (прил. 1) и содержанием в жидкой фракции. Расчетный материал оформляют в табл. 5.1.

Таблица 5.1. Содержание питательных веществ в животноводческих отходах объекта

Вид отходов	Масса, т	Содержание питательных элементов в 1 т отходов, кг			Общее содержание питательных веществ, кг		
		N	P	K	N	P	K
Твердая фракция							
Жидкая фракция							

Твердая и жидкая фракции используются в качестве органических удобрений на полях. Площади для утилизации жидкой фракции берем из прил. 7 и определяем нагрузку по элементам питания на 1 га орошаемой площади. Для твердой фракции разрабатываем план применения органических удобрений в заданном севообороте. Потребность сельскохозяйственных культур рассчитываем исходя из выноса элементов питания на запланированный урожай. Используются данные прил. 2. Полученные результаты оформляют в табл. 5.2. Дозу органического удобрения определяют по элементу, которого больше содержится в навозе. Недостаток по другим элементам питания для сельскохозяйственной культуры восполняется за счет минеральных удобрений.

Таблица 5.2. План применения органических удобрений в севообороте

Культура севооборота	S, га	Урожайность, ц/га	Вынос элементов питания с 1 ц продукции, кг			Потребность в элементах питания, кг			Будет внесено									
									с органическим удобрением			с минеральными удобрениями						
			N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K				

**Задание 2.** Животноводческие комплексы как источники загрязнения атмосферы.

1. Определить нагрузку животноводческих комплексов по загрязняющим атмосферу веществам в зависимости от вида и поголовья животных.

2. Определить размеры зоны загрязнения объектом.

3. Спроектировать положение объекта на местности с учетом экологических приемов оптимизации негативного воздействия комплекса.

#### Методика выполнения работы.

Задание выдается преподавателем.

В результате функционирования крупных животноводческих объектов в воздух поступают такие газы, как углекислый, аммиак, сероводород. В зависимости от плотности поголовья животных, их концентрация может достигать уровня 1,5–10 ПДК. Вредное воздействие на атмосферу оказывает и органическая пыль. Одна условная голова скота за сутки выделяет около 10–15 г пыли, 600–720 г углекислого газа, 30–40 г аммиака и около  $8\text{--}23 \times 10^7$  микроорганизмов. Используя эти данные, рассчитать количество вредных примесей, выбрасываемых в течение года в приземную атмосферу от комплексов КРС мощностью 1, 3, 5, 7, 10 и 14 тыс. голов и свинокомплексов на 5, 10, 15, 20, 27, 54 и 108 тыс. голов. При определении нагрузки на атмосферу свинокомплексов необходимо поголовье свиней перевести в условную голову, для этого число животных уменьшают в 3,3 раза. Результаты расчета заносят в табл. 5.3.

Таблица 5.3. Экологическая нагрузка животноводческих объектов на атмосферу

Мощность комплекса	Численность, усл. голов	Масса веществ за год, т			Численность микроорганизмов
		углекислый газ	аммиак	органическая пыль	

Затем определяют зону распространения загрязняющих примесей в атмосфере. Вначале рассчитывают радиус ( $l_0$ ) зоны загрязнения:

для комплекса КРС  $l_0 = \frac{M+1862}{4,274}$ ;

для свиного комплекса  $l_0 = \frac{M+10202}{23,64}$ ,

где  $l_0$  – радиус распределения загрязняющих веществ, м;

$M$  – численность поголовья животных.

С учетом преобладающих направлений ветров корректируют форму и площадь санитарно-защитной зоны объекта, используя следующее уравнение:

$$l = \frac{l_0 P}{P_0},$$

где  $l$  – величина санитарного разрыва, м;

$l_0$  – радиус зоны загрязнения, м;

$P$  – доля ветров в конкретном направлении, согласно розе ветров, %;

$P_0$  – средняя повторяемость ветра при круговой розе ветров, %.

**Пример построения зоны загрязнения.**

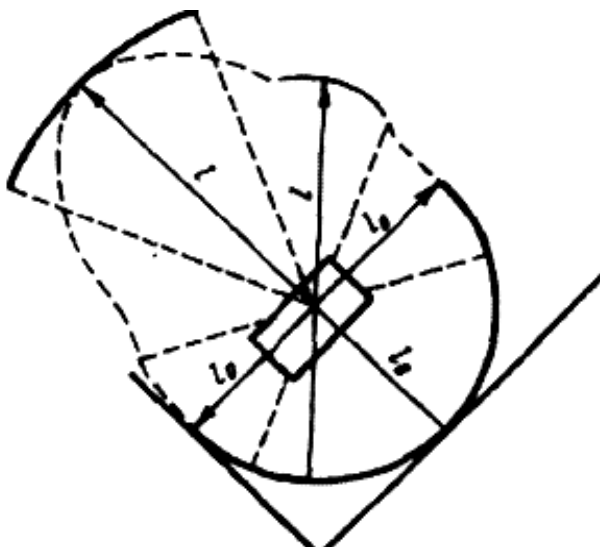


Рис. 5.1. Схема санитарно-защитной зоны с учетом повторяемости ветров:

$l$  – определяемая ширина санитарно-защитной зоны, м;

$l_0$  – ширина санитарно-защитной зоны по санитарным нормам

Размер участка определяют в зависимости от поголовья животных с учетом расширения фермы и обеспеченности ее кормовой базой. Площадь его устанавливают из расчета на одно животное: молочные фермы – 100–120 м<sup>2</sup>, молочно-мясные – 140, по откорму крупного рогатого скота – 50, специализированные свиноводческие – 160 (на свиноматку) и откормочные – 8–9, овцеводческие фермы и комплексы – 15–20, птицеводческие объемом до 300 тыс. – 1 и свыше 300 тыс. – 0,4–0,5 м<sup>2</sup>.

Животноводческие предприятия располагают по рельефу ниже жилого сектора и с подветренной стороны от него.

С ветеринарно-санитарной точки зрения, главное требование к участку для строительства – его благополучие в прошлом в отношении почвенных инфекций (сибирская язва, эмкар и т. д.). Не рекомендуется отводить для строительства участки, на которых раньше размещались животноводческие и птицеводческие фермы, на месте бывших скотомогильников, навозохранилищ, кожевенно-сырьевых предприятий. Не пригодны участки с оврагами и оползнями в замкнутых долинах, котлованах, заболоченные и заливаемые при весенних паводках, ливнях и длительных дождях, а также на землях, загрязненных органическими и радиоактивными отбросами, до истечения сроков, установленных органами санитарно-эпидемиологической и ветеринарной служб.

Участки, выделенные для строительства животноводческих предприятий, зданий и сооружений, должны находиться вблизи основных сельскохозяйственных угодий, иметь с ними удобную связь, свободный выезд на дороги, связывающие фермы с окружающими населенными пунктами и предприятиями по переработке животноводческой продукции. Между фермой и пастбищами не должно быть железнодорожных и автомобильных дорог, оврагов, балок и водных протоков, которые могут препятствовать передвижению скота.

При выборе участка необходимо учитывать расстояние или санитарно-защитные зоны между фермами (комплексами, птицефабриками) и населенными пунктами. Животноводческие предприятия размещают в соответствии с «Санитарными нормами проектирования промышленных предприятий» (СН-245-71).

