ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ИНСТИТУТ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ
им. В. А. КУЧЕРЕНКО
(ЦНИИСК им. КУЧЕРЕНКО) ГОССТРОЯ СССР

РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО УСКОРЕННОМУ ОПРЕДЕЛЕНИЮ ТОКСИЧНОСТИ АНТИСЕПТИКОВ БИОСТОЙКОСТИ ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСНЫХ ПЛАСТИКОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ РАДИОАКТИВНЫХ ИЗОТОПОВ

2-Е ИЗДАНИЕ, ПЕРЕРАБОТАННОЕ И ДОПОЛНЕННОЕ

МОСКВА СТРОЙИЗДАТ 1981

gost.e-ecolog.ru

УДК 691.1:620.192.6:543.52

Рекомендованы к изданию решением секции деревянных конструкций ученого совета ЦНИИСК им. Кучеренко.

Рекомендации по ускоренному определению токсичности антисептиков, биостойкости древесины и древесных пластиков с применением радиоактивных изотопов/ ЦНИИСК им. Кучеренко Госстроя СССР. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Стройиздат, 1981. — 191 с.

Содержат практические и теоретические сведения по применению нового метода меченых культур для определения показателей токсичности антисептиков, степени биостойкости и качества антисептирования древесины, древесных плит и других строительных материалов. Метод позволяет получить количественные показатели и сократить сроки испытаний. Описываются сущность метода и порядок определения токсичности антисептиков на меченых радиоактивными изотопами культурах домовых и плесневых грибов; подробно изложена техника выращивания культур, меченных радиоактивными изотопами, изготовления образцов и пропиточных растворов, измерения интенсивности радиоактивного излучения пораженных грибом образцов; детально описаны показатели, позволяющие оценить реакцию гриба на действие антисептика и классифицировать материалы исследованных образцов по степени биостойкости.

1-е издание вышло в 1964 г.

Для инженерно-технических работников заводов— изготовителей строительных конструкций, а также для работников научно-исследовательских организаций, занимающихся вопросами защиты строительных конструкций и материалов от биологического повреждения.

Табл. 70, ил. 50.

Р $\frac{30213-473}{047(01)-81}$ Инструкт.-нормат., I вып. — 113—80 3002000000

© Стройиздат, 1981

ПРЕДИСЛОВИЕ

Важным качественным показателем деревянных строительных конструкций является их стойкость против биологического повреждения, поскольку древесина при неблагоприятных условиях может разрушаться различными организмами, в первую очередь домовыми грибами. Внедрение в практику методов надежного контроля эффективности антисептирования повысит качество деревянных конструкций и будет способствовать удлинению их срока службы.

В ЦНИИСК им. Кучеренко в течение ряда лет изучались оптимальные условия биологических испытаний древесины и древесных пластиков (влияния начальной влажности, температуры, формы и объема образцов, состава питательных сред, длительности испытания и др.). В результате этих исследований разработан метод меченых культур с сокращенным сроком испытаний (до 10—15 дней), основанный на использовании радиоактивных изотопов. Сущность этого метода и техника работы с радиоактивными культурами были изложены в Рекомендациях по ускоренному определению токсичности антисептиков, биостойкости древесины и древесных пластиков с применением радиоактивных изотопов (М., Стройиздат, 1964).

За истекшее время после выхода 1-го издания Рекомендаций метод меченых культур, положенный в их основу, был применен и получил одобрение ряда институтов — МИСИ им. Куйбышева, Центрального строительного института ПНР, Куйбышевского инженерно-строительного института, ЛЛТА, МЛТИ и др. и зарекомендовал себя как наиболее достоверный.

В настоящем издании Рекомендаций существенно переработаны и дополнены в соответствии с решением секции деревянных конструкций ученого совета института Общая часть; теоретические вопросы (оценка результатов токсикологических испытаний, особенности метода меченых культур, критерии токсичности, факторы, влияющие на результаты биологических испытаний) перенесены в прил. 2;

раздел «Подготовка образцов к испытаниям» дополнен требованиями к образцам для контроля качества антисептирования древесины и токсичности лакокрасоч-

ных составов по древесине, а также для определения степени биостойкости разных пород древесины и других строительных материалов;

включен раздел, отсутствовавший в 1-м издании Рекомендаций, где даны указания по приготовлению к испытанию питательных сред и опытных культур, в том числе плесневых грибов;

в раздел «Измерение интенсивности излучения радиоактивных препаратов» включены сведения: о единицах радиоактивных излучений; о методах измерения активности радиоактивных образцов, пораженных мечеными культурами грибов; об условиях измерений, обеспечивающих максимальную эффективность газоразрядного счетчика;

в прил. 2 теоретические сведения дополнены анализом современных методов определения токсичности антисептиков и данными по определению степени биостойкости разных пород древесины и древесных пластиков на органическом и минеральном вяжущих.

Сведения по технике безопасности, касающиеся всех разделов работы, вынесены в прил. 4.

Рекомендации разработаны в ЦНИИСК им. Кучеренко старшим научным сотрудником, канд. биологических наук *Ф. Ф. МАЗУР;* редакторы — проф. д-р техн. наук *Ю. М. ИВАНОВ* и зав. лабораторией долговечности деревянных конструкций ЦНИИСК им. Кучеренко канд. техн. наук *Ю. Ю. СЛАВИК.*

Замечания и предложения просьба направлять по адресу: *109389, Москва, 2-я Институтская, 6, ЦНИИСК им. Кучеренко.*

1. ОБЩАЯ ЧАСТЬ

1.1. Метод меченых культур обеспечивает количественную оценку токсичности антисептиков и биостойкости древесины и древесных пластиков и сокращение сроков (для некоторых испытаний до 10—14 дней) по сравнению с существующими методами. Настоящие Рекомендации имеют целью распространение применения этого метода к контролю биостойкости древесины и других строительных материалов и будут способствовать улучшению качества антисептирования и увеличению в строительстве объема надежно защищенных антисептиками конструкций из древесины и других строительных материалов.

1.2. Метод меченых культур заключается в испытании на культурах грибов меченных радиоактивным индикатором образцов материалов и в оценке их биостойкости по интенсивности радиоактивных излучений. Меченые культуры выращивают на питательной среде, в состав которой вводят радиоактивный индикатор.

1.3. В качестве радиоактивного индикатора применяют радиоактивные изотопы, испускающие чистое β-излучение и обладающие коротким периодом полураспада (например, фосфор P^{32}, период полураспада которого равен 14,3 дня), относящиеся в соответствии с ОСП-72 (М., Атомиздат, 1973) к радиоактивным веществам средней и наименьшей токсичности, работа с которыми разрешена в лабораториях третьей категории при условии, что их удельная активность на рабочем месте будет не более 0,001 кюри, а годовое потребление — не более 10 кюри (см. прил. 1, 2 и 3).

1.4. Определение токсичности антисептиков и биостойкости древесины и древесных материалов с органическим или минеральным вяжущим проводят на чистых культурах пленчатого домового гриба. Лакокрасочные и другие полимерные материалы и их компоненты, а также материалы на основе органических вяжущих и минерального заполнителя (акмигран, акминит, резина и т. п.) помимо пленчатого домового гриба исследуют на смеси плесневых грибов, видовой состав которой для каждого типа материалов рекомендован ГОСТ 9.048—75—9.051—75 (см. п. 3.1 и прил. 2, п. 13).

1.5. Для оценки степени биостойкости используют следующие показатели:

обрастание образца материала воздушной грибницей (оценка в баллах по визуальному наблюдению через определенные сроки);

количество мицелия гриба, внедрившегося в материал испытуемого образца, и глубина его внедрения (измеряется по интенсивности радиоактивного излучения от изотопа, проникшего вместе с мицелием гриба в материал образца);

в отдельных случаях изменение плотности материала образца (по массе образца) и его химического состава (измеряется концентрацией водородных ионов pH).

1.6. Оценку токсичности антисептиков и биостойкости древесины, древесных пластиков и других строительных материалов производят с учетом всех получаемых показателей (характера обрастания материала воздушной грибницей, изменения плотности и pH, глубины и интенсивности внедрения в них мицелия гриба) и относят к той или иной степени биостойкости по разработанной ЦНИИСК им. Кучеренко шкале биостойкости (см. прил. 2 и п. 7.3).

1.7. Работы с мечеными культурами грибов проводят в отдельном помещении с гладкими потолками и стенами, в верхней части окрашенными клеевой краской светлых тонов, а в нижней части (на высоту не менее 2 м) покрытыми масляной краской; полы должны быть застланы линолеумом. Лаборатория должна иметь вытяжной шкаф или бокс из оргстекла, вентиляцию и санитарно-техническое оборудование (см. прил. 3).

1.8. При выполнении работ с мечеными культурами грибов должны соблюдаться требования по технике безопасности согласно Основным санитарным правилам работы с радиоактивными веществами и источниками ионизирующих излучений (ОСП-72) (см. прил. 3).

2. ПОДГОТОВКА ОБРАЗЦОВ К ИСПЫТАНИЮ

Размеры и форма образцов для токсикологических испытаний

2.1. При определении токсичности антисептиков образцы для испытаний должны быть заготовлены из одного дерева в таком количестве, чтобы запаса древесины хватило на несколько лет. Выбор модельного дере-

ва и вырезание из него кряжа для изготовления образцов должны производиться в соответствии с существующими государственными стандартами. Это должно быть сосновое бревно в возрасте 70—80 лет с правильной макроструктурой, объемная масса которого составляла бы в воздушно-сухом состоянии 450—500 кг/м³, а в 1 см содержалось бы 7—9 годичных слоев. Длина кряжа должна быть не менее 2 и не более 2,8 м. Он должен вырезаться из середины бревна. Кряж разрезают на два одинаковых отрезка. Из них по схеме (рис. 1) вы-

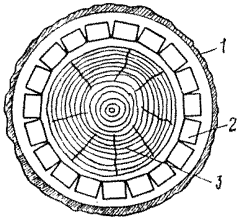


Рис. 1. Схема разделки бревна на рейки
1 — заболонь; *2* — торец рейки; *3* — ядро

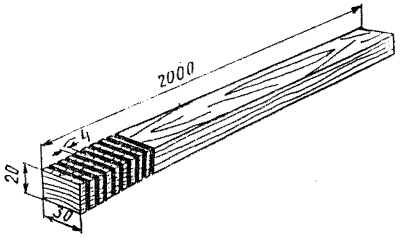


Рис. 2. Схема разделки рейки на образцы.

резают рейки шириной 40 мм, толщиной на всю заболонь (30—35 мм), рейки нумеруют в порядке разделки. Они должны быть свободны от сучков и других пороков (синевы, свилеватости и т. п.), их укладывают в виде клеток с достаточными промежутками для движения воздуха. Во избежание образования трещин торцы реек покрывают слоем парафина или эмали Э11—567 с добавлением к ней отвердителя № 1. Рейки высушивают в лабораторных условиях до воздушно-сухого состояния, простругивают до сечения 20×30 мм (30 мм по тангенциальной поверхности) и разрезают на образцы толщиной по длине волокна 3,5 мм (рис. 2). Годичные слои должны проходить параллельно тангенциальной поверхности с отклонением не более 7—10%.

В лабораторном помещении (вдали от окон, дверей и отопительных приборов) должен находиться психрометр для определения температуры и влажности воздуха. Температура не должна выходить за пределы 20—25°С, а влажность — 60—80%. Температура и относительная влажность воздуха при подготовке образцов

древесины, так же как при выращивании чистых культур гриба и проведении испытаний, должны ежедневно фиксироваться.

Образцы подбирают по текстуре, нумеруют карандашом и хранят в воздушно-сухом состоянии в закрытом ящике или сосуде в сухом чистом лабораторном помещении.

Перед началом испытаний из подобранной по текстуре партии образцов отбирают нужное количество их и упорядоченно распределяют по вариантам опыта. Примерная схема распределения образцов показана в табл. 1.

Таблица 1

Антисептик	Концентрация пропиточного раствора, %	Количество повторных опытов							
		№ образцов							
		рейка I					рейка II		
		1	2	3	4	5	6	7	8
Контроль (антисептик отсутствует)	0	1	25	49	73	97	1а	25а	49а
	0,1	3	27	51	75	99	3а	27а	51а
	0,15	5	29	53	77	101	5а	29а	53а
	0,2	7	31	55	79	103	7а	31а	55а
	0,25	9	33	57	81	105	9а	33а	57а
	0,3	11	35	59	83	107	11а	35а	59а
Антисептик А	0,45	13	37	61	85	109	13а	37а	61а
	0,5	15	39	63	87	111	15а	39а	63а
	0,55	17	41	65	89	113	17а	41а	65а
	0,6	19	43	67	91	115	19а	43а	67а
	0,65	21	45	69	93	117	21а	45а	69а
	0,7	23	47	71	95	119	23а	47а	71а
Контроль (антисептик отсутствует)	0	2	26	50	74	98	2а	26а	50а
	0,1	4	28	52	76	100	4а	28а	52а
	0,15	6	30	54	78	102	6а	30а	54а
	0,2	8	32	56	80	104	8а	32а	56а
	0,25	10	34	58	82	106	10а	34а	58а
Антисептик Б	0,3	12	36	60	84	108	12а	36а	60а
	0,45	14	38	62	86	110	14а	38а	62а
	0,5	16	40	64	88	112	16а	40а	64а
	0,55	18	42	66	90	114	18а	42а	66а
	0,6	20	44	68	92	116	20а	44а	68а
	0,65	22	46	70	94	118	22а	46а	70а
	0,7	24	48	72	96	120	24а	48а	72а

Древесина является материалом анизотропным, упорядоченное распределение образцов повышает точность данных, получаемых в результате испытания. Поэтому при заготовке образцов и распределении их по рядам концентраций надо строго придерживаться перечисленных правил.

Определение влажности и абсолютно сухой массы образцов

Влажность древесины должна определяться в соответствии с ГОСТ 16483.7—71*, а влажность древесных плит — по ГОСТ 10633—78 и 10634—78.

Для определения влажности отбирают из подготовленной партии каждый десятый образец. Отобранные образцы очищают от опилок и по одному помещают в чистый стаканчик с притертой крышкой (бюкс), где их выдерживают в течение всего времени, необходимого для определения влажности. Массу бюксов определяют (после сушки при 100°С и охлаждения в эксикаторе над хлористым кальцием) с точностью до 0,001 г. Номера бюксов записывают в журнал, форма которого приведена в табл. 2.

Таблица 2

Форма журнала для определения влажности древесины

Дата Порода древесины

№ образца	Масса, г						Влажность W, %
	чистого бюкса	бюкса с образцом до высушивания g_1	бюкса с образцом после высушивания g_2			испарившейся воды g_1-g_2	
			1	2	3		

Взвешивание стаканчиков, высушенных при 100°С, и образцов древесины и плит, высушенных в лабораторных условиях, производят на аналитических весах с точностью до 0,0005 г. Их массу g записывают в журнал. После взвешивания бюксы с образцами g_1 помещают в сушильный шкаф и высушивают до постоянной массы: сушка образцов древесины производится при

температуре 100±3°С*, а образцов плит — при 60°С. Во время сушки крышки с бюксов снимают и ставят рядом с ними в сушильный шкаф.

Установление постоянной массы контролируют рядом повторных взвешиваний. Первое контрольное взвешивание при высушивании мягких пород производят не раньше чем через 6 ч после установки стаканчиков с образцами в сушильный шкаф, а при высушивании твердых пород — не раньше чем через 10 ч. Каждое последующее контрольное взвешивание производят после двухчасового высушивания. Высушивание считается законченным, когда разность между двумя последними взвешиваниями будет не более 0,0005 г.

Не следует, в особенности для смолистой древесины хвойных пород, оставлять образцы в шкафу дольше 20 ч.

При каждом взвешивании стаканчик закрывают в сушильном шкафу крышкой и охлаждают до комнатной температуры в эксикаторе с безводным хлористым кальцием или серной кислотой концентрации не менее 94% (плотность 1,84).

По достижении образцами постоянной массы высушивание и взвешивание прекращают. Сухую массу образца и бюкса g_2 записывают в журнал.

Влажность W вычисляют с точностью до 0,1% по уравнению

$$W = \frac{g_1 - g_2}{g_2 - g} 100. \qquad (1)$$

Абсолютно сухую массу исследуемых образцов g_0 с точностью до 0,01% определяют теоретически по уравнению (2) на основании их воздушно-сухой массы $g_1 - g$ и полученных данных о влажности древесины

$$g_0 = \frac{g_1}{1 \pm 0{,}01\,W}, \qquad (2)$$

где g_0 — искомая масса испытуемого образца в абсолютно сухом состоянии.

Воздушно-сухую массу образцов определяют путем взвешивания их на аналитических весах с точностью до 0,0005 г.

---

* При определении влажности образцов и древесины, пропитанных маслянистыми антисептиками или окрашенных лакокрасочными покрытиями, а также полимерных материалов их сушку до постоянной массы производят при температуре 60°С.

Приготовление пропиточных растворов

Отбор проб

2.2. Пробы маслянистого антисептика в зависимости от количества полученной партии масла и тары отбирают из одного или нескольких мест. Из каждого вида тары (цистерн, бочек, канистр, банок и пр.) после тщательного перемешивания отбирают 2—3 пробы антисептика. Отобранные пробы сливают в общий сосуд и после перемешивания отбирают из него 2—3 л для анализа на биостойкость, плотность, вязкость, точку воспламенения и точку вспышки. Подготовленное для анализов масло помещают в колбы или банки с притертыми пробками и хранят в темном и прохладном месте (при температуре +15, +20°С).

Отбор проб твердого водорастворимого антисептика производят также из нескольких банок, бочек, мешков, кулей или любой другой тары не менее чем из 2—3 мест каждого вида и тары, а всего не менее чем из 10 мест антисептика. В каждой пробе должно содержаться около 0,5 кг антисептика. Их ссыпают в одну емкость, перемешивают и из общей смеси отбирают 200—300 г вещества для анализа на биостойкость.

Приготовление пропиточных растворов

Маслянистые антисептики растворяют в химически чистом (марки ЧДА) бензоле или толуоле, а водорастворимые — в дистиллированной воде. На основе растворителя (бензола или толуола) готовят растворы, содержащие по массе* определенное количество масла. Удобно работать с растворами, содержащими следующие концентрации масла в растворе, %: 0,5; 1, 3, 5, 7, 11, 13, 15, 20, 25.

В том случае, если необходимо узнать влияние малых доз антисептика на культуру грибов, готовят растворы в следующей прогрессии, %: 0,0 (контроль), 0,05; 0,1; 0,5; 2,5; 7,5; 10 и т. д.

Антисептики, растворяющиеся только в кислой или щелочной среде (например, ортоарсенат цинка), растворяют в комбинированном водно-щелочном раствори-

* Концентрация антисептика в процентах по массе показывает, сколько граммов антисептика содержится в 100 г раствора.

теле. Концентрация добавки, активирующей растворение (например, аммиачной воды), дается одна и та же — в данном случае 5% для всех концентраций исследуемого раствора.

Растворы водорастворимых антисептиков (фторидов, бихроматов, арсенатов, арсенитов и др.) готовят таким образом, чтобы от величины предельной дозы данного вещества получить более слабые и более сильные растворы (в 1,5, 2, 2,5 и 3 раза). Например, известно, что предельная доза химически чистого фтористого натрия равна 0,4—0,6%. Для того чтобы проверить токсичность полученной партии антисептика, необходимо приготовить растворы, содержащие 0,05; 0,1; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 и 1%, хотя может быть применена и более мелкая сетка.

Пропитка образцов древесины и расчет количества поглощенного антисептика

Пропитка образцов

2.3. Пропитку проводят по ГОСТ 16712—71* в приборе, схема которого приведена на рис. 3.

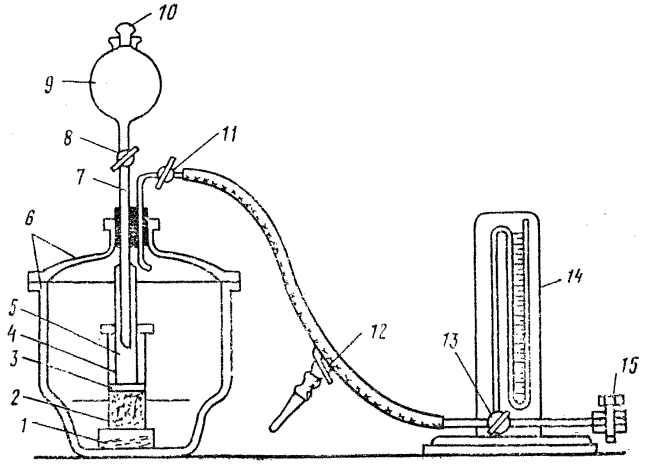


Рис. 3 Схема установки для пропитки образцов древесины антисептиками

Образцы древесины *2* помещают в пропиточный бюкс *4*, установленный в эксикаторе *6* на подставку *1*. Поверх образцов кладут противовсплывную сетку *3*, на которую ставят трубку *5*, предохраняющую от разбрызгивания. Эксикатор закрывают крышкой. Устанавливают баллон *9* для раствора так, чтобы сливная трубка *7* баллона входила в трубку *5*. Закрывают кран *8*, открывают пробку *10* баллона и заполняют его раствором антисептика. Пробку баллона закрывают и открывают кран *15* к линии вакуума (краны *11, 12, 13* открыты). Остаточное давление вакуумметра *14* регулируют поворотом трехходового крана *12* с капилляром. С момента установления остаточного давления 1333—1900 Па (10—15 мм рт. ст.) вакуумирование продолжают 10±1 мин, после чего отключают линию вакуума от пропиточного прибора, открывают кран *8* и наполняют раствором пропиточный бюкс, затем подают в систему воздух, открывают пробку *10*.

Образцы выдерживают под вакуумом в пропиточном растворе до полного насыщения (40—60 мин), затем из пропиточного раствора извлекают один образец, слегка осушают его фильтровальной бумагой, помещают в заранее взвешенный бюкс; взвешивают на аналитических весах до 2 мг и записывают полученный результат. Только после этого из пропиточного раствора извлекают второй образец для взвешивания и т. д. Образцы выдерживают при температуре воздуха +20°С и влажности воздуха 60—70% до полного испарения растворителя (что проверяют повторными взвешиваниями), завертывают в бумажные салфетки, помещают в бюксы и стерилизуют в автоклаве при 0,5 атм 20 мин или текучим паром (в кипятильнике или стерилизаторе) в течение 40 мин. После стерилизации их переносят в перевивочную камеру для укладки на подготовленные для этой цели чистые культуры гриба. Желательно, чтобы образцов древесины с одинаковым количеством антисептика было не менее 9, так как это позволит обработать экспериментальные данные методом вариационной статистики, что повысит достоверность опыта.

Пропитку образцов можно вести и следующим образом: пропиточный раствор (приготовленный при температуре +20°С) подогревают до 95°С, опускают в него образцы древесины и выдерживают при этой температуре в течение 30 мин, а затем оставляют до остыва-

ния раствора до 20°С и полного насыщения образцов жидкостью*. После этого их извлекают из пропиточного раствора, осушают, взвешивают и выдерживают в лабораторных условиях до тех пор, пока они не достигнут воздушно-сухого состояния, что также проверяют повторным взвешиванием. Стерилизацию образцов после пропитки проводят описанным выше образом.

Расчет количеств антисептика, поглощенного образцом

Массу пропиточного раствора ($g_р$), поглощенного образцом древесины, определяют из уравнения

$$g_р = g_з - g_1, \qquad (3)$$

где $g_з$ — воздушно-сухая масса образца до пропитки, г; g_1 — масса образца после пропитки, г.

Фактическое поглощение антисептика образцом древесины в граммах подсчитывают по уравнению

$$\Delta g = g_4 - g_1, \qquad (4)$$

где g_4 — воздушно-сухая масса образца после испарения растворителя; Δg — фактическое поглощение антисептика.

На основании полученных данных по уравнению (5) определяют C — фактическое поглощение антисептика образцом древесины в процентах к его массе до пропитки $g_з$:

$$C = 100 \frac{\Delta g}{g_з}. \qquad (5)$$

Образцы для определения качества антисептирования древесины

2.4. Из строительных деталей, подвергнутых обработке антисептиком, отбирается на пласти на расстоянии 40—50 см от торца две пробы: одна проба из заболонной и одна из ядровой древесины. Каждая проба должна иметь размер по длине волокон 50 мм, поперек 50 мм и толщину 10 мм. Проба вырезается пилой и выкалывается острой стамеской.

Отобранные пробы нумеруют простым карандашом и на них отмечают поверхность пласти. Каждая проба

* Полное насыщение образцов происходит через 1—2 ч, но практически удобней приготовление растворов и помещение в них образцов производить в первый день, а извлечение образцов из раствора и их взвешивание — на второй день.

завертывается в отдельный кусок пергаментной бумаги или кальки.

Образцы для испытания должны иметь размеры вдоль волокна 30 мм, поперек 20 мм и толщину 3 мм. Из пробы заболонной древесины вырезают два образца на общую глубину 6 мм от внешней поверхности детали, которая находится в соприкосновении с антисептическим раствором, а из ядровой древесины — один образец на глубину 2 мм отнвнешней поверхности детали. В случае указаний на большие глубины проникания антисептика в древесину тех или других строительных деталей образцы отбирают на бо́льшую глубину, но толщина каждого образца остается равной 2 мм.