Санитарно-защитные зоны между населенными пунктами и фермами отдельных видов животных следующие: коневодческими и кролиководческими – 100, фермами крупного рогатого скота, овцеводческими и звероводческими – 300, свиноводческими – 500, птицеводческими – 300, птицефабриками – 1000, ветеринарными лечебницами – 200 м. Для промышленных свиноводческих комплексов санитарно-за-

щитные зоны для населенных пунктов устанавливают по отдельным заданиям, но не менее 1000 м.

Зооветеринарные разрывы между животноводческими фермами и другими производственными помещениями следующие: фермы крупного рогатого скота, овцеводческие, коневодческие, свиноводческие – 150, звероводческие и кролиководческие – 300, птицеводческие – 200, птицефабрики – 1000 м. Расстояние от животноводческих помещений до складов торфа, сена, соломы, минеральных удобрений и ядохимикатов предусматривают не менее 300 м.

Санитарно-защитные разрывы от животноводческих ферм и ветеринарных объектов до железных и автомобильных дорог республиканского значения первой и второй категорий составляют не менее 300 м, до автомобильных дорог республиканского и областного значения третьей категории – не менее 150, до прочих автомобильных дорог местного значения четвертой и пятой категорий – не менее 50, до биотермической ямы или утильзавода – не менее 2000 м.

Животноводческие комплексы, крупные фермы на промышленной основе и птицефабрики следует размещать на расстоянии: от населенных пунктов, не связанных с обслуживанием комплекса, и племенных ферм – не менее 3 км, от автомагистралей и железнодорожных трасс – не менее 0,5 км, от городов, промышленных предприятий и зон отдыха населения – 5 км, от рек и водоемов – не менее 2 км, от предприятий по переработке продуктов животного происхождения – не менее 3 км.

Ветеринарные объекты общехозяйственного назначения должны быть огорожены и отделены от жилого района санитарно-защитной зоной. Для ветлечебниц, карантинных, изоляторов, лечебно-санитарных и убойно-санитарных пунктов она должна составлять не менее 200 м.

Уровень загрязнения атмосферы зависит не только от количества выбросов но и от природных факторов, наличия зеленой защитной зоны и других.

Лесозащитные насаждения снижают бактериальную обсемененность атмосферы на расстоянии 1 км от комплекса в соотношении близком к следующему:

- при ширине лесозащитной зоны 100 м – в 1,5–2 раза;
- при ширине лесозащитной зоны 200 м – в 2,5–3 раза;
- при ширине лесозащитной зоны 300 м – в 3,5–4 раза.

## **Лабораторная работа 6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СУММАРНОЙ ФИТОТОКСИЧНОСТИ ПОЧВЫ МЕТОДОМ БИОЛОГИЧЕСКОГО ТЕСТИРОВАНИЯ**

В настоящее время загрязнение окружающей среды различными химическими веществами, используемыми в сельском хозяйстве, представляет глобальную проблему. Особо опасны среди химических токсиантов пестициды, регуляторы роста, антибиотики, гормональные препараты, тяжелые металлы, нитраты, нитриты, нитрозамины и т. д. Оценка экологических последствий их применения химическими методами имеет ряд недостатков. Во-первых, требуются химические лаборатории с дорогостоящим оборудованием и материалами. Во-вторых, результаты химического метода не всегда дают полную информацию о токсичности почвы для организмов. Токсичность – характеристика биологическая. Часто бывает так, что химический анализ показывает наличие вредного вещества, но почва не проявляет токсичности. И наоборот, вещество в пробе почвы отсутствует или отмечены его следы, однако почва токсична. Особенно это касается продуктов метаболизма пестицидных препаратов. Так, при разложении гептахлора образуется метаболит элоксид, который опаснее препарата в 2 раза, у метаболита хлорорганических ядов ДДВФ токсичность в 7–8 раз выше.

В практическом земледелии известны случаи недобора урожая, ухудшения качества продукции при посеве высокочувствительных культур на полях, в почве которых содержание остатков препаратов и продуктов их распада превышает порог устойчивости данной культуры.

Химический анализ не дает интегральной оценки вреда, вызываемого суммарной токсичностью, обусловленной остатками препаратов, их метаболитами и метаболитами организмов. Поэтому для контроля за фитотоксичностью почвы используют биометоды. Под биотестированием понимается определение токсичности почвы и продукции по биологическим объектам. Биоиндикаторами служат растения или определенные их части, грибы, лишайники, насекомые, рыбы, семена, пыльца растений и т. д. Главное требование к индикатору – высокая чувствительность к определяемому токсиканту или продуктам его распада.

Так, биоиндикаторами на производные мочевины являются овес, крессалат, кукуруза, горох, кабачок, свекла; на производные симм-триазинов – овес, пшеница, рапс, сахарная свекла; на присутствие кадмия в почве реагируют хорошо проростки кукурузы, редиса и т. д.

Цель задания: дать оценку качественного состояния почв.

**Материалы и оборудование:** семена редиса, чашки Петри, фильтровальная бумага, колбы с дистиллированной водой, образцы почвы, колбы на 250 мл, химические стаканы емкостью 75 мл, автоматическая

качалка, термостат, весы.

**Ход выполнения работы.** Смешанную пробу почвы составляют из 20 образцов, отобранных по диагонали поля. Почву тщательно перемешивают и очищают от остатков корней растений. 100 г почвы вносят в 250 мл колбу со 100 мл дистиллированной воды (1:1). Колбу закрывают резиновой пробкой и взбалтывают в течение 2,5 ч при 60 колебаниях в минуту. Затем почвенную вытяжку фильтруют через складчатые фильтры в чистые колбы. Предварительно отбирают семена редиса, близкие по величине и цвету (лучше использовать семена со светло-желтой оболочкой, обладающие более высокой всхожестью). Отобранные семена по 100 шт. помещают в чашки Петри, заливают 10 мл почвенной вытяжки. Распределяют равномерно двумя порциями по 50 шт. Повторность двукратная. Проращивание проводится в термостате при температуре 21–23 °С. Опыт снимают на третьи сутки. Измеряют общую массу проростков и длину корней в каждой повторности, учитывая невсхожие семена (всхожими считаются семена, прорвавшие оболочку).

После измерения длины корней в двух повторностях рассчитывают среднюю длину корня семени, а также процент снижения длины по сравнению с контролем. Уменьшение длины корней проростков по отношению к контролю, выраженное в процентах, и является показателем токсичности. Достоверной считается токсичность 20 % и выше. Такая токсичность по биотесту при сравнении с калибровочной шкалой растворов пестицидов соответствует их количеству, превышающему остаточность препарата, определенного химическим методом, в 3 раза и более. Данные определений заносят в табл. 6.1.

Таблица 6.1. Токсичность почвы у отобранных образцов

Варианты опыта	Общее количество семян, шт.	Проросло семян, шт.	Всхожесть, %	Масса, г	
				корней	надземной части
1	2	3	4	5	6

Окончание табл. 6.1

Общая длина корней проростков, см	Средняя длина одного корня, см	± к контролю		Токсичность
		см	%	
7	8	9	10	11

## Лабораторная работа 7. ОЦЕНКА ФИТОНЦИДНОЙ АКТИВНОСТИ РАСТЕНИЙ И ТОКСИЧНОСТИ

## ОСЕДАЮЩЕЙ НА НИХ ПЫЛИ В ОПЫТАХ С ПРОСТЕЙШИМИ И НАСЕКОМЫМИ

**Объяснение.** По определению наиболее выдающегося ученого в области фитонцидов Б. П. Токина (1985), фитонциды – это продуцируемые растениями бактерицидные, фунгицидные и протистоцидные вещества, являющиеся одним из факторов иммунитета растений, играющие определенную роль во взаимоотношениях организмов в биогеоценозах. Это явление свойственно всему растительному миру.