На два образца антисептированной древесины берется один контрольный образец неантисептированной древесины. Контрольные образцы неантисептированной древесины имеют тот же размер и могут быть изготовлены заранее из заболони и ядра тех пород древесины, которые применяются на стройке. Для изготовления контрольных образцов следует брать здоровую древесину со средней шириной годичных колец. После изготовления контрольные образы доводят до воздушно-сухого состояния и хранят в закрытых ящиках.

Как испытуемые, так и контрольные образцы перед испытанием завертывают в бумагу, стерилизуют сухим воздухом в сушильном шкафу при температуре 60—80°С в течение 40 мин, затем выдерживают до охлаждения в лабораторных условиях, после чего укладывают на культуру гриба.

Образцы для контроля степени биостойкости древесных плит

2.5. Отбор проб древесноволокнистых и древесностружечных плит должен производиться по ГОСТ 10633—78. Испытания этих плит рекомендуется производить на 9—10 образцах. Для испытания удобны размеры образцов, указанные в табл. 3.

Образцы на наружных поверхностях должны быть без оттисков от прокладок и лент, сколов и выкрашенных углов. Их пласти и кромки должны быть взаимно перпендикулярны. Толщину образцов следует измерять с точностью не менее 0,1 мм, а длину и ширину — 0,5 мм. Влажность плит, отобранных для испытаний, должна

Таблица 3

Объем v, см³	Длина l, мм	Толщина s, мм	Ширина b, мм
5,2±0,5	35±0,5	Равная толщина плит, но не более 20 мм	$b = \frac{v}{ls}$

быть 8±2%. Определение влажности должно производиться по ГОСТ 10634—73.

Образцы для определения степени биостойкости лакокрасочных покрытий по древесине

2.6. Рейки для образцов (подложек) под лакокрасочные покрытия должны быть изготовлены в соответствии с п. 2.1, но их ширину вдоль тангенциального направления необходимо увеличить до 50 мм. Образцы должны иметь форму пластин размером 5×50×50 мм (50 мм вдоль волокон, площадь образца 50×50 мм — тангенциальная).

Образцы покрывают двумя слоями лакокрасочного покрытия, нанесенного по технологии, предусмотренной нормативно-технической документацией. Края образцов защищают испытуемым лакокрасочным покрытием. Допускается их защита эмалью Э11—567 или шпатлевкой ЭП-0020 с добавлением к ним отвердителя № 1, высушенного при температуре 20° в течение 5 сут. Контрольные образцы из древесины сосны, не защищенные лакокрасочным покрытием, должны иметь размеры 5×50×50 мм. Перед помещением на культуру гриба образцы стерилизуют сухим воздухом при 60°С.

Образцы для определения степени биостойкости комбинированных и других строительных материалов

Образцы на основе неорганического вяжущего и органического заполнителя

2.7. Определение степени биостойкости комбинированных строительных материалов на основе цементного вяжущего и органического заполнителя — арболита,

королита, торфобетона и т. п. — производят на образцах размером 50×50×50 мм. Такие же размеры должны иметь и контрольные образцы из древесины сосны. Увеличенные размеры образцов комбинированных строительных материалов вызваны необходимостью их распиловки с целью послойного определения глубины проникания мицелия гриба и величины pH: толщина слоя должна быть 8—10 мм, так как из-за рыхлости этих материалов получить слои небольшой толщины (2—3 мм) не удается. Увеличенные размеры образцов диктуются, кроме того, технологией их изготовления. Перед помещением на культуру гриба образцы стерилизуют сухим воздухом при 90—100°С в течение 12—16 ч.

Образцы изоляционных и других полимерных материалов

Степень биостойкости изоляционных полимерных материалов по отношению к домовым (базидиальным) грибам определяют на образцах площадью 20×30 мм, а по отношению к плесневым грибам — площадью 18×18 мм. Размер 18×18 мм вызван необходимостью укладывать образцы на стеклянные подкладки (для исключения контакта с питательной средой, содержащей радиоактивный изотоп фосфора P^{32}). В качестве стеклянных подкладок удобны стандартные предметные стекла для микроскопирования толщиной 2 мм, распиленные на три одинаковых отрезка; площадь каждого отрезка 20×20 мм. Уложенные поверх стеклянных подкладок образцы изоляционных и других полимерных материалов защищают их от контакта с питательной средой и в то же время не мешают плесневым грибам, большинство из которых образует стелящийся невысокий мицелий, поражать образцы исследуемых материалов. Образцы перед помещением на культуру гриба стерилизуют.

3. ПОДГОТОВКА ЧИСТЫХ КУЛЬТУР ДОМОВЫХ ГРИБОВ К ИСПЫТАНИЮ

Рекомендуемые виды домовых грибов

3.1. Основные опыты по определению токсичности веществ для древесины и комбинированных строительных материалов рекомендуется проводить на чистой

культуре гриба Coniophora cerebella (Pers) Schroet. Этот гриб быстро растет и активно разрушает древесину в лабораторных условиях. Дополнительные испытания водорастворимых антисептиков для хвойных пород желательно проводить на чистых культурах белого и настоящего домовых грибов Coriolus vaporarius (Fr) Bond, Syn. Poria vaporario Bres. Hym.; Serpula lacrymans (Wulf ex. Er) Bond, Syn. Merulius lacrymans (Fr) и маслянистых антисептиков — на шпальном грибе Lentinus lepideus (Buxb) Syn. Lentinus squamosus (Schaeff) Quel, или на заборном грибе Gloeophyllum sepiarium (Wulf ex Fr.) Karst, syn. Lenzites sepiaria Wulf.

При подборе антисептиков для лиственных пород, например дуба, рекомендуется дубовая губка Daedaleae quercina, а для березы и бука — Polystictus versicolor (Linnaeus) Saccardo, Syn. Polyporus versicolor Linnaues ex Fries.

Получение, выращивание и хранение чистых культур домовых грибов

3.2. Чистые культуры домовых грибов выводят из плодовых тел, характерные особенности которых описаны в работах А. С. Болдарцева, Фалька и др., или получают из Института микробиологии АН СССР, ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко Госстроя СССР, Ленинградской лесотехнической академии или из институтов и университетов, имеющих микологические лаборатории.



Рис. 4. Пленчатый домовый гриб на среде Чапека-Докса через 3 дня после заражения

После проверки на истинность полученного вида, которую проводят на среде Чапека-Докса (рис. 4), их выращивают в пробирках или колбах на питательной среде из суслаагара, древесины или опилок. Молодые культуры представляют собой в зависимости от вида гриба скопление мицелия гриба светло-желтого или бе-

лого цвета. Пробирки или колбы должны быть хорошо закрыты ватными пробками, покрыты бумажной салфеткой и перевязаны резинкой (подобно тому как упаковывают в аптеках бутылки с лекарствами). Желательно, чтобы они были снабжены паспортом. В паспорте должны указываться возраст культуры, источник ее выведения и активность по отношению к заболони сосны, химически чистому фтористому натрию и каменноугольному шпалопрокатному маслу.

В случае получения пробирки с растрескавшимся, потемневшим мицелием или с мицелием, не однородным по своему цвету и структуре, а также с колониями бактерий или плесени в виде зеленых, розовых, желтых или черных точек, пользоваться культурой нельзя.

После получения культуры необходимо проверить ее чистоту. Для этой цели готовят сусло-агаровую среду (см. п.3.3), наливают ее в количестве 50 мл на дно колбы или чашки Петри, стерилизуют и заражают полученной культурой гриба. Заражение производят следующим образом: из полученной пробирки (или колбы) скальпелем или перевивочной иглой берут небольшой кусочек (1—2 мм^3) сусла-агара или древесины вместе с мицелием гриба и переносят в стерильных условиях на витаминизированную питательную среду. Сосуды с питательной средой и посевным материалом закрывают крыш-

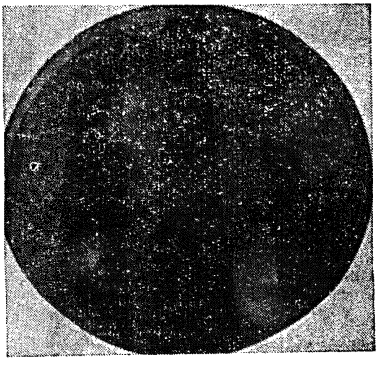


Рис. 5. Проверка чистоты посевного материала пленчатого домового гриба дала положительный результат

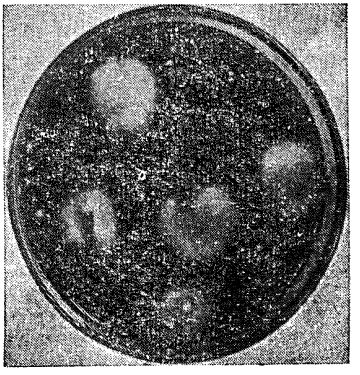


Рис. 6. Посевной материал пленчатого домового гриба загрязнен инородными микроорганизмами

кой или ватной пробкой и выдерживают в термостате при температуре +22±2°С. Если полученная культура гриба окажется чистой, то вокруг кусочка посевного материала на второй-третий день после заражения образуется радиальный мицелий в виде довольно правильного круга диаметром около 10—14 мм (рис. 5). В противном случае мицелий гриба будет расти нерадиально вокруг посевного материала, кроме того, на свободной поверхности питательной среды появятся отдельные самостоятельные колонии организма, загрязнившего посевной материал (рис. 6).

Назначение культур, выращивание посевного материала, сохранение чистых (музейных) культур

Музейные культуры грибов рекомендуется хранить в жизнедеятельном состоянии методом непрерывного культивирования. После проверки чистоты полученной

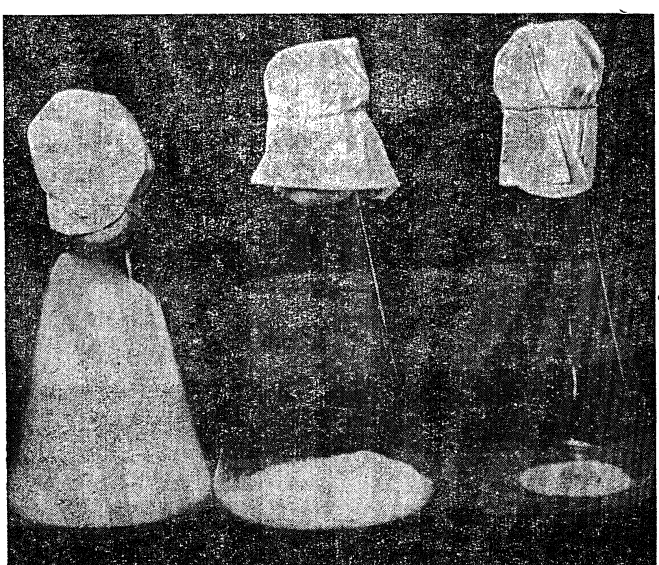


Рис. 7. Чистые культуры через 2 недели после заражения сусло-агаровой среды
1 — Goniophora cerebella; 2 — Polyporus vaporarius; 3 — Lenzites saepiaria

культуры выращивают посевной материал, а затем опытные культуры, т. е. культуры, на которых определяют токсичность антисептиков или степень биостойкости материалов.

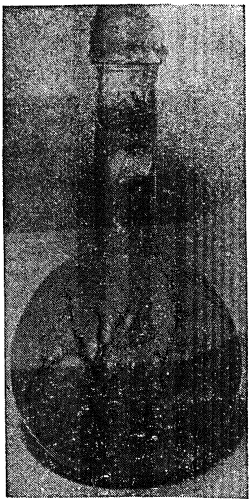
Проверка чистоты полученных культур, их непрерывное культивирование и выращивание посевного материала должны производиться на средах без радиоактивных изотопов, а выращивание опытных культур — на средах, содержащих радиоактивный изотоп.

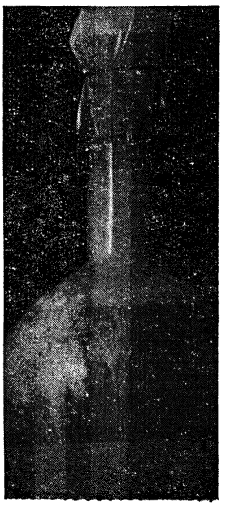
Выращивание посевного материала

На дно колбы наливают 25 мл витаминизированной питательной среды, закрывают ватной пробкой и бумажным колпачком, стерилизуют и после охлаждения поверх питательной среды помещают 150—200 стерильных навесок древесины малого размера (2×3×3 мм), колбу заражают чистой культурой гриба и выдерживают при температуре +22 ±2°С 6—8 дней. Если питательная среда и навески древесины покроются за это время плотным однородным бархатистым мицелием, посевной материал готов к употреблению (рис. 7). В противном случае колбу бракуют, посевной материал готовят вновь. При этом под микроскопом следует установить вид инфекции и принимать меры по ее ликвидации в соответствии с п. 4.4.

Музейные культуры

Музейные культуры поддерживают путем непрерывного культивирования гриба в лабораторных условиях. На дно колбы наливают 50 мл витаминизированной питательной среды, закрывают ее ватной пробкой и бумажным колпачком, стерилизуют и после охлаждения на поверхность питательной среды помещают 10—12 стерильных навесок древесины (10×10×10 мм), а затем заражают чистой культурой гриба и выдерживают при температуре +22 ±2°С 10 дней. За это время гриб должен заразить питательную среду и навески древесины и покрыть их плотным бархатистым мицелием однородного цвета. После этого в колбу вводят новую партию древесины такого же размера. В дальнейшем введение свежей древесины производят через каждые 40—50 дней. После заполнения 3/4 объема колбы пораженной древесиной, что происходит обычно через 10—12 мес, готовят новую колбу с сусла-агаровой средой, заражают ее чистой культурой и повторяют весь процесс сначала (рис. 8).





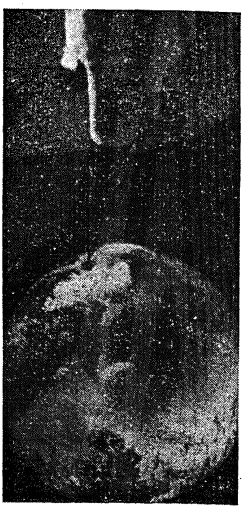


Рис. 8. Музейные культуры (возраст культур 5 мес)

1 — C. cerebella; 2 — P. vaporarius; 3 — Lentinus lepideus

Приготовление питательных сред для домовых грибов

Подготовка, стерилизация и хранение посуды и инструментов

3.3. Вновь полученную посуду моют водой при температуре 60—70°С со стиральным порошком, затем на 20 мин погружают в 2%-ный раствор соляной кислоты, промывают дистиллированной водой и сушат в сушильном шкафу в течение 30—40 мин при температуре 110±10°С.

Посуду, использованную при проведении биологических испытаний, помещают на 5 ч в один из следующих растворов: 5%-ный фенола, 2%-ный формалина, 5%-ный крезола или лизола. После этого посуду моют так же, как и вновь полученную.

Колбы, пробирки и чашки

Петри с культурами грибов погружают на сутки в 5%-ный раствор формалина, затем стерилизуют в автоклаве при 0,1 МПа и температуре 121°С в течение 1 ч, затем моют, как указано выше.

После мойки колбы, пробирки, пипетки, чашки Петри, эксикаторы и прочую посуду закрывают ватными пробками, завертывают в бумагу и стерилизуют в сушильном шкафу при температуре 150±10°С в течение 3—5 ч.

Стерильную посуду хранят в бумаге в специально отведенном для для этой цели отдельном шкафу.

Металлические инструменты моют, стерилизуют и хранят так же, как колбы, пробирки и другую стеклянную посуду.

Питательные среды для посевного материала и музейных культур домовых грибов

Для выращивания посевного материала и непрерывного культивирования гриба необходима витаминизированная сусла-агаровая среда (pH=5,6—6) следующего состава:

сусло жигулевское неохмеленное 15 баллингов, мл	1000
агар-агар, г	20
сухие пивные дрожжи, г	3
витамин B_{12} (цианкобаламин), мкг	200

Помимо сусла-агаровой среды для выращивания активного жизнедеятельного посевного материала необходим естественный источник питания в виде древесины из заболони сосны (или другой породы в зависимости от используемого вида гриба). Желательно, чтобы древесина была в виде довольно мелких навесок (2×2×3 мм). При заражении ими питательных сред для опытных культур их удобно брать пинцетом. Испытания показали, что мицелий гриба, находящийся внутри древесины, при этом почти не травмируется, что позволяет через 2—3 дня после заражения получить равномерно разросшиеся культуры гриба. На рис. 5 показаны навески древесины с образовавшимся вокруг них радиальным однородным мицелием гриба.

Музейные культуры домовых грибов необходимо выращивать на древесине. С этой целью на дно колбы дается очень небольшое количество витаминизированной сусла-агаровой среды, а затем гриб переводится на более крупные навески древесины, так как они не так быстро разрушаются грибом, как мелкие.

Питательные среды для непрерывного культивирова-

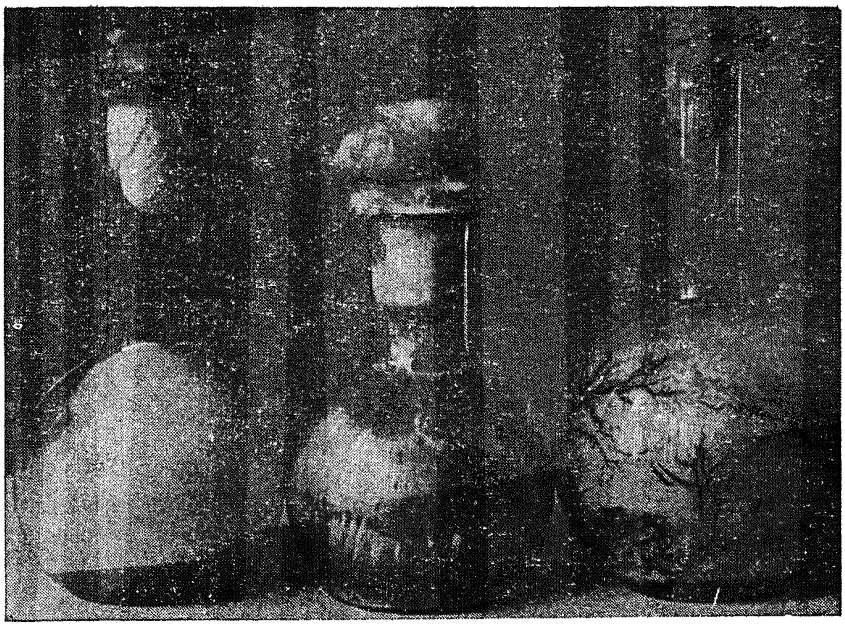


Рис. 9. Колбы для непрерывного культивирования и выращивания посевного материала

а — узкогорлая колба емкостью 750 мл, возраст культуры — 3 недели; *б* — широкогорлая колба емкостью 500 мл (рекомендуется для выращивания посевного материала); *в* — узкогорлая колба емкостью 1 л (рекомендуется для непрерывного культивирования гриба), возраст культуры 5 мес

ния грибов лучше всего наливать в плоскодонные круглые или конические колбы емкостью 1—2 л (см. рис. 7). Эти же колбы можно использовать при подготовке питательной среды, но они непригодны для выращивания посевного материала, из-за их высоты навески древесины приходится извлекать пинцетом (длиной 25 см). Поэтому питательную среду для посевного материала удобнее готовить в широкогорлых колбах емкостью 500 мл (рис. 9).

Колба, показанная на рис. 7,*в*, неудобна для выращивания посевного материала из-за высокого и узкого горла. Использовать ее для музейных культур тоже не рекомендуется, для этой цели она мала.

Технология изготовления витаминизированной питательной среды и стерилизация ее и древесины

Витаминизированную питательную сусло-агаровую среду готовят следующим образом: заранее взвешенное

необходимое количество агар-агара тщательно промывают, заливают водопроводной водой и вымачивают не менее 10—12 ч, затем его еще раз промывают, слегка отжимают и подсушивают на листе фильтровальной бумаги в течение 15—20 мин. После этого агар-агар помещают в колбу, заливают хорошо отфильтрованным неохмеленным пивным суслом*, содержащим 12—14 баллингов сахара, подогревают на водяной бане до полного растворения агар-агара и смешивают с дрожжами, витамином B_{12} и пр.

Приготовленную таким образом питательную среду тщательно размешивают и разливают в подготовленную для этой цели посуду: в колбы или пробирки или в стеклянные стаканчики для опытных культур (см. п. 5.5). Пробирки наполняют средой до 1/3 их объема, в колбы наливают 50 мл среды. Их закрывают ватными пробками и стерилизуют в автоклаве (рис. 10) при 0,5 ати в течение 30 мин или текучим паром. Стерилизация питательных сред текучим паром в кипятильнике Коха или металлическом стерилизаторе, оборудованном электроподогревом, газом или другим видом теплоэнергии, емкостью до 50 мл должна длиться 30 мин, а емкостью более 50 мл — 45 мин. Ее

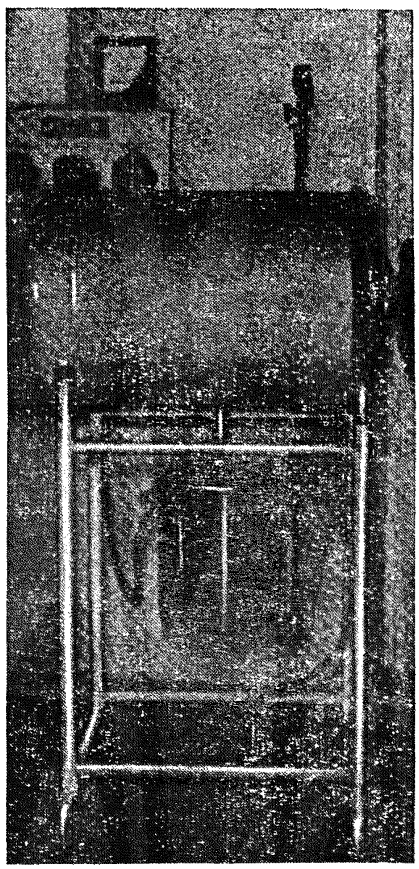


Рис. 10. Автоклав для стерилизации питательных сред и образцов

* Неохмеленное пивное сусло получают с пивоваренного завода или готовят сами по способу, предложенному З. А. Демидовой.

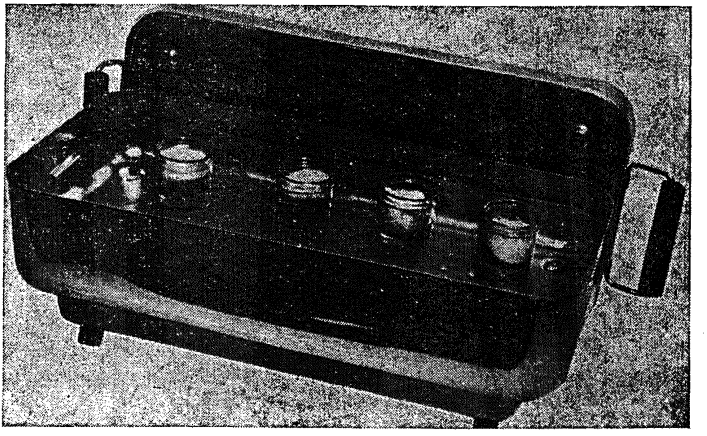


Рис. 11. Стерилизатор для выращивания культур гриба в стаканчи
ках и проведения биоиспытаний строительных материалов в про
изводственных условиях



Рис. 12. Перевивочная камера

необходимо повторить на
второй и третий день.

После стерилизации и
охлаждения бюкс с пита
тельной средой перенося
в перевивочную камеру
При наполнении пита
тельной средой пробиро
и колб следует обращат
внимание на то, чтобы на
их верхние края или на
наружные поверхности не
попадала питательная
среда, так как это способ
ствует загрязнению чис
тых культур инородными
микроорганизмами.

Стерилизация древе
сины должна произво
диться под давлением 1,
ати в течение 1,5—2 ч ил
методом дробной стерили
зации. Стерилизацию пи
тательных сред можн
производить в металличе

ском стерилизаторе (рис. 11) или кипятильниках (аппарате Коха).

Заражение питательных сред домовыми грибами

3.4. Заражение питательных сред для биоиспытаний производят в перевивочной камере (рис. 12) посевным материалом в виде отрезков древесины, пронизанных гифами гриба, в тот же день, когда их стерилизуют. В каждый сосуд с питательной средой помещают с помощью иглы, скальпеля, пинцета или щипцов одну пораженную грибом навеску древесины и помещают ее в центре колбы или любого другого культурального сосуда на поверхность агаризированной питательной среды, слегка утопив ее в ней. Все работы, связанные с чистыми культурами грибов, должны производиться в соответствии с мерами, способствующими предохранению чистых культур от загрязнения инородными микроорганизмами (см. п. 4.4).

4. ПОДГОТОВКА ЧИСТЫХ КУЛЬТУР ПЛЕСНЕВЫХ ГРИБОВ И ИХ СМЕСИ К ИСПЫТАНИЮ

Получение, выращивание и хранение чистых культур плесневых грибов

Характерные особенности культивирования плесневых грибов

4.1. Чистые культуры плесневых грибов получают из Института микробиологии АН СССР, биологического факультета Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова или других институтов, имеющих микологические лаборатории. Их поддерживают в жизнедеятельном состоянии периодическими пересевами (не реже одного раза в 3 мес). Музейную коллекцию культур необходимо обновлять один раз в три года.