С древности люди использовали фитонцидные свойства растений и их частей для очистки воздуха помещений от бактерий и насекомых (разбрасывание пихтовой лапки, развешивание веток березы, раскладывание полыни против блох, использование далматской ромашки против тараканов, натирание открытых частей тела соком пижмы от комаров и др.). Древние врачи путем пропитки тел усопших ароматическими смолами, экстрактами лука, эвкалипта, натирания бальзамами умели предохранять трупы от гниения, мумифицировали их. Всем известны способы хранения свежего мяса, выпотрошенной рыбы: обертывание тканью, смоченной в кашице чеснока и лука, обертывание листьями крапивы, лопуха, черемши, которые используются, как антисептики. Широко применяются с древности вдыхание паров эвкалипта, пихтовой смолы, полоскание горла вытяжками из почек сосны, березы и др.

В данной работе предлагаются методы оценки фитонцидной активности растений по их влиянию на простейших (рис. 7.1). Этот же метод может широко применяться и для оценки токсичности оседающей на растениях пыли в районах промышленных предприятий, в городах и т. п.

**Оборудование, реактивы, материалы:** микроскоп; предметные и покровные стекла; пипетки; стаканчики на 100 мл; чашки Петри; маленькие ступки с пестиками; свежие листья растений (тополя бальзамического, черемухи, хвойных); сухие листья эвкалипта, календулы, полыни, чабреца, почки сосны для приготовления вытяжек; сенной настой или вытяжка из плодородной почвы; насекомые (дрозофилы).

### Ход работы

#### А. Проба с простейшими

Для опытов берут культуру простейших, приготовленную заранее.

а) Висячую каплю культуры простейших помещают над предметным стеклом с кашицей или вытяжкой исследуемого материала, чтобы они не соприкасались и, наблюдая в микроскоп при увеличении в 300–

600 раз (в зависимости от цели), отмечают по секундомеру время прекращения движения простейших.

Фитонцидную активность ( $A$ ) выражают в единицах, рассчитанных по формуле:

$$A = \frac{100}{T},$$

где  $T$  – время.

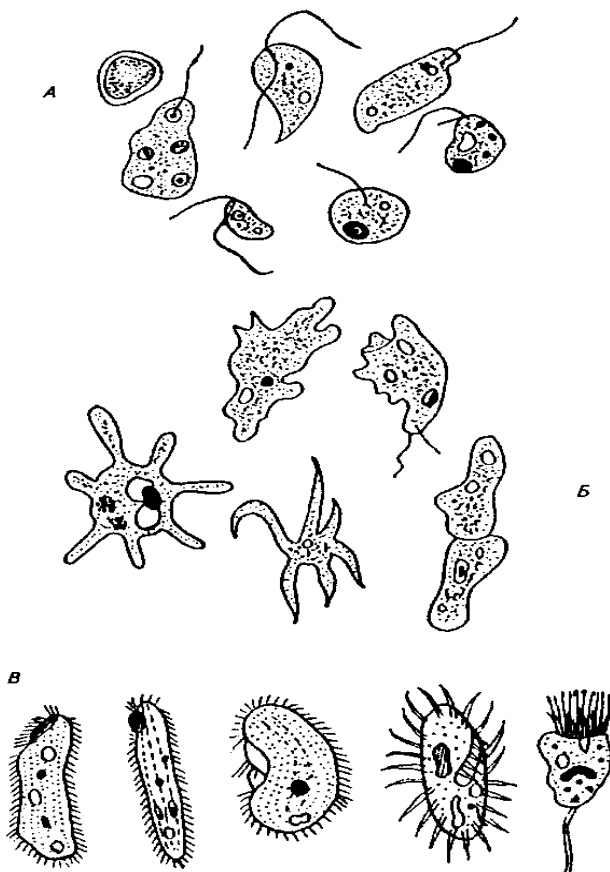


Рис. 7.1. Простейшие обитатели почвы:  $A$  – жгутиковые;  $B$  – амебы;  $B$  – инфузории

Картина гибели простейших под влиянием фитонцидов разных растений различна. Это растворение (лизис), образование вздутий и пузырей, сморщивание, просто прекращение движения и т. д.

б) В каплю культуральной жидкости с простейшими в середине предметного стекла добавляют меньшую каплю вытяжки растений с сильной фитонцидной активностью. Наблюдают сначала усиление движения, затем избегание простейшими фитонцидной вытяжки (рассредоточение по краям), далее обнаруживаются уменьшение и вовсе прекращение движения. Через некоторое время можно видеть и морфологические изменения, указанные в предыдущем разделе данной работы.

Для исключения растекания капли вытяжки ее место можно ограничить, сделав предварительно на предметном стекле петлю из человеческого волоса, в которую и помещают каплю культуральной жидкости.

### **Приготовление культуры микроорганизмов**

1. Измельченное сено заливают водой, кипятят 10–15 мин, охлаждают, настаивают 2–3 суток до образования бактериальной пленочки. Добавляют 1–2 мл воды из водоема, аквариума или комочек свежей почвы. Выдерживают 1–2 суток.

2. Листья капусты отваривают 5–10 мин, отвар сливают, охлаждают, в него помещают небольшой комочек почвы. Выдерживают в термостате 1–2 суток.

3. Комочек почвы взбалтывают с водой в небольшой емкости, закрывают неплотно куском бумаги, выдерживают в термостате 1–2 суток.

Следует отметить, что в размножении простейших (как и всех организмов) существуют циклы. Так, они хорошо размножаются весной и летом, хуже – осенью и плохо – в зимние месяцы (особенно в морозы). Кроме того, даже при хорошем их размножении в вышеуказанные периоды они прекращают движение в холодном лабораторном помещении (температура ниже +18–20 °С), особенно при соприкосновении с холодным предметным стеклом, независимо от токсического эффекта.

### **Приготовление кашицы и настоев**

Мелко нарезанные листья растений быстро растирают в ступке и сразу помещают на предметное стекло. В случае длительного стояния растертого материала фитонцидная активность теряется. Если листья недостаточно влажны и плохо растираются, в ступку добавляют неболь-

шое количество воды. При растирании твердых листьев (эвкалипта, тополя, хвойных) в ступку добавляют дробленое просеянное через сито (1–2 мм) стекло или крупный промытый речной кварцевый песок. При дроблении стекла лучше использовать полотняный мешочек и молоток.

Для приготовления настоев растения измельчают до частиц размером 1–5 мм, заливают кипятком, кипятят на слабом огне 3–5 мин, настаивают 1–2 суток в термостате. Не следует сильно измельчать растения (в кофемолке или мельнице). При заливании водой это приводит к слеживанию материала и плохой экстракции активных веществ.

### **Б. Проба с насекомыми (обнаружение инсектицидных свойств высших растений)**

Используют кашицу из растертых листьев растений или мелко нарезанную хвою (5–7 г). В пробирки, на дне которых находится кашица растений, помещают муравьев, комнатных мух, плодовую мушку дрозофилу и по скорости их гибели судят о фитонцидной активности того или иного растения.

Летающих насекомых ловят взмахами сачка (движение в виде восьмерки) в воздухе, по траве, кустам. Муравьев ловят в бутылку, на дне которой помещено немного сахарного отвара. Плодовых мушек разводят в лаборатории на специальных средах, они также прекрасно размножаются на давленных сладких фруктах (особенно – винограде).

### **В. «Подводная проба» на антимикробные вещества в высших растениях**

Целые неповрежденные листья разных растений помещают в стеклянные стаканчики (или банки на 100 мл) с равным объемом дистиллированной воды, к которой добавлена 1/10 часть воды из пруда, водохранилища. Сосуды оставляют в теплом затемненном месте на одну – две недели. В течение этого времени неустойчивые к бактериальному разложению листья разлагаются, а устойчивые – сохраняются. При сильной бактериальной загрязненности естественных вод и проведении опытов в жаркую погоду получение результатов резко ускоряется и иногда наблюдения надо проводить каждые 2 часа или в 2 раза увеличить разбавление воды (1:20). Наиболее устойчивыми к разложению являются листья хвойных, тополя бальзамического.

## **Лабораторная работа 8. ОПРЕДЕЛЕНИЕ АНТИМИКРОБНЫХ СВОЙСТВ ВЫСШИХ РАСТЕНИЙ**

## И БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ РАЗНЫХ ВОД МЕТОДОМ «ПОДВОДНОЙ ПРОБЫ»

Опыт может быть поставлен в трех аспектах.

1. Определение антимикробных свойств листьев разных растений в загрязненных водах, что имитирует очищающую роль листьев, падающих в водоемы, по берегам которых расположены лесные насаждения.

2. Влияние температуры среды на биологическую (микробиологическую) активность вод.

3. Микробиологическая загрязненность разных вод.

**Оборудование, реактивы, материалы:** стерильные стаканчики на 100 мл (или банки), крышки к стаканчикам (можно использовать чашки Петри или фольгу), термостат, длинный пинцет, термометр, листья растений в период их активной вегетации.

### Ход работы

#### А. Антимикробные свойства листьев разных растений

В одни стаканчики наливают одинаковое количество дистиллированной воды (контроль), в другие стаканчики наливают также дистиллированную воду, но разбавленную на 1/3 водой из пруда, водохранилища, реки с тихим течением, т. е. из водоемов, загрязненных органикой. В случае сильного биологического загрязнения разбавление следует увеличить. Повторность опытов трехкратная.

Неповрежденные зеленые листья разных растений (тополя черного, бальзамического, ивы, березы, ясеня, липы), сорванные непосредственно перед опытом или с предварительно отобранных и поставленных в воду веток, взвешивают и помещают в относительно равных весовых количествах в стерильные стаканчики с испытуемой водой. Прикрывают крышками или фольгой и помещают в темноту при температуре 18–20 °С. Постоянно следят за состоянием листьев (в течение недели и более). Разложение тканей листьев (а следовательно, и снижение их биологической активности) видно по разрушению хлорофилла, побурению (можно посмотреть на свет), непрочности листовой ткани. Составляют ряд устойчивости разных видов растений к разложению в воде, обусловленный их антимикробными свойствами (фитонцидной активностью).

## **Б. Влияние температуры водной среды на биологическую (микробиологическую) активность вод**

Опыт по постановке аналогичен предыдущему, однако опытные и контрольные стаканчики помещают в темноту при разной температуре: 16–18 °С и 26–28 °С. В случае высокой летней температуры для охлаждения стаканчиков можно применять охлаждающие смеси. В случае повышения температуры в опыте и при взятии проб загрязненной воды в жаркие летние дни получение результатов значительно ускорится, и наблюдать за растениями в стаканчиках следует по часам.

Для охлаждения стаканчиков с водой их ставят в холодную воду. Можно использовать также водяные бани, наполненные тающим льдом. Баня со смесью соль – лед – вода позволяет получать температуру значительно ниже нуля и довольно быстрое охлаждение.

## **В. Биологическая загрязненность разных вод**

В опытах используют воду из разных источников (прудов, водохранилища, родников). В нее помещают листья одинаковых растений небольшой или средней устойчивости. При использовании листьев наиболее устойчивых видов (например, тополей) время опыта значительно удлиняется. После экспозиции в темноте выявляют наиболее биологически загрязненный водоем, в воде которого листья разрушаются особенно быстро. В результате проведенных опытов студенты отвечают на следующие вопросы:

1. Листья каких растений обладают наибольшей антимикробной активностью?
2. Какие воды (из взятых) являются наиболее биологически загрязненными?
3. Как влияет температура на проявление антимикробной активности растений?

Примечание. Для постановки опытов предварительно договариваются со студентами о доставке воды из того или иного источника (водохранилище, пруд, река, родник). Если вода берется за день до опытов, разумнее ее поставить в холодильник.

После постановки опытов из группы назначаются на каждый день по два дежурных, которые записывают результаты опытов ежедневно на общий лист, что контролируется лаборантом.

## **Лабораторная работа 9. ВЫЯВЛЕНИЕ И КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ УЧЕТ МИКРООРГАНИЗМОВ В ПЕДОСФЕРЕ (ПОЧВЕ) И ГИДРОСФЕРЕ**

**Объяснение.** Еще в семидесятые годы XX столетия химик Джеймс Ловлок и микробиолог Линн Маргулис выдвинули теорию сложной регуляции атмосферы Земли биологическими объектами, согласно которой растения и микроорганизмы вместе с физической средой обеспечивают поддержание определенных геохимических условий на Земле, благоприятных для жизни. Это относительно высокое содержание в атмосфере кислорода и низкое – углекислого газа, определенные влажность и температура воздуха. Особая роль в этой регуляции принадлежит микроорганизмам наземных и водных экосистем, обеспечивающих круговорот биогенных элементов. Общеизвестна регулирующая роль микроорганизмов Мирового океана в поддержании определенного количества углекислого газа в атмосфере Земли и в предотвращении тепличного эффекта.

Одной из наиболее благоприятных сред для развития разнообразных микроорганизмов является составляющая наземных экосистем – почва (педосфера). Число микроорганизмов в 1 г почвы насчитывает сотни миллионов и миллиардов. Особенно многочисленны и разнообразны микроорганизмы вокруг корневых систем (в ризосфере) и на поверхности корней. С жизнедеятельностью почвенных микроорганизмов связаны многие протекающие в почве процессы – круговороты биогенных элементов, минерализация животных и растительных остатков, обогащение почвы доступными для растений формами азота. С деятельностью микроорганизмов связано плодородие почвы. Следовательно, почвенные микроорганизмы влияют непосредственно на жизнь растений, а через них – на животных и человека, являясь одной из главных частей наземных экосистем.

Данная работа дает возможность студентам, определить количество микроорганизмов-сапрофитов в двух средах: в педосфере (почве) и гидросфере.

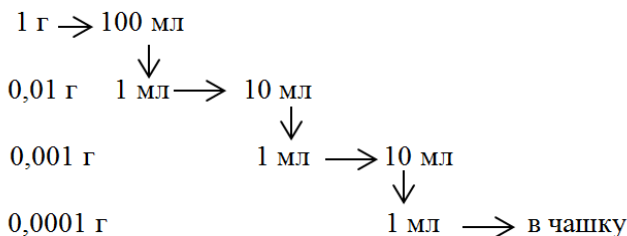
**Оборудование, реактивы, материалы:** бактерицидная лампа, стерильные чашки Петри, стерильные пробирки с пробками, водяная баня, спиртовка, весы, стерильные пипетки на 1 мл, термостат, термометр, спички, карандаш по стеклу, мясопептонный агар или другая подходящая для сапрофитов смесь (например, готовый гидролизат кильки), стерильная дистиллированная вода, образцы почв (например, черноземная среднегумусная и малогумусная городская), образцы воды из естественного водоема или отстоявшаяся водопроводная вода.