Пересев культур плесневых грибов, так же как и домовых, производят в специальном боксе или в перевивочной камере.Чистые культуры плесневых грибов пересевают в пробирки со стерильной твердой питательной средой со скошенной поверхностью (на «косой агар»). Прежде чем произвести пересев, на расстоянии 3—4 см

от верхней части пробирки тушью делают надпись родового и видового названия гриба, дату пересева и порядковый номер пробирки. Все эти сведения записывают в журнал регистрации культур.

Пересев плесневых грибов в пробирки производят спорами с помощью бактериологической петли. Петлю изготовляют из проволоки (платиновой, хромовой, никелевой, молибденовой) диаметром 0,6±0,1 мм, длиной 120±20 мм, укрепленной в стеклянном или металлическом держателе.

Пробирки, засеянные спорами грибов, помещают в сушильный шкаф (термостат) при температуре 29±2°С и выдерживают в нем до появления зрелого спороношения. После созревания спор, не открывая пробок, просматривают под микроскопом каждую пробирку с культурой гриба с целью определения соответствия пересеянному виду и чистоты культуры. Для этой цели используют микроскоп, позволяющий просматривать пробирки не в проходящем, а в отраженном свете.

При первичном пересеве рекомендуется заразить одним и тем же видом гриба не менее 6 пробирок. Из одной пробирки делают вторичный пересев в необходимое для опыта количество «рабочих» пробирок, а пять остальных являются музейными культурами, предназначенными для сохранения чистых культур и получения из них (для последующих опытов) музейных и рабочих партий. Продолжительность пассажа музейных культур должна быть не более трех лет. Их хранят в холодильнике при температуре 6±3°С. Из пробирок рабочей партии получают водные споровые суспензии.

Приготовление суспензии спор грибов и контроль их жизнедеятельности

Суспензии спор готовят из чистых культур плесневых грибов возрастом от 14 до 28 сут, считая с момента пересева. Концентрация суспензии каждого вида гриба должна равняться 1—2 млн/мл. Для этого в пробирку, содержащую 15±0,5 мл стерильной дистиллированной воды или питательного раствора, переносят с помощью бактериологической петли споры грибов, взятые из пробирки с чистой культурой. При отборе спор из пробирки не следует касаться петлей питательной среды. Количество спор грибов в суспензии подсчитывают с помощью счетной камеры Горяева.

Необходимо проверять жизнеспособность каждого вида гриба. С этой целью в стерильных условиях в чашки Петри наливают среду Чапека-Докса с агаром и после остывания на ее поверхность стерильной пипеткой наносят три капли суспензии одного вида на расстоянии 4±1 мм одна от другой. Чашку закрывают крышкой и отмечают место прививки суспензии. Оставшуюся суспензию, если испытания ведут на одном виде, используют для заражения образца или, если испытывают образцы на смеси разных видов грибов, смешивают с суспензией других видов грибов, приготовленных аналогично.

Рекомендуемые виды плесневых грибов и методы испытаний на них

Виды плесневых грибов для изделий и деталей, содержащих целлюлозу, лигнин и гемицеллюлозу

4.2. В зависимости от химического состава и физико-механических свойств исследуемых материалов, деталей конструкций и изделий при биологических испытаниях используют разные виды плесневых грибов. Преимущество отдают тем видам, которые чаще всего их поражают и вызывают изменение химических и физико-механических свойств и их разрушение, а для некоторых деталей и изделий — изменение их внешнего (товарного) вида.

Образцы изделий и деталей, содержащих древесину (или ее компоненты), льняные, джуто-кенафные и прочие ткани, рекомендуется исследовать на водной суспензии спор чистых культур следующих видов: Aspergillus niger van Tieghem, Aspergillus terreus Thom, Aureobasidium pullulans (de Bary) Arnaud, Paecilomyces varioti Bainier, Penicillium funiculosum Thom, Penicillium ochro-chloron Biourge, Scopulariopsis brevicaulis Bainier, Trichoderma viride Pers. ex Fr.

Виды плесневых грибов для деталей, конструкций и изделий, содержащих полимерные материалы

Полимерные материалы исследуют на следующей смеси чистых культур плесневых грибов: Aspergillus

flaus Link ex Fr., Aspergillus niger van Tieghem, Aspergillus terreus Thom, Chaetomium globosum Kunze, Penicillium funiculosum Thom, Penicillium chrysogenum Thom, Penicillium cyclopium Westling, Trichoderma viride Pers ex Fr, Paecilomyces varioti Bainir.

Виды плесневых грибов для испытания лакокрасочных покрытий

Лакокрасочные покрытия на устойчивость к плесневым грибам исследуют на смеси следующих видов: Aspergillus niger van Tieghem, Aspergillus terreus Thom, Fusarium moniliforme Sheldon, Penicillium brevicompaktum Dirckx, Penicillium chrysogenum Thom, Penicillium ochro-chloron Biourge, Penicillium martensii Biourge, Trichoderma viride Pers. ex Er., Alternarie alternata (Er) Keisler.

Приготовление питательных сред для плесневых грибов

4.3. Для выращивания культур большинства плесневых грибов используют среду Чапека-Докса, сусло - агар и картофельно - декстрозную среду с агаром. Однако для Aspergillus peniciloides необходима сусло-агаровая среда с хлористым натрием, а Chaetomium globosum Kunze лучше хранить на агаровой картофельно-морковной среде с полосками фильтровальной бумаги. Длительное хранение остальных культур плесневых грибов следует производить на агаровой картофельно-морковной среде, сусле-агаре или на агаровой картофельно-декстрозной среде.

Состав и способ изготовления и стерилизации наиболее распространенных питательных сред приведены ниже.

Жидкая среда Чапека-Докса. В состав этой среды входят следующие реактивы: калий фосфорнокислый однозамещенный — 0,7 г; калий фосфорнокислый двузамещенный — 0,3 г; магний сернокислый — 0,5 г; натрий азотнокислый — 2 г; калий хлористый — 0,5 г; железо сернокислое закисное — 0,01 г; сахароза — 3 г; вода дистиллированная — до 1000 мл.

Навески перечисленных выше компонентов последовательно растворяют в колбе с 500 мл дистиллированной воды, хорошо перемешивают и добавляют дистиллированную воду до 1000 мл. Питательная среда должна иметь pH=6±0,5.

При значении pH выше 6±0,5 в среду добавляют 0,01 мл нормального раствора соляной кислоты.

Среда Чапека-Докса с агаром. В состав среды Чапека-Докса входят следующие реактивы: калий фосфорнокислый однозамещенный — 0,7 г; калий фосфорнокислый двузамещенный — 0,3 г; магний сернокислый — 0,5 г; натрий азотнокислый — 2 г; калий хлористый — 0,5 г; железо сернокислое закисное — 0,01 г; сахароза — 30 г, микробиологический агар — 20 г; вода дистиллированная — до 1000 мл. Ее готовят следующим образом: навески компонентов, за исключением сахарозы и агара, последовательно растворяют в колбе с 500 мл дистиллированной воды, тщательно перемешивают; в раствор добавляют агар и нагревают на водяной бане до полного расплавления агара. При нагревании колбу со средой взбалтывают. В полученную однородную массу добавляют сахарозу и тщательно перемешивают. Среда Чапека-Докса должна иметь pH = =6±0,5.

Сусло-агаровая среда состоит из неохмеленного пивного сусла, разбавленного дистиллированной водой до содержания сахара 5—6%. В разбавленное сусло добавляют 2% агара и нагревают до полного расплавления; pH среды — 6±0,5.

В сусло-агар с хлористым натрием входит неохмеленное неразбавленное сусло с содержанием сахара 16%. В сусло добавляют 10% хлористого натрия и 2% агара и нагревают до полного расплавления агара.

Картофельно-декстрозная среда. Для приготовления этой среды используют сырой картофель и глюкозу; 200 г очищенного картофеля отваривают в течение 1 ч в 1 л водопроводной воды; отвар процеживают через марлю в сухую чистую колбу, доливают до 1 л водопроводной водой, добавляют в отвар 20 г глюкозы и 20 г агара и нагревают до полного расплавления агара.

Картофельно-морковная среда. 200 г очищенного сырого картофеля и 200 *г* очищенной сырой моркови вместе отваривают в течение 1 ч в 1 л водопроводной воды, добавляют 20 *г* агара и нагревают все вместе до расплавления агара.

Среды в расплавленном состоянии разливают в пробирки на 2/3 их объема для последующего розлива в чашки Петри и на 1/3 их объема для выращивания грибов в пробирках. Жидкие среды разливают в колбы.

Смачивание края пробирок и ватных пробок недопустимо. Пробирки и колбы закрывают ватными пробками и стерилизуют в автоклаве. Среды, содержащие сахарозу и пивное сусло, стерилизуют при давлении 50 кПа и температуре 112°С в течение 20—30 мин, не содержащие сахарозу и пивное сусло — при давлении 0,1 МПа и температуре 121°С в течение 15—20 мин. Пробирки, заполненные на 1/3 объема, размещают под углом 25—50° к горизонтальной поверхности для получения скошенной поверхности агара при застывании среды.

Меры, способствующие предохранению чистых культур грибов от загрязнения инородными микроорганизмами

Мероприятия общего порядка

4.4. Все работы, связанные с чистыми культурами грибов (приготовление питательных сред, их заражение чистыми культурами грибов, выращивание и закладка образцов на подготовленные к опыту чистые культуры), должны производиться в отдельных специально оборудованных для этих целей помещениях. Стены их на высоту до 2 м должны быть покрыты масляной краской, а пол застлан линолеумом.

Приготовление питательных сред и их стерилизация должны производиться в автоклавной комнате (площадью 12 м^2), снабженной электроэнергией, водопроводно-канализационной и вентиляционной системами. В ней помимо автоклава, кипятильников и стерилизаторов могут находиться глубокие раковины или ванны для мойки посуды, большой стол, покрытый легкомоющимся материалом (линолеумом или пластиком), приспособления для сушки посуды, стенные застекленные шкафы для хранения запаса посуды.

Заражение питательных сред чистыми культурами грибов желательно производить в отдельной комнате площадью 6 м^2 и высотой 2 м с потолками и стенами, полностью покрытыми масляной или эмалевой краской.

В перевивочной комнате должны находиться только перевивочная застекленная камера размером 80×60×80 см, стол, покрытый легкомоющимся материалом, и 1—2 стула.

Желательно, чтобы к перевивочной комнате примы-

кала такая же небольшая, но изолированная культуральная комната, снабженная приточно-вытяжной вентиляцией и настенными застекленными шкафами, расположенными вдоль и на всю высоту стен комнаты. Шкафы нужны для хранения культур гриба перед испытанием и в процессе его. Также желательно иметь небольшую отдельную комнату для приготовления пропиточных растворов, пропитки образцов и такую же для их взвешивания.

Пропиточное помещение необходимо оборудовать вытяжным шкафом, водопроводной раковиной с 2—3 кранами, большим лабораторным столом и шкафами для антисептиков и лабораторной посуды. В весовой комнате необходимо поддерживать постоянные температуру и влажность воздуха. Ее оборудование должно состоять из столов, опирающихся на фундамент или фундаментные стены, и весы разных типов: аналитические, технические, чашечные и торзионные.

Санитарный узел указанных помещений должен быть оборудован душевым устройством, стиральной машиной и шкафами для чистых и грязных халатов, полотенец и верхней одежды.

К помещению для камеральных работ особых требований не предъявляется.

Санитарно-гигиенические мероприятия

Весь персонал на время работ, связанных с подготовкой чистых культур грибов и определения с их помощью токсичности антисептиков, должен надевать белые чистые халаты, волосы закрывать косынкой или колпаком, часто мыть руки и лицо.

Перед постановкой опыта с чистыми культурами необходимо тщательно вымыть горячей водой с содой и мылом потолки, стены и полы перевивочной и культуральных комнат, а также наружную и внутреннюю поверхности бокса, столов, шкафов и прочего оборудования, находящегося в этих комнатах.

За сутки до начала работ с чистыми культурами необходимо продезинфицировать 2%-ным формалином наружную и внутреннюю поверхности стен бокса и рабочего стола, а за несколько минут до начала перевивки культур протереть внутренние поверхности бокса спиртом.

Все необходимые инструменты и посуду, которые

могут потребоваться при постановке опыта, следует тщательно вымыть с мылом и содой, высушить, завернуть в бумагу и простерилизовать в течение 2 ч при температуре 100°С.

Руки перед началом работ с культурами гриба сначала моют мылом и щеткой горячей водой, осушают стерильными салфетками из фильтровальной бумаги, а затем протирают спиртом или 2%-ным формалином.

Эксикаторы стерилизуют в сушильном шкафу при 100°С в течение 4 ч.

Перед закладкой культур поверхности колб и эксикаторов надо протереть спиртом, а ватные пробки и горла колб перед помещением инфекционного материала или исследуемых образцов и после него следует обжечь на пламени спиртовой горелки. Образцы древесины, антисептированные и контрольные, перед помещением на культуры гриба должны быть простерилизованы. Для этого их завертывают в бумажные салфетки и в зависимости от вида антисептика подвергают в течение 40 мин действию текучего пара или прогревают в сушильном шкафу при 60°С в течение 4 ч 3 дня подряд.

Заражение питательных сред чистыми культурами и закладку образцов на них следует производить только в боксе. Перед помещением на культуру образцы вынимают из бумажных салфеток и быстро проводят над пламенем горелки.

То же самое делают с пинцетами, иглами и другими используемыми инструментами. После окончания работ из бокса и перевивочной комнаты сразу же надо убрать использованные (и неиспользованные) питательные среды, культуры, инструменты, посуду, бумажные салфетки и др. Инструменты, посуду и все рабочие поверхности бокса, столов и пола моют так же, как и перед началом работы.

В перевивочной, культуральной и автоклавных комнатах нельзя принимать пищу, курить, хранить съестные припасы, книги. В них должна поддерживаться чистота.

Во избежание загрязнения помещений работающие должны находиться в перевивочной и культуральной комнатах не дольше, чем это необходимо для перевивки культур, закладки образцов, проведения биологических наблюдений и уборки помещения.

Питательные среды и образцы с развившейся на них инородной флорой (плесенью, бактериями и т. п.), а

также использованные после опыта культуры гриба во избежание разнесения инфекции перед удалением питательных сред и мойки посуды, не открывая ватных пробок, подвергают нагреванию в течение 2 ч в кипящей воде или автоклаве. С этой же целью в каждую колбу, пробирку или стаканчик можно вводить несколько капель (3—5%) формалина. Это надо делать с большими предосторожностями в подсобном помещении, а не в перевивочной и не в культуральной комнатах, потому что споры плесневых грибов при открывании пробок могут вылететь из пробирки и заразить воздух рабочего помещения, что весьма нежелательно, так как способствует засорению чистых культур.

5. ПОЛУЧЕНИЕ МЕЧЕНЫХ КУЛЬТУР ГРИБОВ И ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ НА НИХ

Рекомендуемые радиоактивные индикаторы и их свойства

5.1. Наиболее удобными радиоактивными индикаторами для выращивания меченых культур грибов по биохимическим и физическим свойствам являются радиоактивный изотоп фосфора P^{32} и радиоактивный изотоп серы S^{35} (табл. 4). Их рекомендуют использовать в виде двузамещенного фосфата натрия (Na_2HPO_4) и сернокислого натрия (Na_2SO_4). Оба эти соединения принимают широкое участие в построении грибной клетки и связанных с этим обменных процессах, а потому легко усваиваются дереворазрушающими грибами. Фосфор входит в состав нуклеопротеидов, которые имеются в ядре и цитоплазме грибной клетки; сера содержится в тиамине и биотине — в витаминах,

Таблица 4

Радиоактивный изотоп	Символ	Период полураспада, дни	Характер излучения	Энергия излучения, Мэв	
				частиц	гамма-лучей
Фосфор	15 P^{32}	14,295	β^-	1,708±0,008	Нет
Сера	16 S^{35}	87,1	β^-	0,1691± ±0,0005	Нет

являющихся основной частью ферментной системы грибов. Наиболее важная роль тиамина заключается в регуляции углеводного обмена. Пирофосфорный эфир тиамина является коферментом карбоксилазы — одного из основных ферментов дереворазрушающих грибов. Биотин — специфический витамин, регулирующий дыхательный процесс.

Радиоактивный изотоп фосфора P^{32}, пригодный для работы методом меченых атомов, получают в результате облучения серы и хлора быстрыми нейтронами или при облучении фосфора дейтронами и медленными нейтронами, а также при облучении серы дейтронами. Он является жестким бета-излучателем и при распаде испускает отрицательно заряженные бета-частицы с максимальной энергией 1,701 Мэв. Период полураспада P^{32} составляет 14,3 дня. Он может содержать следующие химические и радиоактивные примеси: $Zn^{65} \approx \approx 0{,}02\%$, $Fe^{55} \approx 2 \times 10^{-4}\%$, $Fe^{59} \approx 5 \times 10^{-4}\%$. Препарат двузамещенного фосфата натрия представляет собой бесцветный раствор, изготовленный из $H_3P^{32}O^4$, и содержащий 5—10 мг/мл фосфора при pH=8—9,6. Общая активность стандартной порции, поставляемой по требованию заказчика, может составлять 1, 5, 25, 100, 300 мкюри, а удельная активность препарата — от 1 до 5 мкюри/мл. С точки зрения техники безопасности и удобства выращивания меченых культур грибов целесообразно заказывать P^{32} в виде небольших порций в 1 мкюри, максимум 5 мкюри, при удельной активности препарата от 0,5 до 3 мкюри/мл. Следует иметь в виду, что через 8 периодов полураспада (т. е. через 4 мес) образцы культур и древесины, меченные этим изотопом, практически теряют радиоактивные свойства.

Радиоактивный изотоп серы S^{35} может быть получен облучением хлора и серы нейтронами и дейтронами. Он обладает мягким бета-излучением и испускает отрицательно заряженные бета-частицы максимальной энергией 0,167 Мэв; период его полураспада составляет 87,1 дня, поэтому он может быть использован в длительных опытах (12—15 мес). Препарат Na_2SO_4 — прозрачный водный раствор, содержащий от 2 до 15 мг/мл сернокислого натрия при pH=6—7. Удельная активность препарата 1—10 мккюри/мл; поставляемые стандартные порции такие же, как и для P^{32}.

Удельная активность питательной среды

5.2. Радиоактивные изотопы при использовании их в виде радиоактивных индикаторов не должны оказывать на дереворазрушающие грибы токсического или стимулирующего действия. Поэтому использовать их следует в строго определенных количествах, не допуская отклонений от проверенных и указанных ниже дозировок, так как при увеличении концентрации они, как видно из табл. 5, могут затормозить рост гриба и интенсивность разрушения древесины и других исследуемых материалов. Уменьшение концентрации изотопа в исследуемой среде может затемнить картину опыта (особенно если используется недостаточно чувствительная аппаратура) и показать отсутствие поражения там, где оно имеется.

Таблица 5

Радиоактивный изотоп	Удельная активность питательной среды, мккюри/мл	Средняя потеря массы, %	Радиоактивный изотоп	Удельная активность питательной среды, мккюри/мл	Средняя потеря массы, %
P^{32}	0,1	28,28	S^{35}	0,2	26,62
P^{32}	0,2	28,22	S^{35}	0,6	26,37
P^{32}	0,6	28,2	S^{35}	6	25,38
P^{32}	6	24,81	S^{35}	12	24,39
P^{32}	30	0	S^{35}	30	23,31
Контроль	0	28,3	Контроль	0	26,6

Для опытов длительностью до 2 мес следует использовать питательные среды, исходная удельная активность которых для P^{32} равна 0,2 мккюри/мл, а S^{35} — 0,3—0,6 мккюри/мл*.

Расчет поправки на радиоактивный распад

Уравнение радиоактивного распада

5.3. Радиоактивные изотопы не стабильны во времени, поэтому при работе с ними необходимо учитывать изменение активности их излучения со временем и вводить поправку на радиоактивный распад.

* Удельная активность питательных сред с P^{32} может быть увеличена до 0,3 мккюри/мл, а S^{35} — до 8 мккюри/мл, однако с точки зрения техники безопасности такое увеличение нежелательно.

Химреактивсбыт поставляет препараты радиоактивных веществ определенной, точно измеренной активности. Активность препарата определяется на день его изготовления или в тот день, когда изотоп представляют в лабораторию. В этом случае, если день поступления радиоизотопа совпадает с началом опыта, введение поправки на радиоактивный распад может и не потребоваться. Такое совпадение, однако, дело случайное, так как поставщик указывает время поставки изотопа приблизительно, поэтому даты получения изотопа и начала опыта обычно не совпадают.

Введение радиоактивного изотопа в питательную среду с большей или меньшей активностью излучения, чем рекомендуется в настоящей работе, делает результаты, получаемые в разных испытаниях, несопоставимыми. Кроме того, введение в питательную среду радиоактивного изотопа большей активности, чем это необходимо, может вредно отразиться на развитии культуры гриба и к тому же потребует введения поправочных коэффициентов на работу пересчетных приборов радиометрической аппаратуры, что нельзя признать целесообразным. Применение изотопов с недостаточной активностью затрудняет или даже совсем исключает возможность получения достоверных данных, так как имеющаяся в промышленности аппаратура не сможет зафиксировать излучения из-за слабой активности.

Поэтому, исходя из активности полученного препарата, необходимо определить его удельную активность к началу опыта для того, чтобы можно было приготовить питательную среду определенной активности (0,1 или 0,2 мккюри/мл P^{32}; 6 или 9 мккюри/мл S^{35}).

Часто необходимо знать активность питательной среды и к концу опыта, для того чтобы решить, сможет ли радиометрическая аппаратура при данной исходной активности препарата зафиксировать излучение.

Для правильного и быстрого производства расчетов необходимо вычислить величину поправочного коэффициента на радиоактивный распад.

Уравнение радиоактивного распада имеет следующий вид:

$$N_t = N_0 e^{-\lambda t}, \qquad (6)$$

где λ — константа распада;

N_t — число атомов простого радиоактивного вещества в момент времени t;

e — основание натуральных логарифмов;

N_0 — исходное число атомов простого радиоактивного вещества в момент времени $t=0$; $N_0>N_t$.

Изменение числа радиоактивных атомов во времени показано на рис. 13 (кривая А), где по оси абсцисс отложено время в единицах полураспада, а по оси ординат — количество радиоактивного вещества N_t в начальный момент времени $N_t=N_0$.

Вычисление величины поправки, равной $e^{\lambda t}$, связано с некоторой затратой времени. Для упрощения подсчета был разработан универсальный метод вычисления поправочного коэффициента на радиоактивный распад для всех радиоактивных изотопов, обладающих различными периодами полураспада. Поскольку $e^{-\lambda t}=\frac{1}{e^{\lambda t}}$, уравнение (6) может быть переписано в таком виде:

$$N_t e^{\lambda t} = N_0$$

или

$$\frac{N_0}{N_t} = e^{\lambda T} = K,$$

где K — коэффициент, равный отношению радиоактивного числа атомов N_0 в начальный период к их числу, которое будет иметься в веществе через время t; для того чтобы получить величину N_t, следует значение N_0 разделить на коэффициент $K=e^{\lambda t}$, который и представляет собой поправку на радиоактивный распад.

При расчетах поправочного коэффициента K исходят из того, что через период времени t, равный времени полураспада T, количество радиоактивного вещества уменьшится вдвое, т. е. $N_t=\frac{1}{2}N_0$. При подстановке этих величин в исходное уравнение, которое переписано в виде

$$N_0 = N_t e^{\lambda T}, \qquad (7)$$

получим $N_0=\frac{N_0}{2}e^{\lambda T}$. Разделив обе части уравнения на N_0 и умножив на 2, получим $e^{\lambda T}=2$.

Логарифмируя $\lambda T=\ln 2$, получим

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T} = \frac{0{,}693}{T}.$$

Тогда выражение для коэффициента K принимает вид

$$K = e^{\frac{0,693}{T}t},$$

где t выражается в долях времени полураспада T, т. е. при этом определяется величина $K = e^{0,693\tau}$, где отношение $\frac{t}{T} = \tau$ является отвлеченным числом, не зависящим от того, в каких единицах измеряется время, хотя при этом t и T должны измеряться в одних и тех же единицах измерений времени: минутах, днях и т. д.

Значение таких поправок является постоянным и может быть вычислено для интервалов времени t, выраженных в долях T. Это делается следующим образом:

выражают время t в долях периода полураспада T;

находят значение показателя $x = 0,693 \frac{t}{T}$;

находят, пользуясь таблицами значений показательной функции e^x, значение поправки K (табл. 6).

Таблица 6

Время t, выраженное в долях периода полураспада T	Значение показателя степени $x = 0,693 \frac{t}{T}$	Значение поправки на радиоактивный распад $e^x = e^{0,693 \frac{t}{T}} = K$
0	$0,693 \cdot 0 = 0$	$e^0 = 1 = 1$
0,01	$0,693 \cdot 0,01 = 0,00693$	$e^{0,00693} = 1,0069 \approx 1,007$
0,1	$0,693 \cdot 0,1 = 0,0693$	$e^{0,0693} = 1,0725 \approx 1,07$
1	$0,693 \cdot 1 = 0,693$	$e^{0,693} = 1,9997 \approx 2$
		и т. д.

Значения поправочных коэффициентов на радиоактивный распад, вычисленные для разных значений времени с точностью до второго знака, приведены в табл. 7. Для первых двух периодов полураспада от $t = 0$ до $t = 2T$ расчет был произведен для интервалов времени $\Delta t = 0,01\ T$.