### **Ход работы**

Перед работой рекомендуется в лаборатории на 10–15 мин включить бактерицидную лампу в отсутствие людей.

#### А. Подготовка почвы и анализ почвенной вытяжки

Почва характеризуется высоким содержанием микроорганизмов, поэтому для их учета навеску разводят стерильной водой во много раз. Берем 1 г исследуемой почвы из среднего образца высыпав навеску почвы в колбу, залить 100 мл дистиллированной воды, закрываем стерильной пробкой и тщательно взбалтывать в течение 5 мин. Далее разводим дистиллированной водой по следующей схеме:



стерильной пипеткой 1 мл почвенной болтушки из колбы и внести в пробирку с 10 мл стерильной воды; перемешать, перенести 1 мл из второй пробирки в третью, откуда после перемешивания взять 1 мл и внести в стерильную чашку Петри. При большом количестве микроорганизмов в почве следует ввести еще одно разведение до 0,00001 г.

При проведении описанных операций надо соблюдать следующее:

1. Для каждой операции применять новую стерильную пипетку.
2. Бумажные пакеты, в которые завернуты пипетки, вскрывать только у верхнего конца пипетки, не дотрагиваясь руками или какими-либо предметами до нижней части пипетки.
3. Пробирки с водой открывать на минимальное время, необходимое для того, чтобы набрать или внести нужное количество жидкости, причем пробирку 4 этот момент держать не вертикально, а наклонно.
4. Ватные пробки на стол не класть, а держать их за верхнюю часть пальцами правой руки; перед закрыванием пробирки пробку необходимо провести сквозь пламя спиртовки. После внесения 1 мл вытяжки

в стерилизованную чашку Петри вылить туда же стерильный мясопептонный агар, имеющий температуру не выше 50 °С, обжигая горлышко пробирки в пламени спиртовки. Осторожным покачиванием чашки равномерно перемешать исследуемую жидкость с питательной средой. На чашку диаметром 9 см используется 21 см<sup>3</sup> среды (слой 4–5 мм).

Подписать чашку карандашом по стеклу. После полного застывания агара перевернуть чашку вверх дном, чтобы образующиеся при конденсации водяного пара капельки воды не попадали в среду. Поставить в термостат при температуре +25 °С.

## Б. Анализ воды

Берется вода из-под крана или из водной экосистемы водохранилища, реки. При этом следует заранее апробировать воду на микробиологическую активность, так как в случае содержания в ней большого количества микроорганизмов воду необходимо разбавлять стерильной водой в 5–7 раз (по схеме для почв), а потом произвести перерасчет на 1 мл воды. В случае использования водопроводной воды 1 мл ее сразу переносят в чашку Петри, заливают мясопептонным агаром, перемешивают, охлаждают до застывания и ставят в термостат (перевернув чашку).

Через одну – две недели производится подсчет количества выросших колоний и определяется, сколько микроорганизмов содержалось в 1 г почвы, в 1 мл воды. Если колоний микроорганизмов очень много, рекомендуется разделить чашку Петри на сектора (1/4, 1/8). Данные результатов заносят в табл. 9.1. Во время подсчета каждую колонию следует пометить восковым карандашом или авторучкой на стекле чашки Петри, помня, что каждая микробная клетка дала одну колонию. Сделать выводы относительно содержания микроорганизмов:

- а) в почве и воде;
- б) в различных типах почв;
- в) в разных источниках воды.

В случае анализа по полной схеме можно отдельные варианты поручить разным группам студентов, а результаты записать на доске.

Т а б л и ц а 9.1. Схема записи результатов

Почва		Вода	
Характеристика	Число колоний, шт.	Характеристика	Число колоний,

				шт.	
	В чашке Петри	В 1 г почвы		В чашке Петри	В 1 г воды
Типичный чернозем загородной зоны			Водохранилище		
Малогумусный чернозем обочин городских дорог			Отстоянная водопроводная вода		

Примечание. Методы стерилизации посуды и приготовления агаровых смесей изложены в работе № 1.

### **Лабораторная работа 10. ПОЛУЧЕНИЕ БИОГАЗА ИЗ ОРГАНИЧЕСКИХ ОСТАТКОВ КАК РЕШЕНИЕ УТИЛИЗАЦИИ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ**

**Объяснение.** Органические отходы многих производств (сахарных, молочных заводов) и сельского хозяйства (стоки ферм, фекальные массы) обычно попадают в реки, загрязняя источники водоснабжения. При разложении этих отходов образуются вредные вещества, влияющие отрицательно на здоровье человека; поэтому утилизация отходов – одна из кардинальных проблем экологии.

Метановое брожение известно давно (мерцающие огоньки на кладбищах, выделение болотного газа). Оно происходит при разложении продуктов, содержащих углеводы. Это способ анаэробного дыхания определенных групп бактерий, которые из углеводов органической массы образуют метан ( $\text{CH}_4$ ) – 65 %, углекислый газ ( $\text{CO}_2$ ) – 30 % и незначительное количество других газов: сероводород ( $\text{H}_2\text{S}$ ) – 1 %, азот, кислород, водород и закись углерода. При этом выделяется энергия, которая превращается в тепловую энергию и нагревает субстрат.

В процессе участвуют три группы бактерий, которые работают последовательно, разлагая органическое вещество до более простых компонентов. Первые превращают органическое вещество в масляную, пропионовую и молочную кислоты, вторые преобразуют эти кислоты в уксусную кислоту, водород и углекислый газ, а затем метанообразующие бактерии превращают углекислый газ в метан с поглощением водорода.

Изучив эти процессы, ученые многих стран (США, Франции, Японии) разработали способы культивирования метановых и других видов

бактерий; особые фирмы уже занимаются этим и продают микроорганизмы в пробирках. Применение этих бактерий значительно ускоряет процесс брожения и получения биогаза, который используется для отопления, нагрева воды на фермах, приготовления пищи в США, Китае, Бразилии, Индии, Японии. В качестве исходного субстрата используются все органические остатки, содержащие много углеводов (солома, древесная щепа лиственных пород, ботва, отходы сахарной промышленности, отходы фруктово-консервной промышленности, канализационный ил, отходы скота, особенно свиней). Так, при равной массе фекалий, из свиного навоза получается на 50 % больше биогаза, чем от других животных.

Метановые бактерии в естественной обстановке существуют в небольшом количестве на самих отходах, а также в гумусовом слое плодородной почвы с нейтральной рН, поэтому переслаивание навоза небольшим количеством почвы дает определенную стимуляцию процесса. Однако применение особых видов и штаммов бактерий значительно ускоряет все реакции. Так, по данным японских исследователей, метаногенез органических остатков в естественных условиях юга Японии происходил за 20 дней, а с применением особых штаммов бактерий – за 8 дней.

В практических целях для получения биогаза используются особые водонепроницаемые цистерны (дайджестеры), в которых брожение биомассы происходит при нейтральных рН (против закисления используется известь) и при температурах выше +40 °С (а иногда, при работе высокопроизводительных штаммов бактерий – при 50–60 °С). Обычно в этих условиях даже без применения особых бактерий длительность переработки навоза крупного рогатого скота составляет две–четыре недели, жидкие же отходы свиней сбраживаются за 10 дней.

Средняя емкость применяемых резервуаров – 6–12 м<sup>3</sup>, средний выход биогаза – 0,15 м<sup>3</sup> в сутки на 1 м<sup>3</sup> емкости. Малые емкости широко применяются в Индии. Они представляют собой круглые или четырехугольные резервуары из кирпича, глины с плотно закрывающейся крышкой и отводной трубой для сбора газа. Процесс происходит в анаэробных условиях.

Употребляемые отходы должны содержать большое количество углеводов и малое – азота (С : N = 30 : 1 – по массе). При наличии большого количества азота образуется аммиак, который подавляет рост метанобактерий и процесс идет без образования биогаза. Поэтому в био-

массу, содержащую много азота (жидкие отходы свиней, остатки бобовых культур), добавляют углеводы (измельченную солому, жом сахарного тростника, отходы сахарной свеклы).

**Оборудование, материалы:** колба на 750–1000 мл или пластмассовая бутылка; пробка резиновая с выводной стеклянной трубкой; резиновая трубка со стеклянным переходником с диаметром, соответствующим сосуду для сбора газа; резиновый баллон (можно приспособить растянутую камеру резинового шарика); термостат; органическая масса, содержащая много углеводов: отходы сахарной свеклы, картофеля, листья, отходы злаков; немного высокогумусной естественной почвы.

### Ход работы

В колбу или пластмассовую бутылку загружают измельченную биомассу, каждый слой слегка посыпают гумусной почвой, заливают теплой отстоянной водой (без хлора) в соотношении 1:1 по объему, что должно соответствовать общей концентрации твердых веществ 8–11 % по массе. Если биомасса кислая, добавляют немного извести или мела для нейтрализации. Биомасса с водой должна не доходить до верха колбы на 5–6 см. Колбу плотно закрывают резиновой пробкой с отводной стеклянной трубкой, конец которой в колбе располагается над водой (для выхода газа). К стеклянной трубке присоединяют резиновую трубку, которая через стеклянный переходник соединяется с мягким баллоном для приемки газа (рис. 10.1). Герметичность всех соединений и пробки с колбой обеспечивается пластмассовой изоляцией. Система ставится в термостат при +40 °С.

Выделение газа прослеживается на протяжении 1–4 недель по наполнению резиновой камеры. Первые порции газа следует спустить, так как он смешан с кислородом воздуха и при поджигании может произойти небольшой взрыв. Скопившийся в резиновой камере газ (что видно по наполнению баллона) изолируют от колбы лабораторным зажимом, подсоединяют длинную стеклянную трубку и на конце ее поджигают газ, ослабив зажим.

Вышеуказанный метод получения биогаза можно испытать для утилизации отходов в личных хозяйствах, на дачах, построив дайджестер из кирпича, цемента, глины и обложив его толстым слоем чернозема; последнее будет способствовать большему нагреванию емкости и изоляции от ночного охлаждения.

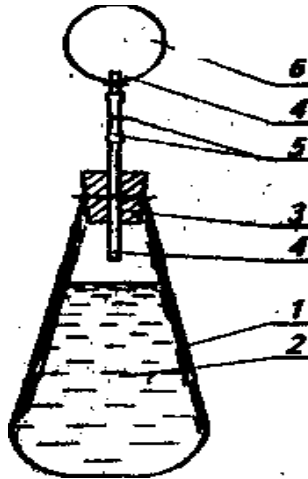


Рис. 10.1. Смонтированная камера для получения биогаза: 1 – колба; 2 – биомасса, залитая водой; 3 – пробка; 4 – стеклянная трубка; 5 – резиновая трубка с зажимом; 6 – растянутый резиновый баллон для сбора газа

### **Лабораторная работа 11. ИЗМЕНЕНИЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ЖИЗНИ ЛЮДЕЙ ВО ВРЕМЕННОМ ПРОСТРАНСТВЕ ПОД ВЛИЯНИЕМ АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ**

**Объяснение.** Продолжительность жизни людей является интегральным показателем, включающим в себя многие факторы. Известно, что за последние десятилетия продолжительность жизни в Беларуси и близлежащих странах постоянно снижается. Основной причиной этого является ухудшение экологической обстановки, общее понижение уровня жизни, ведущее к ослаблению человеческого организма, снижению его иммунитета. Так, под влиянием Чернобыльской аварии, загрязнения наземных и водных экосистем тяжелыми металлами, пестицидами, нитратами происходит возрастание заболеваемости людей (онкологические, желудочно-кишечные болезни). Нарастание стрессовых нагрузок из-за неблагоприятия экологических и социальных условий ведет к повышенному риску и в отношении сердечно-сосудистых заболеваний. При этом в каждом отдельном случае воздействию подвергаются определенные возрастные группы населения. Так, под влиянием радиоактивного облучения, загрязнения пестицидами, тяжелыми металлами в

первую очередь подвергаются риску дети и старики; первые потому, что любое воздействие наиболее сильно влияет на делящиеся клетки, а вторые – из-за ослабления сопротивляемости организма с возрастом, нарастания «ошибок» в функционировании генетического аппарата клеточной ткани и др.

Данная работа предложена американским ученым и педагогом Б. Небелом (1993 г.). Она может быть проведена как практическое занятие со сбором материала о продолжительности жизни людей на долго действующих кладбищах и с последующей его обработкой в виде диаграмм, графиков, с интерпретацией полученных данных в зависимости от изменений экологической обстановки (для разных возрастных и половых групп населения).

### **Методика**

Сбор материала осуществляется на старом кладбище, где имеются сохранившиеся захоронения людей за последние 80–100 лет (в оккупированных в период Великой Отечественной войны районах в большинстве случаев сохранились могилы и надписи к ним только за последние 60 лет). Обычно на кладбище всегда есть деление на старую и новую часть. На каждой из них, проходя по диагонали в одном и другом направлении (это можно сделать по стрелке компаса), произвольно выбирают 80–100 могил, переписывают даты рождения, смерти, пол.

Строят кривую выживаемости в целом для данной человеческой популяции или по половому признаку. При этом показатели разбивают на классы. По оси ординат откладывают число людей (0, 5, 10, 15, 20, 30 человек), а по оси абсцисс – возраст, до которого они дожили (0–10; 10–20; 20–30; 30–40; 50–60 лет и т. д.). Тот же сбор материала производят на кладбище с более поздними сроками захоронения (новое кладбище) и строят такую же кривую. Сравнивают кривые на графиках и объясняют изменения в продолжительности жизни определенных возрастных групп. Можно построить график общей смертности по годам: по оси ординат – число людей (как и в предыдущем случае), а по оси абсцисс – годы (1930–1935; 1935–1940; 1940–1945 и т. д.). Сравнивают кривые на графиках и объясняют изменения в продолжительности жизни людей за последние 50–100 лет. Сбор материала на кладбище занимает 4 учебных часа, затем необходимо обработать материал и сделать выводы.

## **Лабораторная работа 12. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ВО ВРЕМЕННОМ ПРОСТРАНСТВЕ ПО РАДИАЛЬНОМУ ПРИРОСТУ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ**

**Объяснение.** Радиальный прирост древесных растений очень хорошо отражает факторы среды. Он относится к неспецифическим признакам (прирост одинаково реагирует на разнообразные факторы: солнечную активность, влажность почвы, ее плодородие, засоление, температуру, влажность воздуха и др.). По спилу можно проследить все серьезные экологические изменения в течение жизни дерева. При изучении прироста одной и той же породы деревьев в одинаковых условиях климата и почв и при достаточной повторности (не менее 25 деревьев) этот показатель может быть достаточно четким индикационным признаком состояния среды в предыдущие годы.