Для третьего и четвертого периодов полураспада (от $t = 2T$ до $t = 4T$) расчет проведен для интервалов времени $\Delta t = 0,05T$, а для пятого и шестого периодов полураспада (от $t = 4T$ до $t = 6T$) — для интервалов времени $\Delta t = 0,01T$.

Для удобства подсчета могут быть использованы таблицы поправок на радиоактивный распад K. В табл. 7 даны значения величины K для различных значений времени t, выраженного в долях периода полураспада T.

На оси абсцисс рис. 13, характеризующей график поправок на радиоактивный распад, отложено время в долях периода полураспада T. По оси координат на графиках I, II, III отложены величины поправок K для различных значений T. Величины поправок нанесены по вертикали справа от графиков I, II, III. При пользовании графиком для данного значения времени (например, для $t=4{,}2T$) ищем место пересечения ординаты с кривой и затем ведем отсчет справа от места пересечения (для нашего случая $K=18$).

В том случае, если время t выражено не в величинах полураспада, а в обычных единицах измерения времени — днях, часах и т. д., значения поправочного коэффициента K будут различными для разных радиоизотопов, поскольку величина K зависит от времени

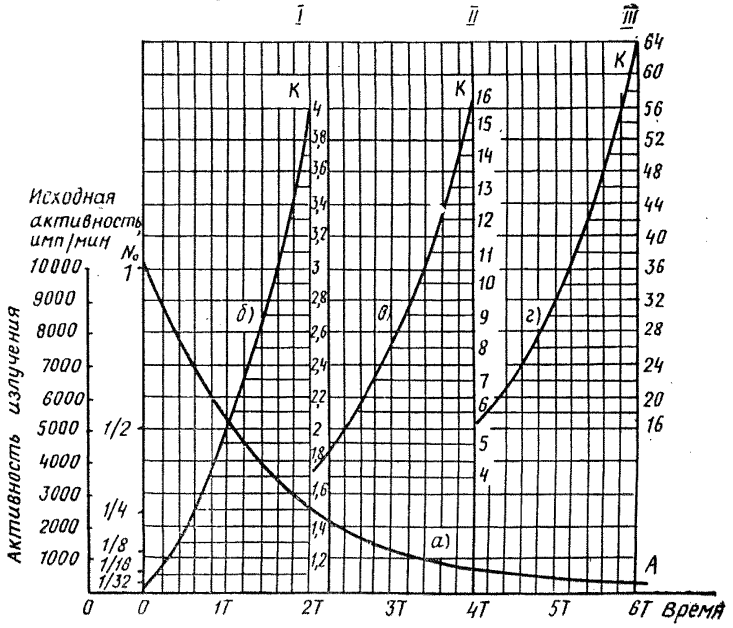


Рис. 13. График поправок на радиоактивный распад

N_0 — исходная активность препарата (образца); A — активность препарата (образца) через интервал времени T

Таблица 7

$\frac{t}{T}$	K	$\frac{t}{T}$	K	$\frac{t}{T}$	K	$\frac{t}{T}$	K
0	1	0,48	1,39	0,96	1,94	1,44	2,7
0,01	1,007	0,49	1,4	0,97	1,95	1,45	2,72
0,02	1,01	0,5	1,41	0,98	1,97	1,46	2,75
0,03	1,02	0,51	1,42	0,99	1,99	1,47	2,77
0,04	1,03	0,52	1,43	1	2	1,48	2,78
0,05	1,03	0,53	1,44	1,01	2,01	1,49	2,8
0,06	1,04	0,54	1,45	1,02	2,02	1,5	2,82
0,07	1,05	0,55	1,46	1,03	2,03	1,51	2,84
0,08	1,06	0,56	1,47	1,04	2,04	1,52	2,86
0,09	1,06	0,57	1,49	1,05	2,05	1,53	2,88
0,1	1,07	0,58	1,5	1,06	2,07	1,54	2,9
0,11	1,08	0,59	1,51	1,07	2,09	1,55	2,92
0,12	1,09	0,6	1,52	1,08	2,1	1,56	2,94
0,13	1,1	0,61	1,53	1,09	2,11	1,57	2,96
0,14	1,11	0,62	1,54	1,1	2,13	1,58	2,98
0,15	1,11	0,63	1,55	1,11	2,14	1,59	3
0,16	1,12	0,64	1,56	1,12	2,15	1,6	3,02
0,17	1,13	0,65	1,57	1,13	2,17	1,61	3,04
0,18	1,14	0,66	1,58	1,14	2,19	1,62	3,06
0,19	1,14	0,67	1,59	1,15	2,2	1,63	3
0,20	1,15	0,68	1,6	1,16	2,22	1,64	3,1
0,21	1,16	0,69	1,61	1,17	2,24	1,65	3,12
0,22	1,16	0,7	1,62	1,18	2,25	1,66	3,15
0,23	1,17	0,71	1,63	1,19	2,27	1,67	3,17
0,24	1,18	0,72	1,64	1,2	2,29	1,68	3,19
0,25	1,19	0,73	1,65	1,21	2,31	1,69	3,2
0,26	1,19	0,74	1,67	1,22	2,32	1,7	3,2
0,27	1,2	0,75	1,68	1,23	2,33	1,71	3,2
0,28	1,21	0,76	1,69	1,24	2,34	1,72	3,2
0,29	1,22	0,77	1,7	1,25	2,36	1,73	3,3
0,3	1,23	0,78	1,71	1,26	2,38	1,74	3,3
0,31	1,24	0,79	1,72	1,27	2,4	1,75	3,3
0,32	1,25	0,8	1,73	1,28	2,42	1,76	3,3
0,33	1,25	0,81	1,74	1,29	2,44	1,77	3,4
0,34	1,26	0,82	1,75	1,3	2,46	1,78	3,4
0,35	1,27	0,83	1,77	1,31	2,47	1,79	3,4
0,36	1,28	0,84	1,79	1,32	2,49	1,8	3,4
0,37	1,29	0,85	1,8	1,33	2,51	1,81	3,4
0,38	1,3	0,86	1,81	1,34	2,53	1,82	3,5
0,39	1,31	0,87	1,82	1,35	2,54	1,83	3,5
0,4	1,32	0,88	1,84	1,36	2,56	1,84	3,5
0,41	1,33	0,89	1,85	1,37	2,58	1,85	3,5
0,42	1,34	0,9	1,86	1,38	2,59	1,86	3,6
0,43	1,34	0,91	1,88	1,39	2,61	1,87	3,6
0,44	1,35	0,92	1,89	1,4	2,63	1,88	3,6
0,45	1,36	0,93	1,9	1,41	2,64	1,89	3,6
0,46	1,37	0,94	1,92	1,42	2,66	1,9	3,7
0,47	1,38	0,95	1,93	1,43	2,68	1,91	3,7

Продолжение табл. 7

$\frac{t}{T}$	K	$\frac{t}{T}$	K	$\frac{t}{T}$	K	$\frac{t}{T}$	K
1,92	3,78	3	8	4,4	21,12	5,85	55,79
1,93	3,8	3,05	8,25	4,45	21,76	5,9	57,4
1,94	3,82	3,1	8,58	4,5	22,65	5,95	59,74
1,95	3,85	3,15	8,93	4,55	23,34	6	62,18
1,96	3,88	3,2	9,21	4,6	24,29	7	64
1,97	3,91	3,25	9,52	4,65	25,03	8	128
1,98	3,94	3,3	9,87	4,7	26,05	9	256
1,99	3,97	3,35	10,18	4,75	26,84	10	512
2	4	3,4	10,54	4,8	27,94		1026
2,05	4,16	3,45	10,91	4,85	28,79		
2,1	4,31	3,5	11,36	4,9	29,96		
2,15	4,44	3,55	11,71	4,95	30,88		
2,2	4,57	3,6	12,06	5	32		
2,25	4,73	3,65	12,55	5,05	33,12		
2,3	4,9	3,7	12,94	5,1	34,12		
2,35	5,1	3,75	13,4	5,15	35,52		
2,4	5,26	3,8	13,87	5,2	36,6		
2,45	5,47	3,85	14,39	5,25	38,09		
2,5	5,64	3,9	14,88	5,3	39,25		
2,55	5,81	3,95	15,49	5,35	40,45		
2,6	6,05	4	16	5,4	42,1		
2,65	6,27	4,05	16,45	5,45	43,38		
2,7	6,49	4,1	17,12	5,5	45,15		
2,75	6,73	4,15	17,81	5,55	46,53		
2,8	6,96	4,2	18,17	5,6	48,42		
2,85	7,17	4,25	18,92	5,65	49,9		
2,9	7,46	4,3	19,69	5,7	51,94		
2,95	7,76	4,35	20,4	5,75	53,52		
				5,8			

полураспада T, имеющей разное значение для различных радиоактивных веществ.

При этом возможно, однако, заранее по величине времени подсчитать для каждого изотопа в отдельности величины $x=0{,}693$ и K, что позволяет, пользуясь таблицами, сразу же определять величину K для данного времени t.

В табл. 8 приведены значения поправочного коэффициента (подсчитанные И. Н. Верховской для некоторых радиоизотопов, вычисленные через интервал времени $t=0{,}01\ T$). Величины $\frac{t}{T}$ и K помещены в графах 1 и 2. При определении коэффициента K по величине t, которую находят в одной из граф для данного изотопа, в графе 2 читают значение K. Для удобства в таблице даны значения интервалов времени в

Таблица 8

Изотоп		Na^{24}	P^{32}	Ca^{45}
Период полураспада T		14,8 ч	14,3 дня	180 дней
$t=0{,}01\ T$		0,148 ч	0,143 дня	1,8 дня
$\frac{t}{T}$	K	ч	дни	дни
0	1	0	0	0
0,01	1,007	0,15	0,14	1,8
0,02	1,01	0,3	0,29	3,6
0,03	1,02	0,44	0,43	5,4
0,04	1,03	0,59	0,57	7,2
0,05	1,03	0,74	0,72	9
0,06	1,04	0,89	0,86	10,8
0,07	1,05	1,04	1	12,6
0,08	1,06	1,18	1,14	14,4
0,09	1,06	1,33	1,29	16,2
0,1	1,07	1,48	1,43	18
0,11	1,08	1,63	1,57	19,8
0,12	1,09	1,78	1,72	21,6
0,13	1,1	1,92	1,86	23,4
0,14	1,11	2,07	2	25,2
0,15	1,11	2,22	2,15	27
0,16	1,12	2,37	2,29	28,8
0,17	1,13	2,52	2,43	30,6
0,18	1,14	2,66	2,57	32,4
0,19	1,14	2,81	2,72	34,2
0,20	1,15	2,96	2,86	36
0,21	1,16	3,11	3	37,8
0,22	1,16	3,26	3,15	39,6
0,23	1,17	3,4	3,29	41,4
0,24	1,18	3,55	3,43	43,2
0,25	1,19	3,7	3,58	45
0,26	1,19	3,85	3,72	46,8
0,27	1,2	4	3,86	48,6
0,28	1,21	4,14	4	50,4
0,29	1,22	4,29	4,15	52,2
0,3	1,23	4,44	4,29	54
0,31	1,24	4,59	4,43	55,8
0,32	1,25	4,74	4,58	57,6
0,33	1,25	4,88	4,72	59,4
0,34	1,26	5,03	4,86	61,2
0,35	1,27	5,18	5,01	63
0,36	1,28	5,33	5.16	64,8
0,37	1,29	5,48	5,29	66,6
0,38	1,3	5,62	5,43	68,4
0,39	1,31	5,77	5,58	70,2
0,4	1,32	5,92	5,72	72
0,41	1,33	6,07	5,86	73,8
0,42	1,34	6,22	6,01	75,8
0,43	1,34	6,36	6,15	77,4
0,44	1,35	6,51	6,29	79,2

Продолжение табл. 8

Изотоп		Na^{24}	P^{32}	Ca^{45}
Период полураспада T		14,8 ч	14,3 дня	180 дней
$t=0{,}01\ T$		0,148 ч	0,143 дня	1,8 дня
$\frac{t}{T}$	K	ч	дни	дни
0,45	1,36	6,66	6,44	81
0,46	1,37	6,81	6,58	82,8
0,47	1,38	6,96	6,72	84,6
0,48	1,39	7,1	6,86	86,4
0,49	1,4	7,25	7,01	88,2
0,5	1,41	7,4	7,15	90
0,51	1,42	7,55	7,29	91,8
0,52	1,43	7,7	7,44	93,6
0,53	1,44	7,84	7,58	95,4
0,54	1,45	7,99	7,72	97,2
0,55	1,46	8,14	7,86	99
0,56	1,47	8,29	8,01	100,8
0,57	1,49	8,44	8,15	102,6
0,58	1,5	8,58	8,29	104,4
0,59	1,51	8,73	8,44	106,2
0,6	1,52	8,88	8,58	108
0,61	1,53	9,03	8,72	109,8
0,62	1,54	9,18	8,87	111,6
0,63	1,55	9,32	9,01	113,4
0,64	1,56	9,47	9,15	115,2
0,65	1,57	9,62	9,29	117
0,66	1,58	9,77	9,43	118,8
0,67	1,59	9,92	9,58	120,6
0,68	1,6	10,06	9,72	122,4
0,69	1,61	10,21	9,86	124,2
0,7	1,62	10,36	10,01	126
0,71	1,63	10,51	10,15	127,8
0,72	1,64	10,66	10,29	129,6
0,73	1,65	10,8	10,43	131,4
0,74	1,67	10,95	10,58	133,2
0,75	1,68	11,1	10,72	135
0,76	1,69	11,25	10,86	136,8
0,77	1,7	11,4	11,01	138,6
0,78	1,71	11,54	11,15	140,4
0,79	1,72	11,69	11,29	142,2
0,8	1,73	11,84	11,44	144
0,81	1,74	11,99	11,58	145,8
0,82	1,75	12,14	11,72	147,6
0,83	1,77	12,28	11,86	149,4
0,84	1,79	12,43	12,01	151,2
0,85	1,8	12,58	12,15	153
0,86	1,81	12,73	12,29	154,8
0,87	1,82	12,88	12,44	156,6
0,88	1,84	13,02	12,58	158,4
0,89	1,85	13,17	12,72	160,2

Продолжение табл. 8

Изотоп		Na^{24}	P^{32}	Ca^{45}
Период полураспада T		14,8 ч	14,3 дня	180 дней
$t=0{,}01\ T$		0,148 ч	0,143 дня	1,8 дня
$\frac{t}{T}$	K	ч	дни	дни
0,9	1,86	13,32	12,87	162
0,91	1,88	13,47	13,01	163,8
0,92	1,89	13,62	13,15	165,6
0,93	1,9	13,76	13,29	167,4
0,94	1,92	13,91	13,44	169,2
0,95	1,93	14,06	13,58	171
0,96	1,94	14,21	13,72	172,8
0,97	1,95	14,36	13,87	174,6
0,98	1,97	14,5	14,01	176,4
0,99	1,99	14,65	14,16	178,2
1	2	14,8	14,3	180
2	4	29,6	28,6	360
3	8	44,4	42,9	540,6
4	16	59,2	57,2	720
			и т. д.	

часах или днях, что позволяет определить без вычисления, на основании данных о прошедшем времени t значения $\frac{t}{T}$ и K. Например, из графы 4 табл. 8 видно, что для фосфата P^{32} через 5,16 дня после начала работы величина поправочного коэффициента $K=1{,}28$.

Примеры основных расчетов, неизбежных при работе с радиоактивными веществами, приводятся ниже.

Нахождение поправочного коэффициента

Поправку на радиоактивный распад K, если от начала опыта прошло время t (например, 4 сут), вычисляем следующим образом. По табл. 8 находим период полураспада интересующего нас изотопа (например, P^{32}).

Для P^{32} $T=14{,}3$ дня:

определяем, какую часть периода полураспада составляет 4 сут. Для этого подсчитываем

$$\frac{t}{T}=\frac{4}{14{,}3}=0{,}28\ \text{(периода полураспада)};$$

по табл. 7 находим значение поправки K, она равна 1,21.

Расчет активности излучения препарата через некоторый отрезок времени

Предположим, что мы имеем препарат того же радиоактивного фосфора P^{32} (T=14,3 дня). Исходная активность излучения препарата N_0 равна 1200 имп/мин. Требуется найти активность N_t через t=6 сут:

выражаем время t=6 сут в долях периода полураспада, т. е.

$$\frac{t}{T} = \frac{6}{14{,}3} = 0{,}42;$$

находим по табл. 7 поправку на радиоактивный распад K, она равна 1,34;

исходная активность N_0 1200 имп/мин, к моменту времени t=0,42 (периода полураспада) она уменьшилась в 1,34 раза; следовательно $\frac{N_0}{N_t} = K = 1{,}34$, откуда

$$N_t = \frac{1200}{1{,}34} = 820 \text{ имп/мин}.$$

Итак, искомая активность N_t=820 имп/мин.

Определение исходной активности излучения радиоактивного изотопа, необходимой для постановки длительного опыта

Задача состоит в том, чтобы рассчитать, какую исходную активность (N_0) препарата радиоактивного фосфора надо взять (T=14,3 дня), с тем чтобы через 1 мес 26 дней (время t) иметь активность этого препарата, равную 75 имп/мин:

переводим время t=1 мес 26 дн. в дни; оно будет равно 56 дн.

определяем, какому числу периодов полураспада (T) это соответствует

$$\frac{t}{T} = \frac{56}{14{,}3} = 3{,}9 \text{ периода полураспада};$$

находим по табл. 7 соответствующее значение поправки K, она равна 14,88;

для того чтобы наблюдать желаемую активность N_t=75 имп/мин через интервал времени t=3,92 (периода полураспада), мы должны ввести в объект исходную активность, равную 1116 имп/мин; так как

$\frac{N_0}{N_t} = K$, то $N_0 = N_t K$, или $75 \cdot 14{,}88 = 1116$ имп/мин.

Через 1 мес 26 дней активность препарата будет равна 75 имп/мин.

Определение времени t, по истечении которого необходимо введение поправки на радиоактивный распад

Прежде всего необходимо решить, с какой точностью будет выполняться работа. Если при работе будут учитываться интервалы времени $\Delta t = 0{,}01T$, то точность, с которой будут производиться вычисления поправочного коэффициента K, будут не больше 0,7% (при $\Delta t = 0{,}01T$ коэффициент $K = 1{,}007$).

При $t = 0$ поправка $K = 1$, а при $t = T$ поправка $K = 2$. Следовательно, она возрастает в 2 раза, т. е. на 100%. Отсюда вытекает, что значение поправки $K = 1{,}02$ равно 1%.

Если будут учитываться интервалы времени $\Delta t = 0{,}05T$, то точность, с которой будут производиться вычисления поправочного коэффициента K, будет не больше 3% (при $\Delta t = 0{,}05T$ коэффициент $K = 1{,}03$).

И, наконец, если будут учитываться интервалы времени $\Delta t = 0{,}1T$, то точность, с которой будут производиться вычисления поправочного коэффициента, будет не больше 7% (при $\Delta t = 0{,}1T$ коэффициент $K = 1{,}07$).

Значение интервала времени Δt при работе с различной степенью точности для ряда радиоизотопов, обладающих различными периодами полураспада, приведено в табл. 9 [10].

Таблица 9

Изотоп	Период полураспада T	Единица измерения	Значение интервала времени Δt при работе с различной степенью точности		
			$\Delta t = 0{,}01T$ (точность от 0,7%)	$\Delta t = 0{,}05T$ (точность от 3%)	$\Delta t = 0{,}1T$ (точность от 7%)
C^{11}	20,5	мин	0,205	1,025	2,05
Na^{24}	14,8	ч	0,148	0,74	1,48
P^{32}	14,3	дни	0,143	0,72	1,43
Fe^{55}	47	дни	0,47	2,35	4,7
Ca^{45}	180	дни	1,8	9	18
C^{14}	5700	годы	57	285	570

Пользование таблицей или графиком значительно облегчает вычисление поправки на радиоактивный распад, а также позволяет выбирать нужную степень точности.

Технология изготовления питательной среды с радиоактивным индикатором

Состав питательных сред с радиоактивным индикатором

5.4. Для получения меченых культур домовых грибов рекомендуется готовить витаминизированную сусло-агаровую среду, содержащую 2% агар-агара, состав которой отличается от среды, рекомендуемой для выращивания обычных немеченых культур (см. п. 3.3) только наличием радиоактивного изотопа. Для приготовления среды для выращивания меченых культур необходимо: пивное неохмеленное сусло (1000 мл) агар-агар (20 г), сухие пивные дрожжи (3 г) и витамин B_{12} (200 мкг). Чтобы вырастить на этой среде культуру гриба, меченную радиоактивным фосфором, в точно отмеренные 1000 мл среды надо ввести в зависимости от исследуемого материала и длительности опыта от 100 до 200 мккюри P^{32}. При необходимости иметь культуру, меченную радиоактивной серой, к такому же количеству готовой среды добавляют 600 мккюри.

Питательная витаминизированная среда для опытных культур домовых грибов должна иметь такую же кислотность и сахаристость, как и среда, предназначенная для получения посевного материала и непрерывного культивирования.

В случае необходимости радиоактивные индикаторы можно вводить также и в синтетическую питательную среду, например в среду Хреновой—Частухина или Чапека—Докса, а также в любую из сред, рекомендованных для плесневых грибов (см. п. 4.3). В состав среды Хреновой—Частухина входят следующие компоненты, %: децинормальный раствор глюкозы — 0,1, $MgSO_4$ — 0,5, KH_2PO_4 — 0,2, $CaCl_2$ — 0,05. NaCl — 0,05, агар-агар — 2. Для приготовления 1 л среды Чапека-Докса необходимо: глюкозы — 30 г, $NaNO_3$ — 2 г, KH_2PO_4 — 1 г, $MgSO_4$ — 0,5 г, KCl — 0,5 г, $FeSO_4$ — 0,0012 г, агар-агара — 20 г, воды дистиллированной — 1 л. Независимо от того, какая из этих двух сред будет использована для получения опытных культур, в их состав должны быть введены витамины: биотин, тиамин, инозит и цианкобаламин в тех же количествах, как это рекомендовано в п. 5.9.

Культуры плесневых грибов могут быть получены как на этих, так и на других средах, рекомендованных в разд. 4. Их отличие состоит в том, что они содержат радиоактивный изотоп фосфора или серы в количествах, указанных выше.

Определение исходной активности питательной среды на день постановки опыта

Для получения сопоставимых данных расчет исходной активности питательной среды должен производиться всегда на один и тот же день с начала испытания, поскольку радиоактивные изотопы с течением времени меняют свою активность. Таким расчетным днем рекомендуется избрать дату укладки образцов на питательную среду с разросшейся на ней культурой гриба, а не день приготовления среды или дату ее инокуляции.

Это диктуется тем, что длительность приготовления сред в зависимости от способа стерилизации (автоклавирование или дробная стерилизация) может меняться от 1 до 3—4 дней. При описании методики работ такие детали опыта, как способ стерилизации, часто опускаются. Стерилизация в автоклаве под давлением занимает один день, дробная стерилизация — 3—4 дня. В то же время при использовании короткоживущего изотопа P^{32} за время, равное 3—4 дням, исходная активность препарата 1200 имп/мин может изменяться на величину, равную приблизительно 17%, недоучет которой может существенно снизить точность полученных данных.

Препараты радиоактивных изотопов, поставляемые всесоюзным объединением «Изотоп», заключены в контейнеры из олова, внутри которых находятся пластмассовые коробочки с завинчивающимися крышками. Они снабжены паспортом. После получения радиоактивного вещества, не вскрывая контейнер, необходимо изучить паспорт и установить удельную и общую активность препарата на день его изготовления, затем рассчитать, какое количество радиоактивного вещества необходимо взять для того, чтобы на день укладки образцов на меченые культуры грибов (т. е. на день начала опыта) получить питательную среду определенной, нужной для задач исследования активности. Только после этого, придерживаясь правил техники безопас

ности (см. прил. 3), можно вскрыть контейнер с радиоактивным веществом и ввести в питательную среду нужное (выверенное расчетом) количество радиоактивного индикатора (табл. 10).

Таблица 10

Форма паспорта на препарат P^{32}

На препарат натрий фосфорнокислый двузамещенный с радиоактивным изотопом фосфор-32.

Стандартная фасовка $\frac{5}{\text{(номинал)}}$ милликюри

Объем фасовки 1 мл, количество фасовок 1 шт.

ВТУ ___, квалификация ___ сорт 1.

Общая активность по номиналу 5 милликюри

Номер партии 18 от 27/II 1980 г.

Характеристика препарата	По ВТУ		Установлено анализом	Примечание
	медицинский	чистый		
Бесцветный водный раствор, полученный из ортофосфорной кислоты, не содержащей анионов: NO_2; NO_3; PO_2; PO_3				При работе со значительными активностями P^{32} следует учитывать наличие тормозного излучения, образуемого частицами фосфора
Удельная активность на 21/III 1978 г., мкюри/мл	5	—	5	
Содержание P, связанного в PO_4, мг/мл	5—10	—	8,1	
Содержание химических примесей составляет, мг/мл:				
SO_4	<0,1	<0,1	<0,1	Распределение P^{32} по компонентам в препарате PO_4 100%
Cl	0,02	<0,02	<0,02	
Тяжелые металлы, мг/мл	0,005	—	<0,005	
Алюминий-мышьяк, Fe	Не обнаруживается	—	Нет	
pH	9—9,6	—	9,2	

Радиоактивные примеси, %: Zn — 65, Fe — 55, 59, Sb — 124, Tu — 170, Se — 75, Ir — 192—0,01.

Препарат зафасован в пенициллиновый флакон

Помещен в контейнеры типа АКВ № 1023 — № _____

Контейнеры опломбированы пломбой с оттиском ПЛ/9

Паспорт составил:

Проверено ОТК

— _____19____г.

Пример расчета

Из паспорта (см. табл. 10) видно, что препарат P^{32} представлен в виде стандартной фасовки, активность которой равна 5 мкюри. Объем фасовки равен 1 мл, количество фасовок — 1 шт.

Общая активность препарата составляет 5 мкюри. Удельная активность препарата (т. е. активность 1 мл раствора) на 21/III.1980 г. равнялась 5 мкюри.

Предположим, что надо было начать опыт (т. е. заразить питательную среду, содержащую радиоактивный изотоп) 28/III. 1980 г. Необходимо подсчитать, сколько миллилитров полученного нами препарата P^{32} надо взять для того, чтобы приготовить в точно указанный день 3 л среды, в 1 мл которой будет содержаться 0,1 мккюри радиоактивного фосфора P^{32}.

Для этого делаем следующее.

Определяем, сколько надо иметь радиоактивного вещества на день начала опыта.

Так как надо иметь 3 л среды удельной активности 0,1 мккюри/мл, то к началу опыта надо иметь:

3000 мл · 0,1 мккюри = 300 мккюри P^{32}.

3571 мккюри содержатся в 1 мл.

300 мккюри —»— x

$$x = \frac{1 \cdot 300}{3571} = 0{,}08 \text{ мл.}$$

Таким образом, при исходной активности препарата 5 мккюри/мл через 7 дней после его изготовления необходимо взять из него 0,8 мл для того, чтобы получить 3 л питательной среды, удельная активность которой равнялась бы 0,1 мккюри/мл.

Работа с микропипетками требует определенного навыка и большой тщательности, так как даже небольшая неточность при отборе радиоактивного препарата может привести к случайным ошибкам в величине удельной активности питательной среды. Кроме того нередко приходится использовать жидкий радиоактивный препарат такой малой общей активности, что его микропипеткой взять не удается. С целью повышения точности величины удельной активности питательной среды рекомендуем следующее:

заказывать и получать радиоактивные изотопы минимально необходимой общей активности (см. прил. 2)

подготовить опыт ко дню получения радиоактивного препарата;

не отбирать радиоактивный препарат пипеткой; использовать всю полученную партию целиком;

переносить без потерь весь полученный препарат в заранее рассчитанное количество питательной среды;

использовать даже сильно распавшиеся радиоактивные препараты, если их не открывали после получения, но не смогли своевременно использовать. Производится это следующим образом.

Предположим, что надо иметь те же 3000 мл питательной среды, удельная активность которой должна быть точно 0,1 мккюри/мл. При этом имеем три нераспечатанные ампулы с радиоактивным изотопом P^{32}. После проведенных расчетов на основании данных паспорта (см. табл. 10) выявилось, что в одной ампуле оказалось 153 мккюри, во второй — 52 мккюри, а в третьей — 124 мккюри P^{32}. Используем все три ампулы, общая активность которых составляет не 300, а 319 мккюри. Отобрать микропипеткой лишние 19 мккюри изотопа — задача очень сложная. Проще изготовить среды не 3000 мл, а немного больше. Чтобы получить среду такой же удельной активности (0,1 мккюри), расчет ведем следующим образом:

для 3000 мл среды надо 300 мккюри изотопа

x_2 » » 319 » »

$$x_2 = \frac{3000 \cdot 319}{300} = 3190 \text{ мл}.$$

Техника изготовления среды с радиоактивным индикатором

Приготовление питательной среды до того момента, когда вводят радиоактивный изотоп, ничем не отличается от способа, описанного в пп. 3.3 и 4.3.

Введение радиоактивного индикатора в питательную среду производится после растворения агар-агара и смешивания всех компонентов, входящих в среду.

Необходимое количество радиоактивного изотопа вводят в питательную среду с помощью микропипетки. на верхнее отверстие которой надета резиновая груша или шприц (рис. 14).

Для работы с P^{32} и S^{35} удобны микропипетки емкостью 0,1 мл или 0,2 мл с ценой деления 0,01 мл.

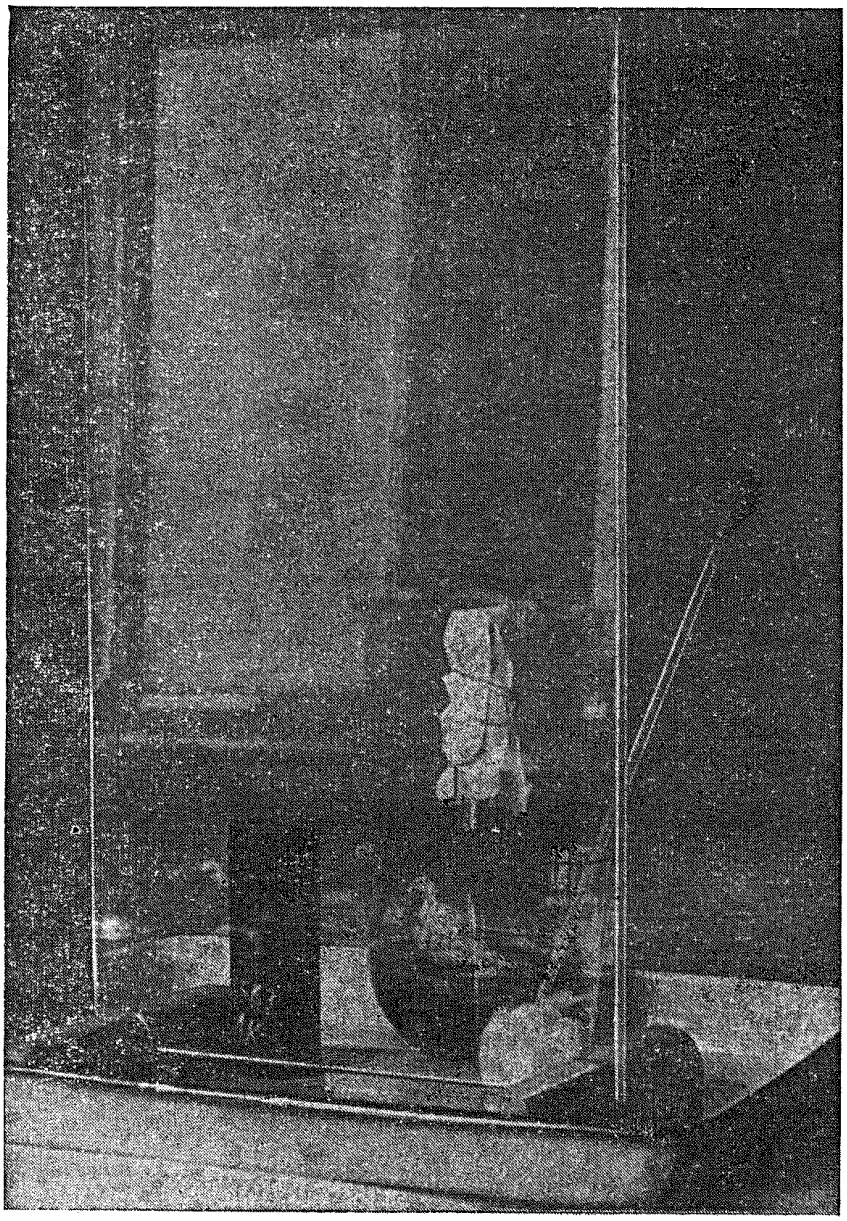


Рис. 14. Настольный экран для защиты от радиоактивных изотопов, испускающих бета-частицы:
органическое стекло толщиной 8 мм; эмалированный кювет; микропипетка с резиновой грушей; контейнер для хранения радиоактивных изотопов

После внесения радиоактивного изотопа в питательную среду пипетку несколько раз промывают этой же жидкостью, температура которой должна быть 60°С, т. е. выше точки твердения агар-агара.

Это делается для того, чтобы все необходимое количество радиоактивного препарата с наименьшими потерями было введено в питательную среду.

После внесения радиоактивного препарата раствор тщательно перемешивают и разливают в подготовленные для этого обычные стеклянные стаканчики диаметром 30 мм. При изготовлении питательных сред в стаканчике особое внимание следует обратить на то, чтобы верхний его край не запачкать питательной средой, а уровень последней был на 3—4 мл ниже верха стаканчика. В данном случае этого следует избегать не только из-за стремления исключить случайное загрязнение опытного сосуда инородными микроорганизмами, как об этом было ранее сказано, но главным образом из опасения, что поверхность уложенного на него образца может загрязниться радиоактивной средой, что недопустимо. В один стаканчик емкостью 15 мл через воронку надо помещать не более 12 мл питательной среды, а емкостью 50 мл — не более 43 мл.

При укладке стаканчиков с питательной средой в биксы поверх фильтровальной бумаги верхний ряд их следует в соответствии с требованиями техники безопасности (см. прил. 3) покрыть алюминиевым диском толщиной не менее 3 мм.

Стерилизацию питательных сред, содержащих радиоактивные изотопы, производят обычным путем.

На чистоту проведения эксперимента и отработку всех, даже мелких деталей его сначала с нерадиоактивной, а затем и с радиоактивной средой следует обращать самое серьезное внимание. Если по какой-либо случайности края баночки, а следовательно, и исследуемый образец будут испачканы питательной средой, их надо исключить из опыта, так как при этом может изменяться не только радиоактивность образца, но и его влажность. Последняя, как показали исследования, может оказать существенное влияние на активность культуры гриба в процессе биологического испытания.

Выращивание меченых культур грибов

5.5. Для выращивания меченых культур домовых грибов необходимо иметь стеклянные стаканчики ем-



Рис. 15. Внешний вид опыта в вакуум-эксикаторе над водой

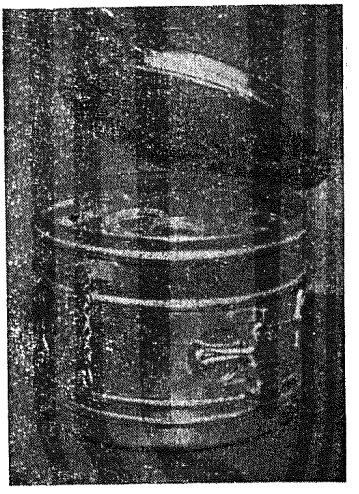


Рис. 16. Медицинский бикс для стерилизации питательных сред в стаканчиках

костью 15 или 50 мл, вакуум-эксикаторы диаметром 190 мм (рис. 15) и фарфоровые вкладыши к ним или металлические стерилизаторы (см. рис. 11).

Размер стаканчиков зависит от цели исследования и размера образцов. При определении токсичности антисептиков удобны образцы размером 3,5×20×30 мм. В этом случае культуры гриба выращивают в стаканчиках диаметром 30 мм и емкостью 15 мл. В каждый стаканчик наливают 12 мл питательной среды, в состав которой введен радиоактивный изотоп согласно п. 5.4; поверхность последней должна быть на 4—5 мм ниже верхнего края стаканчика. Их помещают в бикс, представленный на рис. 16, стерилизуют в соответствии с п. 3.3, охлаждают и заражают одной навеской древесины в соответствии с пп. 3.1—3.4; последняя должна быть слегка утоплена в питательной среде в центре стаканчика. После заражения стаканчики ставят в вакуум-эксикатор на вкладыш (на дне эксикатора должна быть вода, а отверстие в крышке закрыто ватной пробкой) или на сетку металлического стерилизатора, на дно которой также налита вода.

При исследовании степени биостойкости комбинированных строительных материалов (арболита, королита и т. п.) и лакокрасочных материалов используют

образцы, площадь которых, укладываемая на культуру гриба, равна 50×50 мм. В этом случае следует использовать стаканчики диаметром 50 мм и емкостью около 50 мл, а вместо эксикаторов диаметром 190 мм — более крупные диаметром 250 мм или аквариумы высотой 20—40 см и площадью 20×40 см с крышками из стекла или плексиглаза. Техника заражения домовыми грибами питательных сред, содержащих радиоактивные изотопы, отличается от обычной тем, что эту работу проводят за настольными экранами из оргстекла толщиной 8 мм (см. рис. 14) или в боксе из того же материала. Для всех остальных деталей работ, связанных с инокуляцией питательных сред домовыми грибами, выращиванием меченых культур, температурно-влажностные условия такие же, как и при работе с немечеными культурами (см. п. 3.2).

Меченые культуры домовых грибов могут быть использованы для испытания, после того как мицелий гриба с инокулятора перейдет на питательную среду и распространится по ее поверхности, но не достигнет еще верхнего края стаканчика. Культуры с неравномерно развитым мицелием или с мицелием, поднявшимся выше верхнего края стаканчика, отбраковывают.

Меченые культуры плесневых грибов выращивают в чашках Петри на средах, указанных в п. 4,3, в состав которых введен радиоактивный индикатор P^{32} в количестве 0,2 мккюри или S^{35} — 0,6 мккюри/мл.

Видовой состав плесневых грибов, меченных радиоактивными индикаторами, зависит от типа исследуемых материалов и должен соответствовать п. 4.2, а температурно-влажностные условия и все другие детали выращивания меченых культур плесневых грибов — пп. 4.1—4.3.

Укладка образцов на меченые культуры грибов

Размещение образцов на меченых культурах домовых грибов

5.6. В один эксикатор или стерилизатор ставят 9—10 стаканчиков с чистой культурой гриба. Поверх стаканчика с хорошо развитой воздушной грибницей, но не достигшей еще верхнего края стаканчика, укладывают исследуемые образцы по схеме, представленной

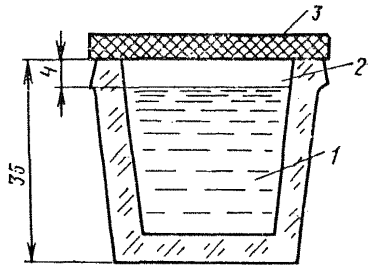
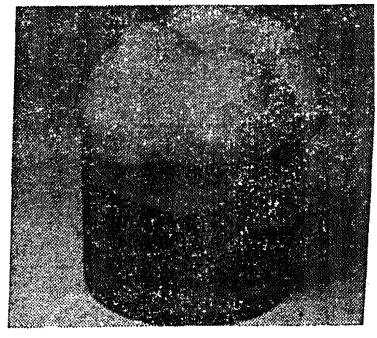


Рис. 17. Схема укладки образца на культуру гриба

1 — питательная среда; *2* — воздушная прослойка; *3* — исследуемый образец



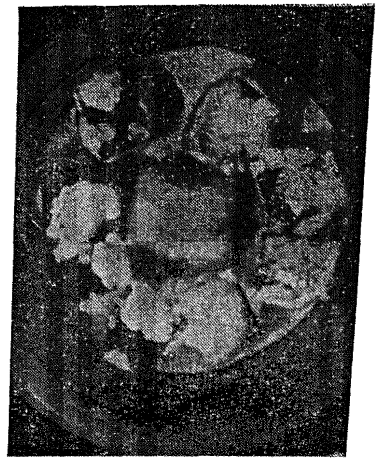


Рис. 18. Молодые культуры Coniophora cerebella

а — на образце древесины заболони сосны, балл обрастания 8; *б* — на образцах древесины, пропитанных сланцевым маслом; образец в центре — контрольный, балл обрастания 8; слева — балл обрастания 5; справа — балл обрастания 4

на рис. 17. Внешний вид не содержащих антисептик (контрольных) образцов древесины заболони сосны и древесностружечной плиты через 3 дня после помещения на культуру пленчатого домового гриба приведен на рис. 18.

В один эксикатор помещены 8—9 образцов, пропитанных антисептиком, и один контрольный (без антисептика). Образцы, пропитанные малолетучими веществами (например, фтористым натрием, хлористым цинком и др.), нужно укладывать таким образом, чтобы в одном эксикаторе находились образцы, содержащие разное количество антисептика, начиная от минимальной и кончая максимальной концентрацией (например, контроль 0,01; 0,05; 0,07; 0,1; 0,2; 0,4; 0,6;

0,8; 1%). Однако лучше образцы надо укладывать так, чтобы в одном эксикаторе находилось 8—9 образцов, содержащих одинаковое количество антисептика (например, 0,01%), а в середине помещают контрольный образец, не пропитанный антисептиком (рис. 19), во втором — образцы, содержащие 0,05% антисептика, и один контрольный образец и т. д. Таким образом должны укладываться образцы, пропитанные маслянистыми антисептиками или летучими водорастворимыми антисептиками (такими как каменноугольное масло, пентахлорфенолят натрия и др.). Помещать их в один эксикатор группами, даже близкими по содержанию антисептика, не рекомендуется.

При работе с образцами площадью 50×50 мм их укладывают на стаканчики диаметром 50 мм. При этом в один эксикатор диаметром 190 мм помещают не 10, а 5 стаканчиков с культурой гриба и исследуемыми образцами.

Независимо от того, какой из двух описанных способов будет принят при постановке опыта, необходимо в контрольном эксикаторе испытать на нормально развитых культурах гриба 9—10 образцов древесины, свободных от антисептика. Необходимость в постановке отдельного контрольного опыта вызвана высокой чувствительностью грибов к действию ядов. Помимо контрольных, не содержащих антисептик образцов, для каждой серии опытов должно быть не менее 2—3 контрольных эксикаторов с образцами без антисептика. Это необходимо потому, что интенсивность поражения образцов, содержащих антисептики (характеризующая эффект антисептирования), сравнивается именно с кон-



Рис. 19. Определение токсичности сланцевого масла (в центре — контрольный образец без антисептика)

трольными образцами и без них определена быть не может.

Укладка образцов на меченые культуры плесневых грибов

Укладке образцов на меченые культуры плесневых грибов предшествуют следующие операции:

в нижнюю часть стерильной чашки Петри в перевивочной камере или в боксе наливают 25 мл стерильной горячей (70—80°С) агаризированной питательной среды, содержащей заданное количество изотопа и агара, и закрывают ее крышкой;

после охлаждения и остывания питательной среды ее инокулируют в зависимости от поставленной задачи одним видом или смесью разных видов плесневых грибов и укладывают одну или несколько стеклянных подкладок толщиной 2—3 мм;

в зависимости от площади исследуемого образца выбирают размер подкладок. Он должен быть на 4 мм больше образца. Для образцов площадью 50×50 мм подкладки должны иметь площадь 52×52 мм, а для образцов площадью 18×18 мм — подкладки 20×20 мм. В первом случае в одну чашку Петри укладывают одну подкладку и один образец, а во втором —3—4 подкладки и такое же количество образцов. Подкладки предохраняют исследуемые образцы от контакта с питательной средой, содержащей радиоактивный индикатор.

Наблюдения в процессе биологических испытаний

5.7. При определении токсичности антисептиков на культуре пленчатого домового гриба в процессе биологических испытаний не менее 4—5 раз проводят биологические наблюдения за сохранностью чистоты культуры (отсутствием инородных организмов, плесени и бактерий) и интенсивностью обрастания опытных и контрольных образцов мицелием гриба. Оценку интенсивности обрастания образцов чистой культурой пленчатого домового, пленчатого гриба или смесью плесневых грибов удобно производить по восьмибалльной системе представленной в табл. 11.

При правильной постановке испытания и использовании здоровой, жизнедеятельной культуры гриба конт-

Таблица 11

Характер обрастания	Балл
Нет роста мицелия на питательной среде	0
Мицелий вплотную подошел к нижней поверхности образца, местами проник в него	1
Нижняя поверхность образца и одна из его кромок покрыты мицелием	2
Мицелий покрыл кромки и небольшой участок верхней поверхности образца	3
Около 1/4 площади верхней поверхности образца покрыто мицелием	4
Около половины площади верхней поверхности образца покрыто мицелием	5
Около 3/4 площади верхней поверхности покрыто мицелием	6
Весь образец покрыт со всех сторон мицелием	7
То же, но мицелий высоко поднялся над образцом	8
Плесень, бактерии и другие инородные микроорганизмы	×

Примечание. При обработке цифрового материала данные, полученные по образцам, пораженным инородными организмами, исключаются.

рольные образцы из древесины заболони сосны через 3—4 дня после укладки на опытные культуры должны со всех сторон обрасти обильной грибницей, а гифы гриба должны хорошо внедриться в толщину образца; по степени обрастания воздушной грибницей они должны иметь балл не ниже 7. На рис. 18 представлен опыт, в котором образец древесины, пораженный пленчатым

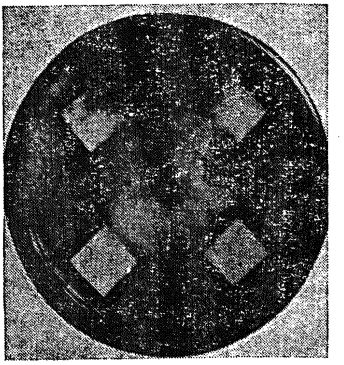


Рис. 20. Определение методом меченых культур стойкости к плесневым грибам строительных и технических материалов в чашке Петри (образцы уложены на стеклянную подкладку)

домовым грибом, получил балл 8; образец полностью покрыт мицелием гриба и немного виден только с левой стороны в виде темной полоски. На рис. 18 показан также и образец древесностружечной плиты, получивший балл 4. На рис. 20 представлены образцы полимерных материалов, пораженные плесневыми грибами.

При работе с плесневыми грибами после окончания биологических испытаний и снятия образцов с культур гриба следует провести бионаблюдения за интенсивностью обрастания воздушной грибницей в соответствии с табл. 12. Это позволит сопоставить количественные показатели, полученные методом меченых культур, с качественными показателями ГОСТа 9.048—75.

Таблица 1

Балл	Характеристика балла
0	При осмотре под микроскопом рост плесневых грибов не виден
1	При осмотре под микроскопом видны проросшие споры и незначительно развитый мицелий в виде неветвящихся гиф
2	При осмотре под микроскопом виден мицелий в виде ветвящихся гиф, возможно спороношение
3	При осмотре невооруженным глазом рост грибов едва виден, но отчетливо виден под микроскопом
4	При осмотре невооруженным глазом отчетливо виден рост грибов, покрывающих менее 25% испытуемой поверхности
5	При осмотре невооруженным глазом отчетливо виден рост грибов, покрывающих более 25% испытуемой поверхности

Снятие образцов с меченых культур грибов и их подготовка к радиометрическим измерениям

5.8. После окончания биологических испытаний культуральный сосуд (эксикатор, аквариум, колбу т. п.) для прекращения жизнедеятельности грибов вводят смоченную 5%-ным раствором формалина вату. Через 3—4 ч после этого образцы вынимают из культурального сосуда, очищают от воздушной грибницы скальпелем или ланцетом, затем смоченным в спирте и отжатым ватным тампоном, слегка обжигают на пламенем спиртовой горелки, удаляют золу пылесосом

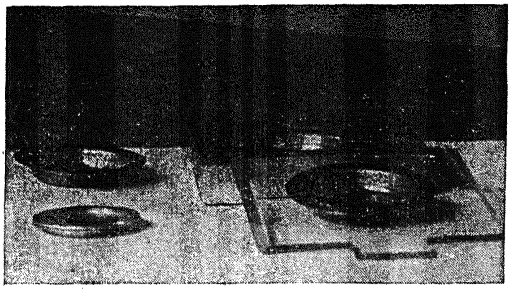


Рис. 21. Приспособления, необходимые для измерения радиоактивных препаратов, испускающих бета-частицы: подложки для сухих препаратов из алюминия и латуни для радиоактивных растворов, кассета из оргстекла, диафрагма из алюминия

и, если определение изменения влажности и массы образца не является одной из целей исследования, высушивают до абсолютно сухого состояния. В противном случае их сразу же после снятия с культуры гриба взвешивают, сушат при температуре 101±2° до абсолютно сухого состояния и определяют потерю массы и влажность.

В ряде случаев необходимо иметь данные не только о радиоактивности образцов, но также и воздушной грибницы. Препараты из воздушной грибницы делают следующим образом. С помощью ланцета или скальпеля воздушную грибницу снимают с поверхности образца (или культуры) и высушивают до абсолютно сухого состояния. Затем из него готовят навеску в 0,1 г, равномерно распределяют ее на алюминиевой или латунной подложке диаметром 10 мм (рис. 21), приклеивают альбумином, подсушивают в течение нескольких минут, укладывают на кассету, вставляют в пазы этажерки (см. п. 6.5) и измеряют скорость счета радиоактивных излучений.

В том случае, если возникнет необходимость определить активность излучения сырого мицелия гриба, его предварительно с помощью двух игл или скальпелей измельчают в кашицу и делают из нее навеску. Кашицу быстро и равномерно распределяют стеклянной палочкой или шпателем по поверхности подложки и измеряют под счетчиком радиометра. Таким же образом можно изготовить препарат древесной муки из древесины и плит, пораженных меченой культурой гриба.

6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОРАЖЕНИЯ ОБРАЗЦОВ МАТЕРИАЛОВ ПО ИНТЕНСИВНОСТИ РАДИОАКТИВНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ

Единицы радиоактивности и ионизирующих излучений

6.1. Действующий ГОСТ устанавливает единицы измерений активности, плотности потока ионизирующих частиц или квантов, интенсивности излучения, поглощенной дозы излучения (дозы излучения), экспозиционной дозы рентгеновского и γ-излучений, мощности поглощенной дозы излучения, мощности экспозиционной дозы и рентгеновского и γ-излучения.