Годичные кольца нарастают каждый вегетационный период в результате периодической деятельности камбия и состоят из двух частей: ранней древесины (более светлая, откладывается в первую половину вегетации) и поздней (более темная, откладывается во вторую половину вегетации). В ранней древесине больше водопроводящих элементов, в поздней – механических. Годичные кольца хорошо видны у хвойных и лиственных кольцесосудистых пород (дуб, ясень и др.). У рассеяннососудистых (береза, осина) они плохо видны. Откладывание различных годичных колец древесины характерно для зон с хорошо выраженными сезонами года. Во влажных тропиках, где зима и лето по сумме осадков и температурам почти не различаются, заметных годичных колец нет.

При изучении прироста по годам могут наблюдаться следующие явления: уменьшение или увеличение ширины годичных колец, их выпадение (полное или частичное), неравномерное отложение древесины по странам света или в связи с условиями среды (большее нарастание древесины в сторону более благоприятных условий). При взятии образцов в разных районах Земли величина прироста древесины является весьма специфическим биоиндикатором прохождения циклов солнечной активности, служит для диагностики климатов прошлых лет, особенно в случаях, когда для анализа берутся древесные породы с долгим периодом жизни. Это направление науки называется «дендрохронология».

**Оборудование и материалы:** острый нож, скальпель; измерительные лупы с ценой деления 0,1 мм; миллиметровка; круглые спилы древесины хвойных или лиственных кольцесосудистых (дуб, ясень) пород с корой, взятые из нижней части стволов деревьев в разных условиях произрастания. Предварительно на них помечают стороны света, а

также расположение относительно сторон дерева автомобильной дороги, лесного массива, оврага, балки, завода и других местных объектов.

Можно использовать также образцы древесины с годичными кольцами, взятые приростным буровом (керны) от внешних слоев до внутренних. Просверленное отверстие надо заделывать кусочком пластилина, смолы.

### Ход работы

На круговых спилах зачищают древесину в виде бороздок по направлению от края к центру (круглым напильником). Подсчитывают возраст дерева по годичным кольцам. Измеряют ширину годичных колец, пользуясь измерительной лупой. В случае отсутствия измерительной лупы можно пользоваться миллиметровкой, однако измерения будут менее точными. В учебных целях можно пользоваться постоянными заранее приготовленными спилами, которые следует отполировать и покрыть лаком (кольца хорошо видны), так как заготовка спилов в естественных условиях требует специального разрешения лесных организаций, особенно в пределах зеленых зон городов.

Следует отметить, что в северных условиях и в средней полосе годичные кольца обычно шире с южной стороны (рис. 12.1), чем с северной, в южных засушливых районах – часто наоборот. Но, если, например, с южной стороны дерева недавно проложена автодорога, то это может отразиться уже на приросте следующего года, что сразу будет видно на спиле.

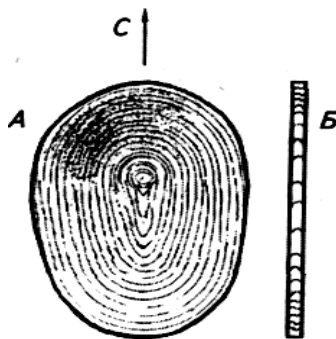


Рис. 12.1. Расположение и размеры годичных колец:  
А – круговой спил древесины; Б – керн, взятый приростным буровом;  
С – Направление сторон света

Строят графики роста дерева в толщину по годам в зависимости от сторон света и экологических условий: выдвигаются различные гипотезы изменчивости роста дерева по годам. График строят следующим образом. По горизонтали размещают хронологическую шкалу – последовательный ряд лет, составляющих возраст дерева. По вертикали откладывают ширину годичных колец в мм. Полученная кривая отражает изменения годичного прироста по конкретным годам и выявляет аномалии этого процесса, обусловленные экологическими факторами (выяснить какими?).

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Агроэкология / В. А. Черников [и др.]. – М.: Колос, 2000. – 536 с.
2. Экологические основы ведения сельскохозяйственного производства. Практикум: учебное пособие / Е. Б. Лосевич, П. В. Бородин, М. М. Добродькин [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2018. – 123 с.
3. Методические рекомендации по мероприятиям для предотвращения и ликвидации загрязнения агроландшафтов тяжелыми металлами. – М., 2005. – 71 с.
4. Минеев, В. Г. Химизация земледелия и природная среда / В. Г. Минеев. – М.: Агропромиздат, 1990. – 287 с.
5. Науменко, М. А. Эвтрофирование озёр и водохранилищ / М. А. Науменко. – М.: РГГМУ, 2007. – 100 с.
6. Водяницкий, Ю. Н. Загрязнение почв тяжелыми металлами / Ю. Н. Водяницкий, Д. В. Ладонин, А. Т. Савичев. – М.: Изд-во Почв. ин-та им. В. В. Докучаева РАСХН, 2012. – 304 с.
7. Довбан, И. К. Переход от традиционного к биологическому земледелию в Республике Беларусь: методические рекомендации / К. И. Довбан. – 2-е изд., испр. – Минск: Белорусская наука, 2016. – 89 с.
8. Ермоленков, В. В. Органическое сельское хозяйство: устойчивая перспектива / В. В. Ермоленков. – Минск: Донарит, 2013. – 104 с.
9. Головатый, С. Е. Тяжелые металлы в агроэкосистемах / С. Е. Головатый; РУП «Институт почвоведения и агрохимии». – Минск, 2002. – 239 с.
10. Федорова, А. И. Практикум по экологии и охране окружающей среды / А. И. Федорова, А. К. Никольская. – М.: Владос, 2003.
11. Хризанов, Н. И. Управление эвтрофированием водоемов / Н. И. Хризанов, Г. К. Осипов. – СПб.: Гидрометеониздат, 1993. – 276 с.
12. Экологическая безопасность в АПК / В. Ф. Саевич [и др.]. – Минск: Ураджай, 1998. – 199 с.
13. Экологический мониторинг: учеб.-метод. пособие / под ред. Т. Я. Ашихминой. – М.: Академический проект, 2005. – 416 с.
14. Основы органического производства: пособие / М. М. Добродькин, А. В. Кильчевский, Т. В. Никонович [и др.]. – Минск: ЗАО «Бонем», 2018. – 214 с.
15. Степановских, А. С. Прикладная экология / А. С. Степановских. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. – 751 с.
16. Экология агроценозов: курс лекций / М. М. Добродькин [и др.]. – Горки: БГСХА, 2018. – 113 с.
17. Шилов, И. А. Экология / И. А. Шилов. – М.: Юрайт, 2011. – 512 с.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### Приложение 1

#### Содержание биогенных элементов в 1 т навоза, кг

Вид животных	Азот аммонийный	Азот общий	Фосфор
КРС взрослый	1,4	4,5	2,3
Молодняк	1,4	4,5	2,3
Свиньи	2,0	4,5	1,9