Вместе с тем допускается применение внесистемных единиц, которые до сих пор широко использовались в области радиоактивности и ионизирующих излучений; единицы активности — кюри (кюри), единицы поглощенной дозы излучения — рад (рад), единицы экспозиционной дозы рентгеновского и γ-излучений — рентген (р), единицы мощности поглощенной дозы излучения — рад в секунду (рад/с), единицы мощности экспозиционной дозы рентгеновского и γ-излучения — рентген в секунду (р/с).

Активность препаратов определяется числом актов распада данного нуклида, происходящих в единицу времени в радиоактивном излучателе.

В соответствии с действующим ГОСТом единицей активности изотопа в радиоактивном источнике является распад в 1 с (расп/с). Внесистемная единица активности — кюри. Кюри — это активность такого количества радиоактивного вещества, в котором происходит $3{,}700 \cdot 10^{10}$ распадов в 1 с. Единица кюри характеризует любой вид радиоактивного распада.

Хотя распад ядер обычно сопровождается выходом α-частиц, электронов, позитронов, конверсионных электронов или γ-квантов, далеко не во всех случаях число распадающихся ядер совпадает с числом испускаемых при этом заряженных частиц или γ-квантов. Примером, когда число испускаемых корпускулярных частиц не совпадает с числом распадающихся ядер, может служить переход

$$ {}_{33}As^{74} \begin{cases} \xrightarrow{\beta^-} {}_{34}Se^{74} \\ \xrightarrow{\beta^+,\ K} {}_{32}Ge^{74}, \end{cases} \qquad (6 $$

при котором для 32% ядер распад происходит через β-распад, для 27,8% ядер — через β^+-распад и для 40,2% в — через K-захват. В этом случае на 1 кюри As^{74} приходится

$$(0{,}32 + 0{,}278) \cdot 3{,}7 \cdot 10^{10} = 2{,}21 \cdot 10^{10} \frac{\beta^+ \text{ и } \beta^-}{\text{с}} \text{ частиц/с.}$$

Измерение абсолютной и относительной радиоактивности

6.2. Измерение активности радиоактивных изотопов может быть абсолютным и относительным.

Абсолютными измерениями устанавливают истинное число актов распада, происходящих в данном веществе в единицу времени. Как указывалось ранее, если в данном количестве вещества происходит $3{,}7 \cdot 10^{10}$ актов распада в 1 с, то абсолютная активность этого вещества равна 1 кюри. Если количество актов распада будет в 1000 или 1 000 000 раз меньшим, то абсолютная активность препарата будет равна 1 милликюри (мкюри) или 1 микрокюри (мккюри) соответственно. При изготовлении питательных сред расчеты ведут в абсолютных единицах активности — в милликюри или микрокюри, так как в этих единицах указана активность препаратов в паспорте. Однако на большинстве радиометрических приборов измеряют не абсолютную, а относительную активность. При этом относительную активность исследуемого препарата или образца определяют числом распадов (импульсов), зарегистрированных радиометром (или другим радиометрическим прибором) в единицу времени. Эффективность относительных измерений активности препаратов (т. е. количество зарегистрированных актов распада) зависит от типа измеряемой аппаратуры и метода измерений.

При относительных измерениях активности обязательным условием получения сравнимых результатов является точное соблюдение геометрических условий измерения. Конечно, такие исследования могут производиться для образцов, содержащих один и тот же радиоактивный изотоп, а потому обладающих одной и той же схемой распада.

Сравнивая активности излучения различных образцов, полученные в одинаковых условиях измерения, можно получить ответ практически на все вопросы, лежащие в пределах возможностей метода меченых атомов.

Однако в ряде случаев бывает необходимо перейти от относительных измерений к абсолютным. В простейшем случае это можно сделать при использовании в качестве одного из источников излучения стандарта, имеющего известную активность излучения. Такими стандартами могут быть эталоны, приготовленные из радиоактивного вещества с большим периодом полураспада, т. е. обладающие практически постоянной активностью излучения.

Обычно эталоны изготовляют из соединений урана ($T=4{,}498\cdot10^9$ лет). Чаще всего используется окись урана U_3O_8 или азотнокислая соль урана — уранилнитрат

$$UO_2\,(NO_3)_2\cdot 6\,H_2O. \qquad (9)$$

Весовые количества различных радиоактивных веществ, обладающие одной и той же абсолютной активностью излучения, различны. Весовое количество любого чистого радиоактивного изотопа, выраженное в граммах (P), обладающего активностью излучения, выраженной в единицах или долях единицы кюри (q), можно вычислить, зная среднюю продолжительность жизни изотопа ($\tau=1{,}44\ T=\frac{1}{\lambda}$) и его атомный вес ($A$) по следующей формуле:

$$P = q\ 1{,}44\,T\ \frac{A}{6{,}02\cdot10^{23}}. \qquad (10)$$

Урановые препараты, изготовленные согласно вышеописанному методу, содержат вполне определенные весовые количества урановой соли, а следовательно, и урана. Они могут служить эталонами для перехода от относительной активности к абсолютной.

Урановые эталоны, приготовленные на алюминиевой подложке и покрытые алюминиевой фольгой, желательно получать из организаций, осуществляющих абсолютные измерения активности излучения.

Следует отметить, что урановые эталоны при сравнении активности их излучения с активностью излучения других радиоактивных препаратов совершенно точны для урановых соединений. С некоторой натяжкой они применяются при сравнении активности β-излучений, обладающих жестким β-излучением и простой схемой распада (например, для P^{32}). При работе с другими изотопами они полезны лишь для ориентировочных иссле-

дований в этом направлении, а в основном — для проверки постоянства условий измерений.

Для каждого изотопа наилучшим эталоном является эталон, приготовленный из него самого. Только в этом случае схема распада и энергия излучения измеряемого образца и эталона тождественны и вполне сравнимы.

Приготовлению эталонов из различных радиоизотопов мешает краткость периодов полураспада целого ряда важнейших для биологов изотопов. На практике пользуются эталонами из изотопов, наиболее близких по типу излучения, схеме распада и энергии излучения.

Так, для P^{32} могут быть использованы эталоны из Sr^{90}, обладающего периодом полураспада 25 лет, и максимальной энергией β-излучения 0,6 Мэв.

Для β-излучателей, обладающих мягким β-излучением, следует делать эталоны из C^{14} ($T=5700$ лет). Максимальная энергия β-излучения 0,155 Мэв.

Условия максимальной эффективности газоразрядного счетчика

Создание импульса ионного тока под действием бета-лучей

6.3. Измерение относительной активности радиоактивных изотопов может быть выполнено несколькими методами.

Наиболее распространенным и удобным является способ регистрации радиоактивных излучений с помощью газоразрядных счетчиков бета-частиц и усилительно-пересчетного устройства «Волна», выполненного в виде установки типа Б (рис. 22) и т. п. Собранный комплект счетчиков и установки выпускается нашей промышленностью.

При измерении радиоактивных излучений используется их свойство ионизировать атомы и молекулы среды, через которую они распространяются. Измерение интенсивности излучений производится с помощью прибора, создающего импульс ионного тока под действием бета-частиц, и электронной схемы, усиливающей импульсы и считающей их число.

При выполнении работ по определению токсичности антисептиков методом меченых культур могут использоваться радиоактивные индикаторы не только с излуче-

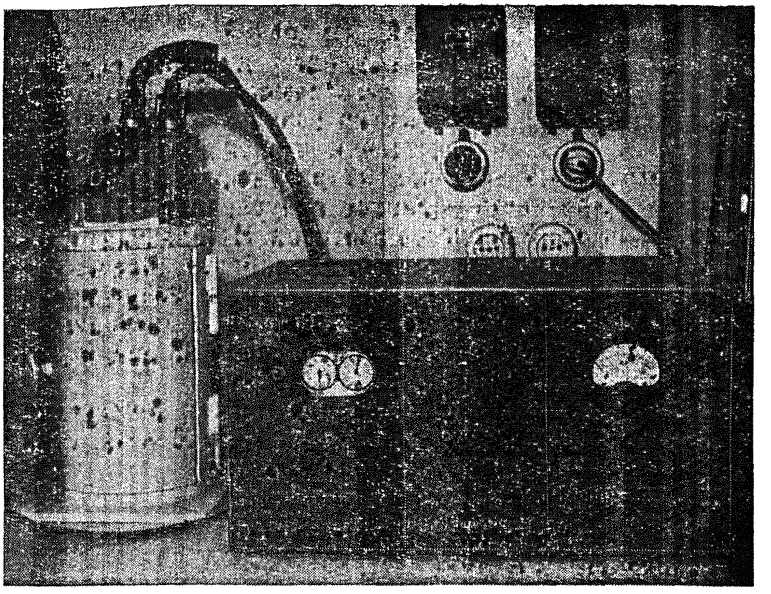


Рис. 22. Радиометр типа Б-2 и свинцовая защита типа АКХ-2 с блоком БГС

ниями относительно большой интенсивности (P^{32}—1,7 Мэв), но также и с излучением относительно малой интенсивности (S^{35}—0,17 Мэв). Для этой цели наилучшим является торцовый газоразрядный счетчик (рис. 23).

Счетчик несколько напоминает перевернутый стакан. Его отверстие закрыто тонкой (в сотые доли мм) пластинкой слюды. При работе счетчика β-излучение проходит внутрь через это отверстие, почти не поглощаясь слюдой. Цилиндрическая стенка стакана изготовлена из металла и служит катодом, анодом же служит тонкая металлическая проволока, закрепленная в стеклянном днище стакана. Для предотвращения краевых искажений электронного поля на конце нити наплавлен стеклянный шарик.

На рис. 24 видно, что счетчик устанавливается в свинцовом защитном блоке на столик торцового счетчика. Испытываемый образец размещается на нижней или любой другой полке столика торцового счетчика.

Принципиальная схема измерения радиоактивных излучений может быть представлена следующим обра-

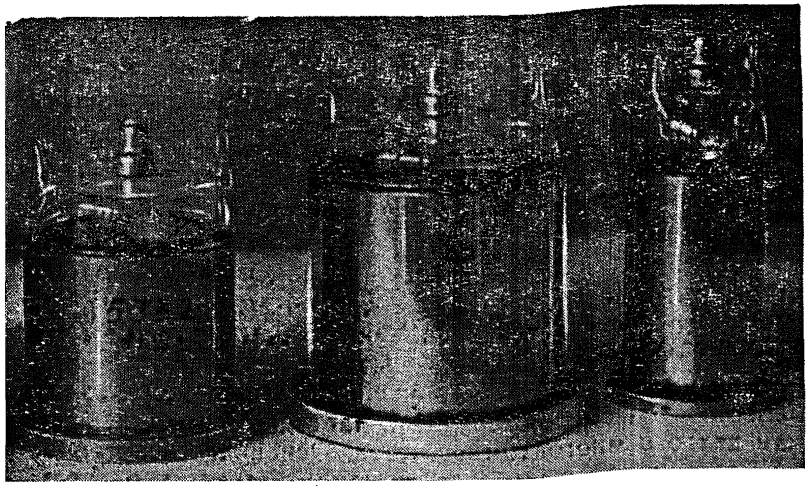


Рис. 23. Торцовые счетчики типа БФЛ

зом. Электрон β-излучения, попавший внутрь счетчика, производит ударную ионизацию молекул газа, наполняющего счетчик. В результате ионизации создаются свободные электроны и положительные ионы. При достаточно высокой напряженности поля они также ускоряются, набирают энергию и ионизируют новые молекулы газа. Происходит лавинообразное нарастание частиц, в результате которого большие количества электронов достигают анода, а положительно заряженные ионы попадают на катод, где они нейтрализуются. В анодную цепь счетчика включено высокоомное сопротивление

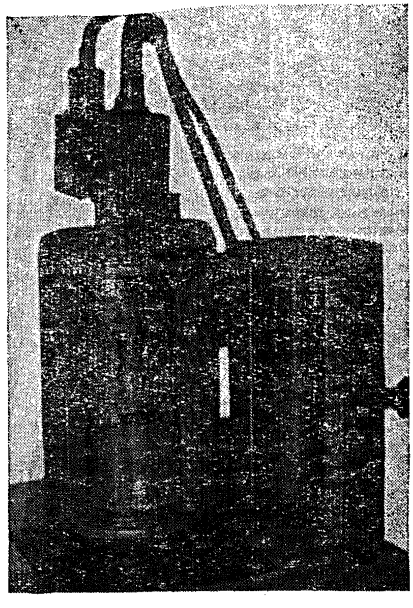


Рис. 24. Свинцовый «домик» в открытом виде со счетчиком и пластмассовым столиком

R, через него течет ток и изменяется разность потенциалов в последующей цепи на конденсаторе C (рис. 25).

Импульс усиливается усилителем У. П, на выходе которого стоит электромагнитное реле, срабатывающее в момент прохождения импульса. Число возникших за время наблюдения импульсов указывается на циферблате пересчетного механизма А стрелкой.

Такая схема работы счетчика требует быстрого гашения импульса, возникшего от каждой бета-частицы, т. е. до попадания в него последующей. Для этого надо, чтобы импульс гасился после первой же прошедшей лавины. Это достигается наполнением счетчика многоатомными газами или их смесью.

Счетчики с быстрым внутренним гашением разряда наполняются смесью аргона с парами спирта, метана или другого многоатомного газа. Основное свойство молекул многоатомного газа состоит в том, что время жизни их молекул очень мало и составляет примерно 10^{-13} с.

По истечении этого времени возбужденная молекула расщепляется на составные части. При этом молекула еще не успевает возвратиться в нормальное состояние. Благодаря указанному свойству не происходит излучения ультрафиолета в разряде и, следовательно, фотоэмиссии с катода. Вторичная эмиссия электронов с катода также отсутствует. В результате лавинной ионизации образуется большое количество положительных ионов, которые движутся к катоду. При подходе к катоду они рекомбинируют у его поверхности с электронами и превращаются в возбужденные молекулы. Эти молекулы движутся по инерции в прежнем направлении и, обладая большой энергией, могут выбить электроны вторичной эмиссии. Однако это не происходит благодаря малому времени жизни возбужденной многоатомной молекулы: она разваливается ранее, чем достигает катода.

Отсутствие фотоэмиссии с катода и вторичной электронной эмиссии приводит к тому, что нарастание импульса заканчивается в момент прихода всех положительных ионов на катод, т. е. через 10^{-4} с. В дальнейшем происходит спад импульса. Это соответствует процессу нейтрализации ионов на катоде и восстановлению потенциала нити — анода (рис. 26). Как видно на рисунке, время затухания импульса складывается из «мертвого» времени ($t_м$) и времени восстановления

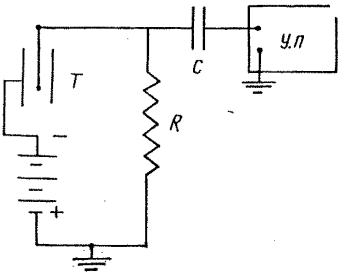


Рис. 25. Принципиальная схема включения счетчика радиоактивных излучений

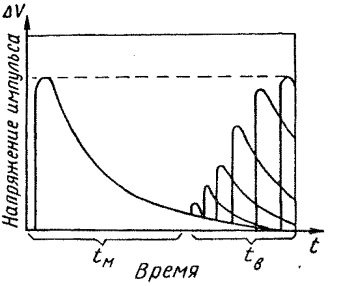


Рис. 26. Схема восстановления способности счетчика реагировать на прохождение второй частицы через разные промежутки времени после первой

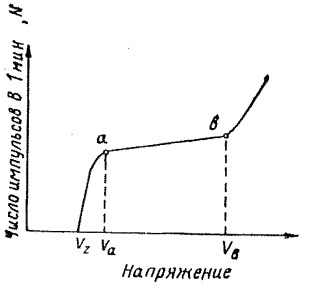


Рис. 27. Рабочая характеристика счетчика «плато»

($t_в$). В течение «мертвого» времени счетчик вообще не реагирует на приход новых частиц. Величина времени $t_в$ определяется отходом ионов от нити на некоторое характерное для каждого отдельного счетчика расстояние. В дальнейшем счетчик может опять реагировать на попадание новых бета-частиц. Тем не менее полное восстановление импульса происходит только при окончательном прекращении предыдущего импульса, т. е. через время $t_в$. Общая длительность времени восстановления, равная сумме $t_м$ и $t_в$, составляет также около 10^{-4} с.

Исходя из этого было определено, что наиболее благоприятная для работы скорость счета не превышает 3000 импульсов в 1 мин. При этом введение поправок на «мертвое» время не требуется.

Зависимость работы счетчика от подаваемого на него напряжения представлена на рис. 27. Эта зависимость является рабочей характеристикой счетчика. Напряжение V_z является минимальным для возникновения разряда под действием бета-частицы. Участок кри-

вой, соответствующий напряжениям V_z—V_a, показывает, что число импульсов в единицу времени при неизменных условиях освещения возрастает с увеличением напряжения. При дальнейшем нарастании напряжения V_a—V_b число импульсов практически не зависит от напряжения и определяется только числом бета-частиц, попавших в газовый счетчик. Этот участок, получивший название «плато», является рабочим участком. Участок напряжений, больших V_b, при которых начинается переход в непрекращающийся разряд, а также и начальный участок напряжений V_z—V_a не пригоден для работы.

Характеристическая кривая

Каждый тип счетчика (счетной трубки) обладает своим особым режимом работы, зависящим от его конструкций и от газовой смеси, его наполняющей.

Индивидуальные качества счетчика также имеют существенное значение. Особенности его работы выявляются при различных напряжениях — при построении и изучении ее характеристической кривой.

При обследовании счетчик включают в радиосхему счетной установки, подключив ее к блоку БГС, соблюдая полярность, и подают на нее от высоковольтного выпрямителя все возрастающее напряжение. Сначала он не работает, затем при некотором минимальном, характерном для данного счетчика напряжении на аноде он начинает работать — отмечать падающие на него импульсы. Минимальный потенциал, при котором он начинает работать, называется потенциалом зажигания.

При дальнейшем повышении напряжения счет быстро растет до некоторой величины. Затем в некотором интервале напряжения счет почти не изменяется. Дальше число импульсов, фиксируемых счетчиком, начинает снова возрастать — и, наконец, наступает непрерывный разряд. Участок кривой, на котором счет остается постоянным независимо от меняющегося напряжения, получивший название «плато», отчетливо виден на рис. 27.

На плато выбирают рабочую точку, которая располагается в наиболее горизонтальной его части, по возможности ближе к началу. Такой выбор рабочей точки обеспечивает большую продолжительность жизни счетчика, так как в этих условиях происходит меньшее число разрядов, а продолжительность его жизни определя-

ется числом импульсов (10^8—10^9), которые могут быть сосчитаны трубкой за всю ее жизнь.

Каждый экспериментатор должен хорошо знать свою счетную аппаратуру, поэтому определение характеристической кривой каждого счетчика является совершенно необходимым. Измерения производят следующим образом.

Включают счетную установку согласно инструкции. Ставят потенциометр выпрямителя в нулевое положение (крайнее положение против часовой стрелки). Постепенно увеличивая напряжение поворотом потенциометра по часовой стрелке, находят потенциал зажигания трубки. Затем через каждые 25 В измеряют число отсчетов, обусловленное естественным фоном. Во избежание порчи трубки измерения заканчивают в той части плато, где счет начинает резко возрастать. Для каждой точки делают пять измерений, по 1 мин каждое. Затем находят среднюю величину, а также устанавливают величину ошибки.

На основании полученных данных строят график — характеристическую кривую данного счетчика, откладывая по оси абсцисс напряжения в вольтах, а по оси ординат — число импульсов в единицу времени. На полученной кривой отмечают зону плато и находят на нем, как указывалось выше, рабочую точку счетчика. Отметим, что у счетчиков различного типа зона плато и рабочая точка приходятся на разные значения напряжения.

Характеристическая кривая счетчика АС-2 № 951 представлена на рис. 28. Нижняя кривая — это характеристическая кривая счетчика, построенная на фоновых отсчетах, а верхняя — это характеристическая кривая этого же счетчика, работающего с нагрузкой. Можно видеть, что кривые идут почти параллельно одна

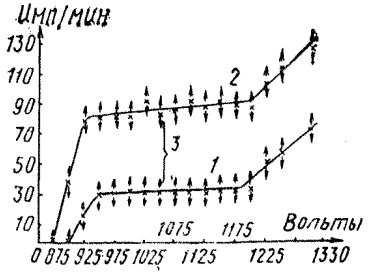


Рис. 28. Характеристическая кривая счетной трубки АС-2
1 — фон; *2* — радиоактивный препарат; *3* — рабочая точка на плато

другой. Собственная активность препарата определяется как разность между верхней и нижней кривыми.

Именно величина этой разницы и определяет собой необходимую и достаточную активность излучения исследуемого образца. При постановке опытов желательно, чтобы активность препарата была больше активности фона.

Рассматривая кривые, выбираем на плато рабочую точку; пусть это будет при напряжении 1050 В. Затем производим дополнительное изучение разброса отсчетов для фона в рабочей точке, а также измерение активности какого-либо образца. Измерения производим 10 раз по 1 мин. Получаем данные, приведенные в табл. 13.

Таблица 13

Измерения	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Всего за 10 мин	Среднее за 10 мин
Фон	34	32	34	31	32	28	35	32	31	37	326	33
Образец+ +фон	371	363	382	379	366	384	365	360	382	366	3718	372

Отсюда:

среднее значение для активности фона ($A_ф$)

$$A_ф = 33 \pm \frac{326}{10} = 33 \pm 1{,}8;$$

относительная ошибка Δф при измерениях фона, %

$$\Delta ф = \frac{1{,}8 \cdot 100}{33} = 5{,}6;$$

среднее значение для активности образцов и фона $A_{о+ф}$

$$A_{о+ф} = 372 \pm \frac{\sqrt{3718}}{10} = 371 \pm 6{,}1;$$

относительная ошибка ($\Delta_о + Ф$) при измерениях образца и фона, %

$$\Delta_о + Ф = \frac{6{,}1 \cdot 100}{372} = 1{,}6.$$

Собственная активность изучаемого нами образца

$$A_о = A_{о+ф} - A_ф = 372 - 33 = \pm \sqrt{1{,}8^2} + \sqrt{6{,}1^2} =$$

$$= 339 \pm \sqrt{40{,}44} = 339 \pm 6{,}4,$$

относительная ошибка измерения образца Δ_0

$$\Delta_0 = \frac{6,4 \cdot 100}{339} = 1,7\%.$$

Естественный фон, отмечаемый счетчиком, обусловлен действием космических лучей на счетную трубку, а также действием излучения присутствующих везде следов радиоактивных веществ. Для каждого счетчика фон является постоянным, колеблющимся в незначительных пределах, обусловленных статистическими флюктуациями.

Фоновые отсчеты являются «нулевой точкой» для каждого счетчика, и к ее определению приходится все время прибегать для суждения о правильной работе счетчика.

В ряде случаев для улучшения условий счета радиоактивного препарата бывает желательно уменьшить величину фона. Для этого счетную трубку помещают в свинцовую защиту—«домик», толстые стенки которого поглощают все β-частицы и значительную часть γ-лучей, в основном мягкую компоненту космического излучения.

Чтобы исключить возможность образования тормозного гамма-излучения, в «домик» изнутри вставляется съемный алюминиевый каркас толщиной 2—3 мм (см. рис. 24).

Необходимо отметить, что величина естественного фона счетчика может значительно возрасти при загрязнении лаборатории радиоактивными веществами, от присутствия источников радиоактивного излучения в виде препаратов, а также от работающих неподалеку мощных рентгеновских установок.

Как видно из данных, приведенных в табл. 13, величина активности фона подвержена некоторым флюктуациям. При большом числе наблюдений среднее арифметическое из всех наблюдений и истинная величина совпадают. Но для суждения о достоверности наблюдений всегда надо знать относительную ошибку отдельного наблюдения или среднее квадратичное отклонение.

Если пользоваться следствием из закона распределения Пуассона, можно сказать следующее.

Если активность препарата A значительна, например больше 2000 имп/мин или выше (N), то поправку на фон, равный, например, 30 имп/мин, можем не учитывать, так как она составляет малую величину от актив-

ности препарата. В этом случае результат измерения выразится формулой

$$A = \frac{N}{t} \pm \frac{\sqrt{N}}{t}, \qquad (11)$$

где A — наиболее вероятная величина активности, N — число сосчитанных импульсов за время t.

Если при расчетах нельзя пренебречь фоном, то вычисления могут быть выполнены по формуле

$$A = \frac{N_0+\Phi}{t_0+\Phi} - \frac{N_\Phi}{t_\Phi} \pm \sqrt{\frac{N_0+\Phi}{t_0^2+\Phi} + \frac{N_\Phi}{t_\Phi^2}}. \qquad (12)$$

Общая схема измерений счетчика

1) Определяется рабочая характеристика счетчика, т. е. зависимость числа импульсов в 1 мин от напряжения, и выбирается рабочая точка в первой трети горизонтальной части кривой (плато), т. е. в той части ее, где число импульсов не зависит уже от подаваемого напряжения и равно числу попавших в счетчик бета-частиц, игравших роль «запала» импульса.

2) Определяется эффективность (постоянная) счетчика. Счетчик измеряет количество бета-частиц, попавших в него. Однако эта величина не равна числу действительных распадов в измеряемом препарате: часть радиоактивных излучений рассеивается в стороны от счетчика, часть поглощается в слое воздуха, слюды и т. д. Истинная активность препарата отличается от измеренной некоторой постоянной для данного прибора величиной, которая может быть определена при измерении препарата (эталон) известной активности. Если истинная активность эталона равна N_1, измеряемая — N_2, постоянная $C = \frac{N_2}{N_1}$, то истинная активность любого другого препарата будет

$$N_1 = N_2 C. \qquad (13)$$

3) При измерении относительной активности препарата надо учитывать влияние радиоактивного фона, т. е. естественную радиоактивность за счет космических лучей, загрязнения помещения и др.

Величина фона N_Φ определяется числом распадов в единицу времени, показываемым прибором без нахождения в нем препарата. При правильном измерении радиоактивности препарата надо от измеренного значения активности отнять величину фона, т. е.

$$N_1 = (N_2 - N_\Phi)\, C. \qquad (14)$$

4) При определении активности препарата необходимо подобрать такое расстояние препарата от счетчика, на котором скорость счета излучений от препарата в единицу времени была бы в 10—15 раз выше фона, но в то же время не превышала 3000 имп/мин. Результаты измерений меняются в зависимости от расстояния радиоактивного препарата от счетчика, поэтому необходимо также определять коэффициент пересчета для каждой полочки столика торцового счетчика.

Подготовка радиометрической аппаратуры к измерениям и ее краткая характеристика

Радиометр типа Б-2

6.4. Радиометр типа Б-2 предназначен для измерений радиоактивности посредством газовых счетчиков и пересчетного прибора с электромеханическим счетчиком импульсов. Он состоит из приемного устройства — газовой счетной трубки в свинцовом домике, входного блока БГС-2, блока усилителя ВСП и пересчетного устройства, смонтированного в блоке ВСП (см. рис. 22).

У входного блока типа БГС-2 имеется держатель счетных трубок.

Блок типа ВСП включает пересчетное устройство, электромеханический счетчик, секундомер типа СМ-60 и высоковольтный выпрямитель для питания газовых счетчиков.

Радиометр регистрирует импульсы отрицательной полярности и любой амплитуды в пределах 0,4—100 В, поступающие на вход блока БГС-2 от счетных трубок либо от иного источника импульсов. Он регистрирует также импульсы положительной полярности амплитудой от 2 до 100 В, подаваемые

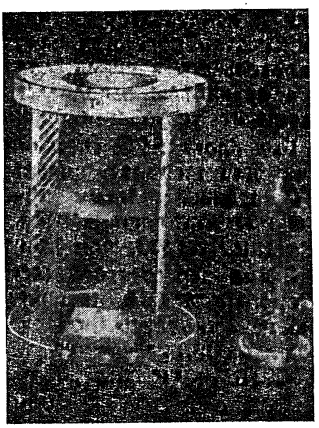


Рис. 29. Торцовый счетчик типа АС-2 и пластмассовый столик к нему с кассетой, закрепленной в пазах столика

на входные клеммы блока ВСП, и способен считать импульсы, разделенные интервалом не менее 50 мкс, при среднем их числе до 6400 в 1 с. Длительность импульсов может меняться в пределах от 10 мкс до 10 мс при времени нарастания импульса не менее 2 мкс и не более 5 мс.

Пересчетное устройство радиометра делит число подаваемых на его вход импульсов на 1, 4, 16, 64 в зависимости от положения переключателя, а ее высоковольтный выпрямитель рассчитан на нагрузку не менее 100 МОм. При изменении напряжения питающей сети на ±10% номинального выпрямленное напряжение меняется на ±1%. Выпрямленное напряжение измеряется вольтметром установки с точностью ±5%. Радиометр Б-2 питается от сети переменного тока частотой 50 Гц и напряжением 110, 127 или 220 В с допустимым отклонением от номинала ±10%. Он рассчитан на длительную непрерывную работу.

Ниже дается краткая характеристика и назначение отдельных частей радиометра.

Входной блок БГС-2 служит для подачи выпрямленного напряжения от высоковольтного выпрямителя на трубку. Он содержит высокоомное сопротивление и разрядный конденсатор. При разрядке импульсы через конденсатор подаются на управляющую сетку лампы усилительного каскада; далее усиленный импульс по гибкому кабелю передается на вход усилительного пересчетного устройства блока ВСП.

Вид блока БГС, счетчика в свинцовой защите и полочки для препарата показан на рис. 24. Входной блок БГС соединен толстым гибким кабелем с высоковольтным выпрямителем и тонким гибким кабелем — с пересчетным устройством блока ВСП.

Схема пересчетного каскада блока ВСП, тумблеры которого выведены на панель, позволяет делить поступающие импульсы в отношении 1:1, 1:4, 1:16, 1:64 от входящих импульсов шести сигнальных лампочек (от пересчетных ячеек).

Высоковольтный выпрямитель обеспечивает подачу стабильного постоянного высокого напряжения (до 2500 В) на счетчик и питание всех ламп схемы.

Прежде чем приступить к работе на установке типа Б-2, необходимо:

проверить и привести в соответствие с напряжением сети переменного тока положение колодки силового

трансформатора (колодка расположена в отверстии задней стенки кожуха);

вывести ручку регулятора высокого напряжения в крайнее левое положение;

поставить тумблер сети в положение «выключено»;

подключить надежное заземление к клемме «Земля» на задней панели прибора;

подключить блок БГС-2 к блоку ВСП посредством гибких кабелей;

вставить счетную трубку в держатель (соблюдая полярности);

включить тумблер сети, при этом должна загораться сигнальная лампочка; прибору необходимо дать прогреться в течение нескольких минут;

установить необходимое высокое напряжение. При этом нужно учитывать, что напряжение на выходе растет медленнее, чем напряжение на показывающем приборе.

Примечание. Следует помнить, что на выходе выпрямителя развивается высокое напряжение. Второй конец высоковольтного кабеля должен быть обязательно подключен к потребителю. Нигде не должно быть концов высоковольтной цепи, доступных для прикосновения. В процессе работы никаких переключений высоковольтного кабеля не делать;

установить необходимый коэффициент пересчета, выключить тумблер «Пуск», нажать кнопку «Сброс». Установить на нуль шкалы электромеханического счетчика;

выключить тумблер «Пуск». Электромеханический счетчик должен начать регистрацию импульсов;

выключить после окончания счета тумблер «Пуск» и списать показание счетчика. Число зарегистрированных импульсов равно показанию счетчика, умноженному на коэффициент пересчета, плюс сумма чисел, стоящих у горящих неоновых лампочек.

Пример. Показания счетчика — 107, коэффициент пересчета — 64, горят неоновые лампочки с цифрами 1, 4 и 32. Общее число импульсов равно $107 \cdot 64 + 1 + 4 + 32 = 6885$.

Для выключения прибора следует выключить тумблер сети и нажать на 10—15 с кнопку «Замыкание высокого напряжения».

При работе с пересчетным прибором необходимо учитывать, что он имеет большую чувствительность, а по-

этому может считать и отдельные «шумовые» импульсы. Может возникнуть необходимость в отсечке шума фильтром либо специальным ламповым устройством.

Для проверки верности счета следует поставить переключатель в положение «проверка». Число импульсов, зарегистрированных электромеханическим счетчиком, должно быть равно 50 за 64 с. Неточность в 1—2 импульса допустима, так как может быть вызвана уходом частоты сети или разностью во времени включения и выключения тумблера «Пуск» и секундомера.

Все переключения кабеля или заглушек в цепи высоковольтного выпрямителя, смена ламп, ремонт и т. п. должны производиться только после того, как прибор выключен и конденсаторы схемы высоковольтного выпрямителя разряжены.

Радиометр Б-4 (ПП-16)

Радиометр Б-4 (рис. 30) предназначен для счета и регистрации импульсов от низковольтных газовых счетчиков. Прибор может применяться для счета от любых датчиков периодических импульсов и синусоидального напряжения, имеющих параметры, указанные ниже. При использовании отдельного источника высокого напряжения возможна работа с высокочувствительными счетчиками.

Установка рассчитана на питание от сети переменного тока частотой 50 Гц и напряжением 220 В ±10%. Потребляемая мощность не более 30 Вт.

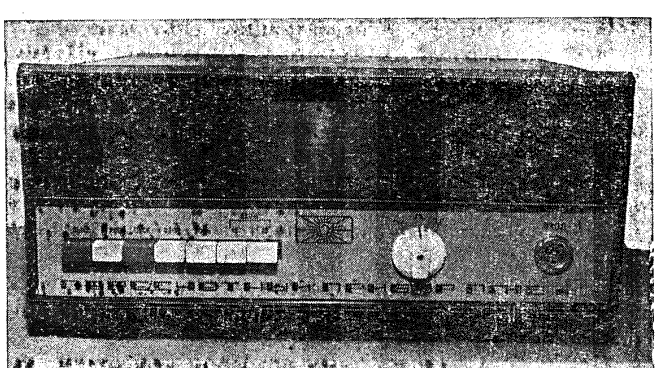


Рис. 30. Радиометр типа Б-4 (ПП-16)

Подготовка установки к работе. При работе установки с блоком БГС-4 на газовые счетчики подается высокое напряжение, опасное для жизни. Замена газовых счетчиков, сопротивлений нагрузки и ремонт БГС и установки в целом допустимы только в обесточенном состоянии.

Проточный 4π-счетчик с комплектом электронной аппаратуры «Протока»

Проточный 4π-счетчик предназначен для измерения бета-активности твердых образцов (S^{35}, C^{14} и т. п.) 4π-счетчик проточного типа с анодами в виде петель. Рабочий газ — метан или пропан — протекает через объем счетчика при атмосферном давлении. Плато счетной характеристики для счета бета-частиц лежит в области напряжений 2950—3400 В. Фон счетчика 25 имп/мин.

Разрешающее время прибора при загрузке 10^4 расп/с — не более $2 \cdot 10^{6}$с. Эффективность счетчика 100%. Питание от сети переменного тока 220 В, частотой 50 Гц. Прибор сохраняет работоспособность при температурах от —10 до +40°С и относительной влажности до 90%. Счетчик допускает измерение источников на подложке диаметром до 35 мм с активным пятном диаметром до 25 мм.

Смена источников производится без нарушения рабочего режима счетчика. Счетчик помещен в свинцовую защиту толщиной не менее 4 см по всем направлениям. Электронный блок на полупроводниках включает: блок высоковольтного питания (1250—3500 В), усилитель-дискриминатор, пересчетное устройство с емкостью счета 10^6 импульсов, блок автоматики, блок низковольтного питания. Потребляемая мощность не более 40 Вт.

Измерение интенсивности радиоактивных излучений образцов, пораженных меченой культурой гриба

Условия, оказывающие влияние на результаты измерений

6. 5. Измерение интенсивности излучений от образцов, пораженных меченой культурой гриба, должно происходить в строго определенных условиях, так как на ре-

зультаты измерений влияют многие факторы. Наиболее существенными из них помимо удельной активности препарата являются следующие: толщина, удельный вес и влажность препарата, период времени, прошедший с начала опыта, фон лабораторного помещения, тип счетчика, длительность измерения, геометрическое положение препарата по отношению к счетчику (т. е. расстояние его от счетчика), напряжение электрического тока, подаваемого на установку и проходящего через высоковольтный выпрямитель, интенсивность излучений в единицу времени и общее число полученных импульсов.

Для радиометров Б-2 с газоразрядными счетчиками Т-25-БФЛ при толщине слюдяного окошечка 1,2 мг/см^2 рабочее напряжение должно, так же как и для счетчика АС-2 (см. рис. 22), выбираться в первой трети плато и составлять величину, близкую к 1300—1500 В. При таком напряжении фон рабочего помещения при закрытой дверце свинцового домика обычно близок к 25—30 имп/мин. Расстояние препарата от торцового счетчика должно быть таким, чтобы интенсивность излучения в 1 мин (относительная скорость счета имп/мин) не превышала 3000 имп/мин.

Если при измерении препарата даже на нижней полочке торцового столика скорость счета радиоактивных излучений превышает указанную величину, над препаратом помещают диафрагму из алюминия или плексигласа нужной толщины (см. рис. 21). Это позволит уменьшить скорость счета излучений от препарата до требуемой величины. При использовании препаратов малой активности, скорость счета которых измеряется десятками или сотнями импульсов в 1 мин, их необходимо держать под счетчиком столько времени, сколько потребуется, чтобы суммарное число импульсов составляло не менее 2500.

Разделив это число на время счета, получают скорость счета препарата в имп/мин. При фоне 18—30 имп/мин лучше всего работать с препаратами контрольных образцов (без антисептика), дающими около 3000 имп/мин.

При относительных измерениях разных образцов содержащих один и тот же изотоп, сравнивается скорость счета импульсов в единицу времени при точном соблюдении геометрических условий измерения. Для этого их помещают в кассеты (подложки) и устанавливают в горизонтальные пазы столика (этажерки) тор-

цового счетчика в строго фиксированном положении внутри свинцовой защиты. Толщина, влажность и удельный вес сравниваемых препаратов должны быть одинаковыми.

Производить относительные измерения образцов, испытанных с помощью культур, меченных разными радиоактивными изотопами, не рекомендуется, поскольку интенсивность поглощения бета-лучей в толще древесины зависит от энергии излучения радиоактивного индикатора. Это отчетливо видно из рис. 31, где пока-

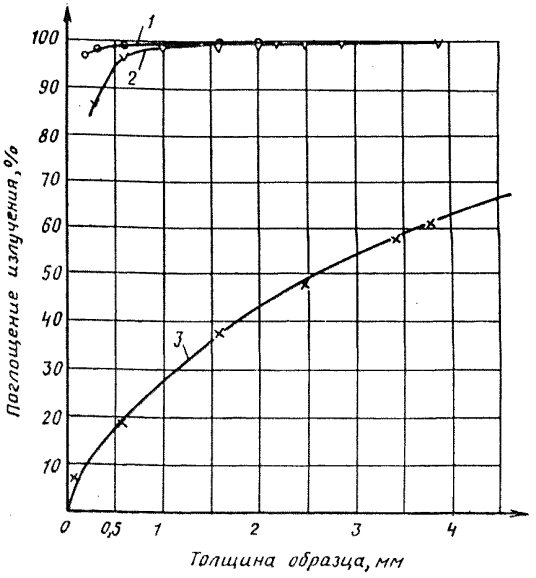


Рис. 31. Поглощения бета-излучений древесиной заболони сосны. Кривая для излучения (Ф. Ф. Мазур)
1 — S^{35}; *2* — Ca^{45}; *3* — P^{32}

зана величины поглощения в древесине заболони сосны бета-излучений P^{32}, S^{35} и Ca^{45}. На величину поглощения бета-излучения в толще древесины большое влияние оказывает также влажность древесины. На рис. 32 представлены характеристики пропускания бета-излучения P^{32} образцами древесины заболони сосны, которые были высушены до постоянной массы при температуре +100°С, а также образцы, высушенные до влажности 5,5—6% (воздушно-сухие) и увлажненные до 30%.

Точно так же должны быть изготовлены из одного материала и подложки под образцы препаратов, так

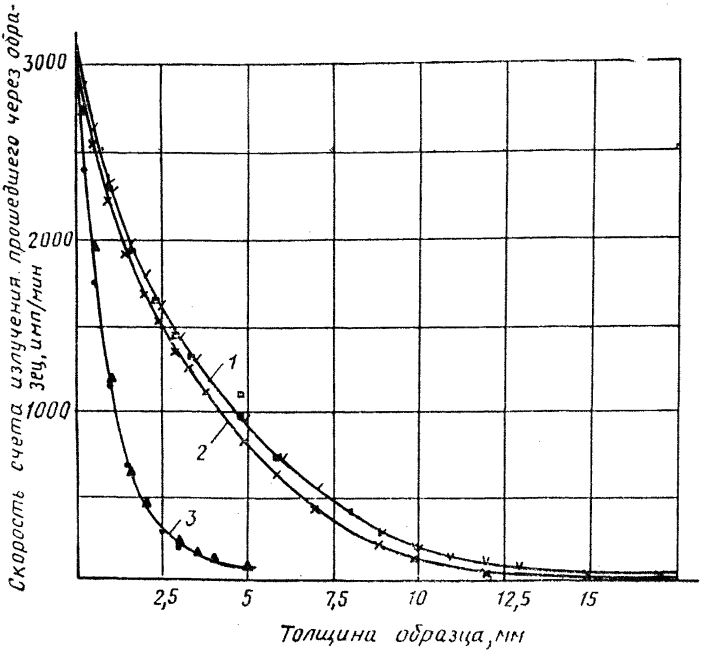


Рис. 32. Зависимость пропускания бета-излучения P^{32} от влажности заболони сосны (Ф. Ф. Мазур)

1 — абсолютно сухая древесина; *2* — воздушно-сухая; *3* — сырая

как иначе придется вносить поправку на обратное расстояние бета-частиц в материале подложки, что нежелательно, так как потребует дополнительной затраты времени на ее определение.

При длительной работе эффективность газоразрядных счетчиков с течением времени меняется в сторону уменьшения. Это происходит потому, что газовая смесь, наполняющая счетчик, расходуется после регистрации разрядов.

Поэтому следует учитывать поправку на воспроизводимость счетчика с помощью эталона долгоживущего изотопа и периодически измерять плато, а в случае его изменения соответственно менять рабочую точку.

Если предположить, что источник излучения носит точечный характер и находится в однородной среде (например, повис в воздухе), бета-лучи распростра-

няются во все стороны с одинаковой интенсивностью. В действительности при измерении радиоактивного препарата он носит неточечный характер: его укладывают на подложку, объемный вес которой существенно отличается от объемного веса воздуха. Поэтому часть излучений попадает в слой воздуха и через него проникает в счетчик, вторая часть распространяется также в воздухе, но не попадает в счетчик, минуя его слева и справа, и, наконец, третья попадает в подложку, на которой лежит препарат. В последнем случае часть лучей поглотится в стенке подложки, но некоторые из них при встрече с материалом подложки могут изменить свое направление, образовать отраженное излучение и присоединиться к тем лучам, которые попали в объем счетчика. Поскольку в различных веществах не только поглощение, но и отражение бета-лучей происходит не одинаково, материал подложки и ее толщина должны быть постоянными. Рекомендуется использовать подложки из легкого материала (органического стекла, алюминия, латуни) небольшой толщины — 0,5—1 мм.

Практика показала, что лучше всего измерять препараты, имеющие форму круга, диаметр которого в 2—2,5 раза меньше диаметра слюдяного окошечка торцового счетчика БФЛ-25. При такой форме и таком размере препарата во входное отверстие счетной трубки, закрытое тонкой пленкой из слюды, поступает довольно значительная часть бета-лучей, испускаемых им. С целью экономии времени и для повышения точности измерения радиоактивных образцов, пораженных меченой культурой, измерения можно производить не на специально изготовленных препаратах строго определенного диаметра, а непосредственно на образцах, подвергавшихся действию меченой культуры, однако при обязательном условии, что под счетчик попадает совершенно одинаковая площадь каждого измеряемого образца. Для этого на образец, пораженный меченой культурой гриба, накладывают защитный экран (диафрагму), в средней части которого сделано отверстие диаметром 10 см. Удобны для этой цели диафрагмы из алюминия или органического стекла толщиной не менее 5 мм (см. рис. 21). Путем их использования при образцах древесины строго определенной толщины можно без затрат времени на изготовление образцов круглой формы измерить активность образцов с достаточной степенью точности.

При выращивании культур гриба на питательных средах с P^{32}, удельная активность которых равна 0,2 мккюри/мл, при длительности испытаний от 3 до 8 недель, диаметре отверстия в диафрагме 10 мм и использовании торцового счетчика БФЛ-25 с толщиной слюды в окошечке 1,2 мг/см^2, при фоне в 25—30 имп/мин можно получить четкие количественные показатели интенсивности внедрения мицелия гриба в исследуемые образцы.

Обработка цифрового материала, полученного в результате измерения образцов

При обработке цифрового материала, полученного при измерении образцов, из полученных данных необходимо вычесть фоновые отсчеты.

Так как импульсы фона и самого препарата флюктуируют вследствие спонтанного характера радиоактивного распада, то для получения надежных данных измерения должны вестись достаточно долго, если активность препарата отличается от фона на сравнительно небольшую величину. Для определения числа импульсов, обеспечивающих заданную относительную скорость счета, рекомендуется пользоваться табл. 14, составленной Л. А. Беллом.

При этом принимаются следующие обозначения:

$N_ф$ — измеренное число импульсов от фона (фоновые отсчеты);

$N_о+Ф$ — общее число импульсов (образец+фон);

$n_ф$ — скорость счета фона ($\frac{N_ф}{t_ф}$, где $t_ф$ — время);

$n_о+Ф$ — скорость счета образца+фона;

$$K = \frac{n_о + Ф}{n_ф};$$

K — отношение скоростей счета;

Δ — относительная статистическая ошибка, определяемая скоростью счета.

В табл. 14 ниже ломаной линии помещены такие значения активности образцов, при которых фон можно не учитывать. Его периодически следует измерять только для того, чтобы убедиться в исправности радиометра и счетной трубки, а также неизменяемости естественной радиоактивности окружающей среды (фона). Практически это делается каждое утро перед началом изме-

Таблица 14

$\frac{n_0 + n_\Phi}{n_\Phi} = K$	Δ=1%		Δ=2%		Δ=3%		Δ=5%		Δ=10%	
	N_Φ	$N_0 + \Phi$	N_Φ	$N_0 + \Phi$	N_Φ	$N_0 + \Phi$	N_Φ	$N_0 + \Phi$	N_Φ	$N_0 + \Phi$
1,3	240000	350000	60000	90000	27000	40000	95000	14000	24000	3500
1,5	89000	163500	22000	41000	10000	18000	3600	6500	900	1600
1,7	47000	105000	12000	26000	5000	12000	2000	4000	470	1000
2	24000	68000	6000	17000	2700	7600	1000	2700	240	710
3	11500	46000	3000	11000	1300	5100	450	1800	115	450
5	2000	23000	500	5700	200	2600	80	930	20	230
10	500	16000	130	4000	60	1800	20	650	5	160
20	150	13000	40	3300	20	1500	6	540	(1,5)	130
50	34	11900	9	3000	4	1300	(1,3)	480	(0,34)	120
100	11	11200	(3)	2800	—	1200	(0,4)	450	—	112
	(0)	10000	—	2500	—	1100	—	400	—	100

рения радиоактивных препаратов и после обеденного перерыва. При фоне 25—30 имп/мин общее число импульсов от каждого отдельного образца из древесины сосны, ничем не обработанной, пораженной меченой культурой гриба, должно составлять величину, близкую к 2500 имп. Максимальная скорость счета излучений от радиоактивного препарата не должна превышать 3000 имп/мин. При такой постановке измерений введение поправочного коэффициента на «мертвое» время счетчика не требуется.

Радиометр типа Б-2, так же как и другие импульсные приборы, нуждается в соответствующей «настройке». В данном случае она состоит в периодическом определении рабочей характеристики счетной трубки и в определении плато и рабочей точки, зависящих, как указывалось ранее, от напряжения высоковольтного выпрямителя. Только при напряжении, соответствующем рабочей точке, должны производиться измерения радиоактивных препаратов и фона.

Проверка радиологической чистоты изотопных препаратов

Прежде чем приступить к использованию полученных радиоактивных препаратов, необходимо удостовериться в радиохимической чистоте изотопа. Радиохимическую чистоту радиоактивных веществ можно определить несколькими методами. Наиболее доступными являются физические методы определения, основанные на измерении кривой распада радиоактивного изотопа и определении периода полураспада, а также методом определения верхней границы бета-спектра. Как известно, зависимость логарифма активности радиоактивных изотопов от времени носит линейный характер. При наличии примеси короткоживущих изотопов эта зависимость перестает быть линейной; при этом период полураспада, найденный в результате анализа соответствующей кривой, будет меньше периода полураспада определяемого изотопа. В случае наличия примеси долгоживущего радиоактивного изотопа зависимость логарифма активности от времени также будет носить нелинейный характер; найденный период полураспада окажется больше периода полураспада исследуемого изотопа.

Авторадиография образцов, пораженных меченой культурой гриба

6.6. Широко используемый в биологических работах метод авторадиографии основан на том, что энергия, освобождающаяся при радиоактивном распаде, может оказывать на фотоэмульсию действие, аналогичное действию световой энергии. Рекомендуются эмульсии толщиной порядка 10—20 мк.

Содержащий радиоактивный изотоп объект помещают в темноте на фотопластинку или на фотопленку и оставляют в плотном соприкосновении с фотоматериалом на время тем большее, чем меньшее количество радиоактивного изотопа присутствует в объекте. По окончании экспозиции фотопластинку проявляют, фиксируют и промывают обычным образом. На пластинке (авторадиограмме) получается изображение экспонированного объекта, причем те части объекта, в которых сосредоточено наибольшее количество радиоактивного изотопа, оказываются на изображении наиболее темными. В случае необходимости с авторадиограммы можно делать отпечатки на фотобумаге, как с обычного негатива.

Метод авторадиографии для работы с мечеными культурами имеет ряд ценных преимуществ, а именно: он позволяет обнаружить очень малые количества радиоактивных изотопов, не дающие заметного превышения над уровнем естественного радиоактивного фона, которые не могут быть с достаточной достоверностью обнаружены с помощью счетной установки. Однако те же самые количества изотопов дают при длительной экспозиции (иногда достигающей многих дней и даже недель) четкое изображение на авторадиограмме.

Метод авторадиографии обладает большой эффективностью. Если счетная трубка регистрирует максимум 20—30% распадов, происходящих в исследуемом объекте, то в создании авторадиографического изображения участвуют в случае плотного прилегания объекта к фотопластинке 50% всех освобождающихся при распадах ядерных частиц. Если поместить объект между двумя фотопластинками, уловленными окажутся все 100% освобождающихся ядерных частиц.