### Приложение 2

#### Вынос азота и фосфора с 1 ц основной и соответствующим количеством побочной продукции

Культура	Вид продукции	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Озимая пшеница	Зерно	2,82	1,08	1,92
Озимая рожь	Зерно	2,8	1,21	2,33
Яровая пшеница		3,04	1,16	2,47
Яровой ячмень		2,9	1,19	2,74
Овес		2,9	1,19	2,74
Люпин		2,59	1,29	2,86
Горох		8,43	1,99	4,4
Лен-долгунец	Волокно	5,81	0,29	7,3
Свекла кормовая	Корнеплоды	0,33	0,11	0,73
Картофель	Клубни	0,54	0,16	1,07
Кукуруза на силос	Зеленая масса	0,33	0,12	0,42
Однолетние бобово-злаковые травы		0,45	0,13	0,43
Сено		1,74	0,54	2,5
Многолетние травы	Зеленая масса	0,35	0,11	0,51
	Сено	1,73	0,54	2,57
Сенокосы	Сено	1,64	0,4	2,2
Пастбища	Зеленая масса	0,43	0,06	0,62
Капуста	Плоды	0,4	0,10	0,45
Томаты		0,16	0,05	0,28
Овощи в среднем		0,25	0,08	0,35

Приложение 3

**Поправочные коэффициенты для учета топографии, типов почв, хозяйственного использования земель**

Поправочные коэффициенты	Учитываемые факторы	Значение коэффициента	
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Типы почв В <sub>1</sub>	Глинистые	1,52	–
	Супеси, суглинки	1,27	–
	Пески, торфяно-болотные	1,00	–
Уклон В <sub>2</sub>	>7	6,25	–
	5–7	4,88	–
	3–4	2,06	–
	1–2	1,0	–
Использование земель В <sub>3</sub>	Пашня	10	–
	Выгоны, пастбища	5	–
	Застроенные территории	3	–
	Культурные пастбища	1	–
	Лес	1	–

Приложение 4

**Коэффициент миграции БВ в зависимости от расстояния до водного объекта**

Водность года	Расстояние, м						
	0–500	500–1000	1000–2000	2000–3000	3000–4000	4000–5000	5000 и более
Многоводный	1,0	1,0	0,9	0,8	0,6	0,4	0,2
Средней водности	1,0	0,9	0,8	0,6	0,4	0,2	0,1
Маловодный	0,9	0,8	0,6	0,4	0,2	0,1	0,1

Приложение 5

**Экологическая эффективность водоохранных мероприятий трех уровней**

Мероприятие	Эффективность, %
<b>I уровень</b>	
1. Выделение водоохраной зоны: а) с посадкой лесных насаждений б) залужение	60–70 10–15
2. Создание лесных полос на полях санитарных зон, вокруг ферм, комплексов, населенных пунктов	60–70
3. Обвалование: а) сельскохозяйственных полей с помощью водозадерживающих валов (25–30 см) б) вокруг животноводческих объектов в) по берегам водоемов и вдоль русел рек	20–40 30–40 35–45

Мероприятие	Эффективность, %
4. Целевое направление стоков:	
а) биологические пруды	30–50
б) отстойные пруды	20–40
в) болото	15–45
5. Мульчирование	20–30
<b>II уровень</b>	
Для сельскохозяйственных угодий	
1. Приемы обработки:	
а) безотвальная обработка обычная	50–60
б) плоскорезная обработка	70
в) вспашка с почвоуглублением	10–15
г) вспашка поперек склона	20–40
д) контурная вспашка	10–30
е) обвалование зяби	80
2. Известкование	10–30
Для животноводческих объектов	
3. Обработка твердой фракции:	
а) переработка в кормовые добавки	85–95
б) буртование	10–30
в) приготовление торфокомпостов	50–70
4. Компостирование навоза	50–60
5. Переход от гидросмыва на механическое удаление навоза	в 10 раз
6. Снижение поголовья до оптимального уровня	
<b>III уровень</b>	
1. Регулирование русел рек	10–30
2. Очистка дна от илистых отложений	20–40
3. Систематическое скашивание осенью водной растительности	45–55

## Приложение 6

**Данные для индивидуального задания**  
**«Экологизация использования навозных стоков»**

№ п/п	Поголовье, тыс.	Количество экскрементов от 1 голы в сутки, кг	Суточный расход воды на 1 усл. гол., кг	Влажность экскрементов, %	Влажность твердой фракции, %
1	2	3	4	5	6
<b>Свиноводческие комплексы</b>					
1	6,0	5,3	29	91	85
2	10,0	5,5	24	92	83
3	12,0	4,7	40	90	85
4	20,0	4,3	43	87	85
5	24,0	4,4	45	87	84

Окончание прил. 6

1	2	3	4	5	6
6	54,0	4,5	30	88	83
7	108,0	5,0	40	82	85
<b>Комплексы по откорму КРС</b>					
8	3,0	25,0	20	92	86
9	6,0	31,0	30	93	86
10	10,0	28,0	50	89	83
11	13,0	25,0	71	92	82

Приложение 7

**Площадь земель, необходимая для утилизации сточных вод  
от животноводческих комплексов**

Тип комплекса	Мощность, тыс. голов	Площадь земель, га	
		всех отходов	жидкой фракции
Производство молока	0,6	230	150
	0,8	300	200
	1,2	466	300
	2,0	760	500
	2,4	920	600
Производство говядины	0,6	230	150
	1,2	460	300
	5,0	800	500
	10,0	1600	1000
Производство свинины	6,0	250	175
	12,0	500	350
	24,0	1000	750
	54,0	2200	1500
	108,0	4780	3100

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	3
Лабораторная работа 1. Влияние климатических факторов на развитие сельскохозяйственных культур .....	4
Лабораторная работа 2. Аллелопатические взаимодействия в агроценозах .....	12
Лабораторная работа 3. Определение уровня биогенного загрязнения вод в природно-аграрных системах .....	15
Лабораторная работа 4. Разработка мероприятий, направленных на снижение ущерба от переуплотнения почвы в севообороте .....	22
Лабораторная работа 5. Экологические проблемы промышленного животноводства .....	25
Лабораторная работа 6. Определение суммарной фитотоксичности почвы методом биологического тестирования .....	33
Лабораторная работа 7. Оценка фитонцидной активности растений и токсичности оседающей на них пыли в опытах с простейшими и насекомыми .....	35
Лабораторная работа 8. Определение антимикробных свойств высших растений и биологической загрязненности разных вод методом «подводной пробы» .....	39
Лабораторная работа 9. Выявление и количественный учет микроорганизмов в педосфере (почве) и гидросфере .....	41
Лабораторная работа 10. Получение биогаза из органических остатков как решение утилизации органических отходов в сельском хозяйстве .....	44
Лабораторная работа 11. Изменение продолжительности жизни людей во временном пространстве под влиянием антропогенных факторов .....	47
Лабораторная работа 12. Определение состояния окружающей среды во временном пространстве по радиальному приросту древесных растений .....	49
Библиографический список .....	52
Приложения .....	53

Учебное издание

**Кильчевский** Александр Владимирович  
**Добродькин** Михаил Михайлович  
**Никонович** Тамара Владимировна и др.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВЕДЕНИЯ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО  
ПРОИЗВОДСТВА

Методические указания по выполнению лабораторных работ

Редактор *Е. П. Савиц*  
Технический редактор *Н. Л. Якубовская*

Подписано в печать 04.01.2023. Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная.  
Ризография. Гарнитура «Гаймс». Усл. печ. л. 3,49. Уч.-изд. л. 2,67.  
Тираж 40 экз. Заказ .

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».  
Свидетельство о ГРИРПИ № 1/52 от 09.10.2013.  
Ул. Мичурина, 13, 213407, г. Горки.

Отпечатано в УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».  
Ул. Мичурина, 5, 213407, г. Горки.