Путем сопоставления данных, полученных из измерения скорости счета от образцов древесины, пораженных меченой культурой гриба, с авторадиограммой дан-

ного образца можно устранить малейшие погрешности измерений и тем самым повысить точность опыта, а кроме того, получить еще объективный, длительно сохраняемый документ, фиксирующий результат опыта. По полученной авторадиограмме можно судить о количестве проникшего в образец мицелия гриба.

Авторадиография позволяет обнаружить тонкую локализацию радиоактивных изотопов в органах, тканях и клетках. Поэтому авторадиография широко применяется при исследованиях структурных образований и т. п. С ее помощью можно исследовать микрообъекты (гистоавторадиография).

Авторадиограммы, как и фотографические изображения, очень удобны для хранения и для демонстрации.

Особенно важные результаты можно получить, радиофотографируя образцы, содержащие дозы антисептика, граничащие с верхней границей предельной дозы, а также порогового поглощения.

Для изготовления авторадиограмм с образцов, пораженных меченым мицелием гриба, удобны рентгеновские пленки типа РТ-1 и рентгеновские кассеты, размер которых диктуется условиями опыта, количеством образцов и пр.

На рис. 33 даны фотографии малой рентгеновской кассеты в открытом виде и большой закрытой кассеты.

Перед помещением в рентгеновскую кассету образец древесины, содержащий изотоп, должен быть высушен при температуре 100°С до абсолютно сухого состояния. На дно кассеты укладывают рентгеновскую пленку, а поверх нее — исследуемый образец, плотно закрывают ее и хранят в сухом и темном помещении от 1 до 30 дней. Длительность выдерживания меченого образца на рентгеновской пленке диктуется видом изотопа, энергией его излучения, удельной активностью исследуемого вещества и периодом времени, прошедшим с момента укладки образца на меченую культуру гриба. Образцы древесины, пораженные культурой гриба, меченной P^{32}, достаточно выдерживать в кассете в течение 10 дней, если с момента укладки на культуру гриба прошло не более 60 дней и удельная активность питательной среды была не менее 1 мккюри/мл. После экспозиции рентгеновскую пленку обрабатывают обычным проявителем для рентгеновских пленок, в состав которого входят следующие компоненты: дистиллированная вода 500 мл (нагретая до 50°С), метол 2 г,

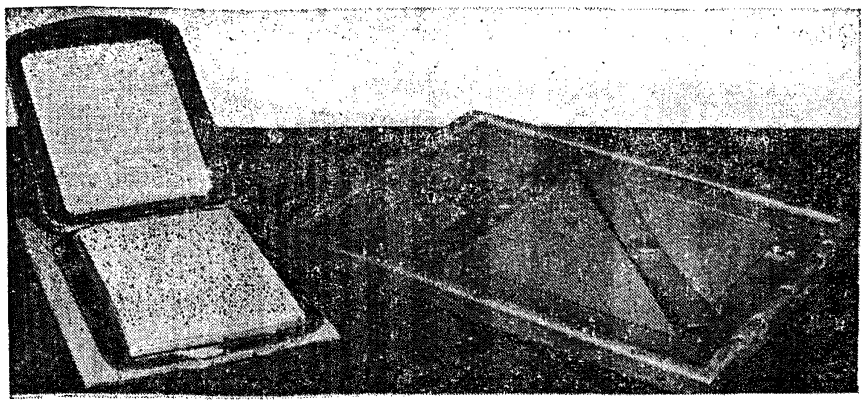


Рис. 3. Малая и большая рентгеновские кассеты

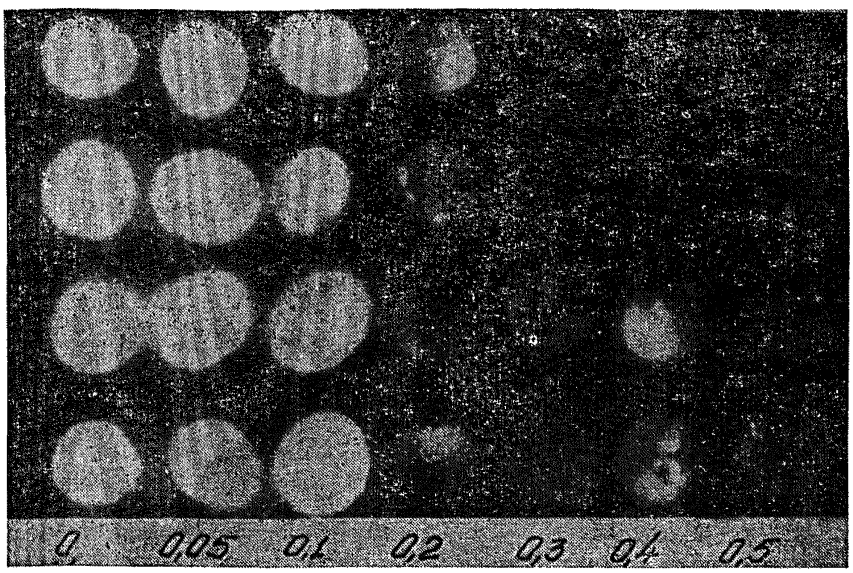


Рис. 34. Авторадиограмма образцов древесины после их испытаний на меченных P^{32} культурах пленчатого домового гриба

1-й ряд слева — древесина заболони сосны без антисептика; *2* — 7-й ряды — древесина, пропитанная фтористым натрием. Содержание фтористого натрия в сухой массе древесины от 0,05% (во 2-м ряду) до 0,5% (в 7-м ряду). Светлые пятна — места локализации гриба, меченного P^{32}

сульфит кристаллический 180 г, гидрохинон 8 г, сода кристаллическая 118 г, бромистый калий 5 г. Каждый из указанных компонентов растворяют отдельно в 20—30 мл воды и сливают в бутыль, в которую добавляют столько дистиллированной воды, чтобы общее количество ее составляло 500 мл.

Проявлять пленку следует 6—8 мин. Затем ее промывают прохладной водой и фиксируют. Для фиксации используют кислый фиксаж. Его готовят следующим образом: в 500 мл дистиллированной воды (при 50°С) растворяют 50 г кристаллического сульфита и туда же добавляют 30 мл 30%-ной ледяной уксусной кислоты. Это первая часть раствора. Для изготовления второй части берут еще 500 мл дистиллированной воды и растворяют в ней 250 г кристаллического гипосульфита. Оба раствора сливают в одну бутыль и используют по назначению.

Фиксирование рентгеновской пленки производят 20 мин. Промывание и фиксирование пленки, так же как и проявление, следует производить в полной темноте.

Авторадиограмма образцов древесины без антисептика и содержащих разные концентрации фтористого натрия после действия культуры гриба, меченной радиофосфором, показана на рис. 34.

Оформление результатов биологических испытаний

6.7. Определение токсичности антисептиков и степени биостойкости древесины разных пород, древесных плит и других строительных материалов, так же как и другая исследовательская работа, должно сопровождаться своевременной и тщательной регистрацией экспериментальных данных и схемы испытаний. При этом независимо от критерия токсичности в рабочем журнале должны быть зафиксированы следующие данные: концентрация пропиточного раствора, величина поглощения пропиточного раствора образцом древесины, его вес до и после пропитки, размер образца, его объемный вес, а также влажность древесины и др. Форма журнала, удобная для регистрации данных, необходимых для получения сведений о величине поглощенного антисептика к весу сухой древесины (или на 1 м^3), приведена в табл. 15.

Помимо данных, указанных в табл. 15, в журнале следует дать сведения о дате заражения питательной среды чистой опытной культурой гриба и о дате укладки и снятия образца с культуры гриба. При оценке по потере массы следует записать массу образца (пропитанного антисептиком) до воздействия культурой гриба и после такого воздействия, влажность образца после нахождения на культуре гриба и изменения в мас-

Таблица 15

Концентрация пропиточного раствора по масс, %	№ образца	Масса образца до пропитки, г		Объемная масса древесины, кг/м³	Масса бюкса, г	Масса образца, поглощенного раствора и бюкса, г	Масса образца и поглощенного раствора, г	Масса поглощенного раствора		Масса образца после испарения растворителя, г	Содержание антисептика в сухой массе древесины		Среднее поглощение антисептика, кг/м³
		воздушно-сухая	абсолютно сухая					г	%		г	%	
0,1	574	1,527	1,4401	0,531	31,3226	35,0502	3,6676	2,1406	143	1,5464	0,0021	0,14	0,7

Таблица 16

Данные до биологических испытаний										Данные, полученные в результате биологических испытаний																			
название антисептика	концентрация пропиточного раствора, %	среднее поглощение антисептика, кг/м³	№ бюкса	масса бюкса, г	масса бюкса и образца, г		воздушно-сухая масса образца*, г	абсолютно сухая масса образца*, г	средняя влажность древесины, %	№ эксикатора	вида гриба	дата заражения питательной среды	длительность опыта		результат биологических наблюдений				№ бюкса	масса пустого бюкса, г	масса бюкса и образца в день снятия опыта, г	масса сбразца и бюкса после сушки при 100°С, г				масса сухого образца, г	масса выпаренной воды, г	влажность древесины, %	потеря веса	
					1	2							дата укладки образца на культуру гриба	дата снятия образца с культуры гриба	1	2	3	4				1	2	3	4				г	%

* Воздушно-сухую массу образцов можно определить и без бюксов при условии постоянной температуры и влажности воздуха в лаборатории на весь период измерения.

** Абсолютно сухая масса образцов высчитывается на основании данных о воздушно-сухой массе образцов и средней влажности древесины (см. п. 5.2).

Таблица 17

Данные до биологических испытаний							Данные, полученные в результате биологических испытаний																			
название антисептика	концентрация пропиточного раствора, %	среднее поглощение антисептика, кг/м³	средняя влажность древесины, %	толщина образцов, мм	вид гриба	№ эксикатора	дата заражения питательной среды	длительность опыта		результаты биологических наблюдений				определение интенсивности излучений											
								дата укладки образца на культуру гриба	дата снятия образца с культуры гриба	1	2	3	4	дата измерений радиоактивных препаратов	рабочее напряжение, В	фон, имп/мин	№ полочки	длительность измерения, мин	показание электромеханического счетчика	общее число импульсов за вычетом фона	скорость счета, имп/мин, без поправки на радиоактивный распад за вычетом фона	сколько дней прошло с начала опыта до измерения образца	$\frac{t}{T}$	K	скорость счета, имп/мин, с поправкой на радиоактивный распад

се образца, вызванные грибом (табл. 16). Результаты биологических наблюдений, выполняемых в процессе испытаний, необходимо записывать в журнал в день их проведения. Результаты испытаний и полученные данные о токсичности антисептиков могут быть достоверными только в случае проведения биологических испытаний на культуре гриба, свободной от инородной инфекции, что и должно подтверждаться записью в журнале.

При работе методом меченых культур большое значение имеет наличие сведений не только о дате начала и окончания биологических испытаний, но и о дате и астрономическом времени измерения радиоактивного препарата, а кроме того, о величине рабочего напряжения высоковольтного выпрямителя радиометра, о типе и номере счетчика, о величине фона, о расстоянии между препаратом и дном счетчика. Последнее характеризуется номером полочки плексигласового столика газоразрядного счетчика, поэтому номер полочки, на которую укладывают препарат, должен быть обязательно записан в журнале. Измерения препаратов сравниваемых опытов должны производиться на одинаковом расстоянии от дна счетчика. Форма журнала для записи указанных сведений дана в табл. 17. В этом же журнале должны быть записаны время, прошедшее с начала опыта, отношение $\frac{t}{T}$ и величина поправочного коэффициента K на радиоактивный распад, а также скорость счета в имп/мин после введения поправки на радиоактивный распад.

Все записи в журнале рекомендуется делать не чернилами, а простым черным карандашом.

7. ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ МЕТОДОМ МЕЧЕНЫХ КУЛЬТУР ГРИБОВ

Определение предельной дозы и порогового поглощения антисептиков

7.1. Экспериментальные данные, полученные в результате исследования токсичности антисептиков методом меченых культур, с одинаковым успехом могут быть использованы для определения предельных доз и для построения «кривой действия» (см. прил. 2, п.п. 47—72).

Эффект нарастания антисептика в зависимости от его содержания в древесине и интенсивности поражения ее меченой культурой гриба исследуют путем проведения биологических испытаний, математической обработки полученных при испытаниях цифровых данных и построения графиков, абсцисса которых указывает концентрацию антисептика в древесине, а ордината — величину основного критерия — скорости счета радиоактивных излучений. На ординате могут быть показаны и второстепенные критерии: потеря массы, изменение величины pH и балл обрастания.

При поражении меченой культурой гриба образцов древесины, содержащих возрастающие концентрации антисептика, повышение интенсивности радиоактивного излучения означает возрастание радиоактивного изотопа, а следовательно, и массы мицелия в образцах (см. прил. 2, п.п.28—34). Интенсивность радиоактивного излучения контрольных образцов древесины, не содержащих антисептик, зараженных грибом, меченным тем же изотопом, принята за 100%; скорость счета образцов, зараженных немеченым мицелием гриба, является фоном (см. прил. 1), величину которого вычитают из показания радиометрического прибора. Эта особенность метода меченых культур позволяет получить количественную оценку динамики роста гриба на отравленной древесине, поскольку характеристики скорости счета радиоактивного излучения дают четкое представление об изменении количества мицелия в образцах древесины с различным содержанием антисептика.

Для метода меченых культур под понятием «задерживающая доза» принята концентрация антисептика в древесине, при которой мицелий гриба хотя и в весьма малом количестве, но все же может проникнуть в древесину, а под «убивающей дозой» — концентрации, мешающие внедрению в нее мицелия гриба. «Пороговым поглощением» называется концентрация антисептика в образцах древесины, скорость счета которых в 20 раз меньше скорости счета контрольных образцов древесины, не пропитанных антисептиком.

При работе с культурами грибов, выращенными на питательной среде с удельной активностью P^{32} 0,2 мккюри/мл, и использовании торцового газоразрядного счетчика БФЛ-25 (с толщиной слюдяного окошечка 1,2 мг/см^2), радиометра типа Б-2 и свинцовой защиты скорость счета от контрольных образцов должна

составлять около 3000 имп/мин (при фоне 20—40 имп/мин), а величина задерживающей дозы — около 150—300 имп/мин; скорость счета от образцов, содержащих убивающую дозу, должна быть близкой к величине фона или немного выше ее, но не превышать ее более чем в 2—3 раза. Величина порогового поглощения должна быть около 70—120 имп/мин.

При сравнении двух (или нескольких) антисептиков более токсичным является тот, у которого защищающая и убивающая дозы (пороговое поглощение) наблюдаются при меньшем содержании изотопа, а следовательно, и мицелия гриба в образцах древесины (т. е. при меньшей скорости счета от них). В данном случае строят график, по оси абцисс которого, как и раньше, дается скорость счета радиоактивных излучений, имп/мин, а на оси ординат откладывают величины защищающей и убивающей доз или порогового поглощения.

Определение степени биостойкости разных пород древесины и других строительных материалов

7.2. Степень биостойкости разных пород древесины, древесностружечных, древесноволокнистых, цементностружечных и опилочных плит, строительных тканей, линолеума, акустических плит типа акмигран, акминит, кермитон и т. п., асбестоцементных материалов, арболита и других комбинированных материалов на цементном вяжущем и органическом заполнителе определяют на образцах, отобранных из готовой продукции или из деталей строительных конструкций зданий. В отличие от работ, связанных с определением токсичности антисептиков (требующих пропитки образцов антисептиками в лабораторных условиях перед помещением их на культуры грибов), здесь исследуют биостойкость готовых естественных (разных пород древесины, строительных тканей и т. п.) или искусственных материалов (акмигран, акминит и т. п.); последние могут содержать антисептики, введенные в них в процессе изготовления, или обладать естественной стойкостью к грибам вследствие химического состава. Для каждого из перечисленных материалов подобраны размеры и форма образцов, длительность биологических испытаний, виды тест-организмов, техника изготовления и из-

мерения препаратов и т. п. (см. прил. 2, п. п. 56—71) Биостойкость каждой из исследованных групп строительных материалов, различных по химическому составу, строению, механическим свойствам и назначению, определяют путем сравнения скорости счета от них и от образцов древесины заболони сосны; скорость счета последней, как и при определении токсичности антисептиков, принята за 100%. Помимо основного контроля из древесины заболони сосны для материалов, в состав которых в процессе их изготовления был введен антисептик, должен быть дополнительный контроль из материала без антисептика.

При измерении интенсивности радиоактивных излучений, пораженных меченой культурой образцов материалов (см. п. п. 6.2—6.5 и прил. 2), биостойкими признают материалы, скорость счета которых превышает фон не более чем в 2—3 раза.

Классификация исследованных методом меченых культур материалов по степени биостойкости

7.3. Для классификации разных пород древесины и других строительных материалов по степени биостойкости условия проведения биологических испытаний и радиометрических измерений должны быть строго тождественны. Безусловно тождественными должны быть способ приготовления питательной среды, ее состав, удельная активность и радиоактивность индикатора, вид тест-организма, тип радиоактивного индикатора, длительность биологических испытаний, температурно-влажностные условия выращивания гриба и проведения испытаний, одинаковое положение счетчика по отношению к исследуемому образцу и все другие факторы, оказывающие влияние на результаты биологических испытаний и радиометрических измерений (см. прил. 2, п. п. 73—92).

Проведенные таким образом исследования позволили систематизировать ряд материалов в зависимости от интенсивности внедрения в них мицелия пленчатого домового гриба C. cerebella в 7 групп. К первой наиболее биостойкой группе относятся материалы, средняя интенсивность радиоактивных излучений которых (т. е. скорость счета) по сравнению с незащищенной древесиной была более 5% (рис. 35). Во вторую группу

включены материалы, средняя скорость счета которых составляла от 6 до 15%; к третьей группе отнесены материалы со скоростью счета от 16 до 35%; к четвертой — от 36 до 55%; к пятой — от 56 до 80%; к шестой — от 81 до 105%; к седьмой, самой небиостойкой группе материалов — свыше 105%.

Таким образом, как видно из данных рис. 35, методом меченых культур получены четкие количественные данные о степени биостойкости практически всех наиболее распространенных строительных материалов, которые в силу своего химического состава и строения служат прямым или косвенным источником питания грибов и повреждаются под их действием.

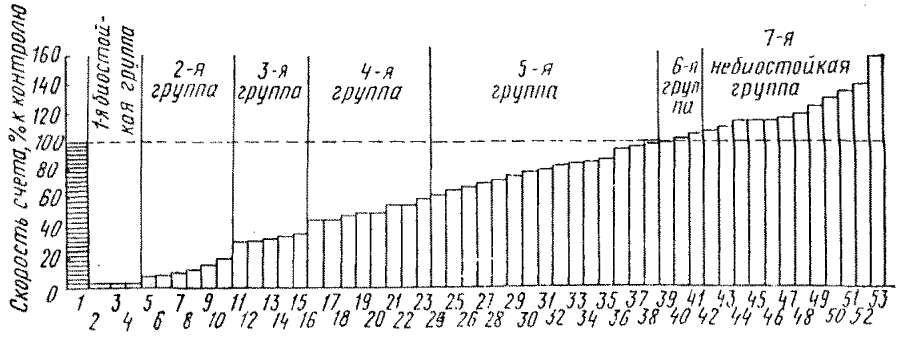


Рис. 35. Систематизация некоторых пород древесины и других строительных материалов по степени биостойкости (Ф. Ф. Мазур):
1 — заболонь сосны; *2* — асбестоцементная плита без древесных добавок; *3* — асбестоцементная труба без целлюлозных присадок; *4* — однослойный поливинилхлоридный линолеум без основы; *5* — плита из отходов окорки древесины, содержащая 4,5% антисептика «Тимбор»; *6* — травертон американский; *7* — трехслойный поливинилхлоридный линолеум; *8* — основа линолеума с оксидифенолятом натрия; *9* — финский акминит; *10* — акмигран с борной кислотой; *11* — линолеум на капроновой основе; *12* — древесина ванг-там (ядро); *13* — линолеум на хлопчатобумажной основе с лавсаном; *14* — дуб (плотность 0,72 г/см³); *15* — мытищинский линолеум на войлочной основе; *16* — ленинградский линолеум на войлочной основе; *17* — древесина ранг-ранг; *18* — ткань хлопчатобумажная — основа для линолеума; *19* — болгарский линолеум на войлочной основе; *20* — асбестоцементная плита с 5% древесного волокна; *21* — древесина лат (ядро); *22* — асбестоцементная плита с 5% древесного волокна; *23* — плита минераловатная жесткая на битумной основе; *24* — древесина чео-тэа; *25* — ткань войлочная иглопрошивная — основа для линолеума; *26* — древесина шой-да; *27* — ре-мит; *28* — ванг-там (заболонь); *29* — дуб (плотность 0,63 г/см³); *30* — шой (ядро); *31* — шон; *32* — му-онг-ванг; *33* — зе-до; *34* — плита минераловатная жесткая на битумной связке; *35* — шой-боп (заболонь); *36* — плита из отходов окорки древесины, содержащая 2% антисептика «Тимбор»; *37* — плита минераловатная на крахмальной связке (заболонь); *38* — дуб (плотность 0,56 г/см³); *39* — ванг (ядро); *40* — береза; *41* — бук; *42* — акмигран без антисептика; *43* — пихта; *44* — плита минераловатная на фенольной связке; *45* — войлочная основа для линолеума; *46* — чам-чанг (заболонь); *47* — древесина шой-боп (заболонь); *48* — осина; *49* — ре (ядро); *50* — плита древесноволокнистая изоляционная; *51* — чан-чанг (ядро); *52* — лат (заболонь); *53* — плита древесностружечная

ТЕРМИНОЛОГИЯ

1. Изотопы — атомы одного и того же химического элемента с одним и тем же порядковым номером, но имеющие различные массовые числа, например $_{26}Fe^{57}$, $_{26}Fe^{56}$. Изобары — атомы с одинаковыми массовыми числами A, но с различными порядковыми номерами Z, например $_{56}Ba^{140}$, $_{57}La^{140}$. Изомеры — атомы с одинаковыми порядковыми номерами Z и массовыми числами A, но имеющие различные радиоактивные свойства — вид и энергию излучения, период полураспада, например для $_{27}Co^{60}$ $T=5{,}3$ года, а для $_{27}Co^{60m}$ $T=10{,}7$ мин.

Изотоны — атомы с одинаковым числом нейтронов $N=A-Z$, но с разными массовыми числами A, например $_{15}P^{30}$ и $_{16}S^{31}$.

2. Радиоактивный изотоп — изотоп, обладающий радиоактивностью. Характеризуется видом испускаемых излучений, энергией излучения, числом корпускул или квантов, испускаемых при распаде одного атома, и периодом полураспада.

3. Радиоактивное вещество — вещество, в состав которого входят природные или искусственные радиоактивные изотопы.

4. Радиоактивность — самопроизвольное превращение ядер атомов, сопровождающееся испусканием радиоактивных излучений и последующим изменением их физических и химических свойств.

5. Радиоактивные излучения — ионизирующие излучения, испускаемые ядрами радиоактивных изотопов.

6. Ионизирующие излучения — электромагнитное или корпускулярное излучение (например, альфа-, бета-, гамма-, рентгеновское, нейтронное), способное при взаимодействии с веществом прямо или косвенно создавать в нем заряженные атомы, молекулы и ионы.

7. Альфа-излучение — поток ядер атомов гелия.

8. Бета-излучение — поток электронов или позитронов.

9. Рентгеновское излучение — электромагнитное излучение с большой длиной волны. Образуется при торможении быстрых электронов в веществе.

10. Гамма-излучение — поток гамма-квантов, т. е. электромагнитное излучение с очень короткой длиной волны.

11. Нейтронное излучение — поток элементарных частиц, не имеющих заряда, с массой, близкой к массе протона.

12. Рассеянное излучение — излучение в веществе или вне его, возникающее в результате преобразования и рассеяния веществом первичного излучения.

13. Активность радиоактивного изотопа — мера количества радиоактивного изотопа, выражаемая числом актов распада ядер атомов в единицу времени.

14. Кюри — единица измерения активности. Кюри — активность изотопа, в котором в 1 с происходит $3700 \cdot 10^{10}$ актов распада. Обозначается «кюри» или «С». Производные от «кюри» — милликюри (мкюри), микрокюри (мккюри). 1 кюри $=10^3$ мкюри $=10^6$ мккюри.

15. Удельная активность — активность единицы массы (объема) радиоактивного препарата; выражается числом кюри (мкюри, мккюри) на 1 г или на 1 л ($см^3$, $м^3$).

16. Период полураспада T — время, в течение которого в среднем распадается половина из имеющихся первоначально радиоактивных атомов изотопа.

17. Проникающая способность радиоактивных излучений — способность их проходить через вещества определенной толщины.

18. Поток излучения — число корпускул или квантов, проходящих в единицу времени через единицу площади поверхности, перпендикулярной потоку излучения.

19. Интенсивность излучения — количественная и качественная характеристика излучения, определяемая произведением потока излучения на энергию, присущую корпускулам или квантам, составляющим поток излучений.

20. Открытый источник — радиоактивное вещество, находящееся в такой оболочке или физическом состоянии, при котором возможно его распространение в окружающую среду.

21. Закрытый источник излучения (или источник излучения) — радиоактивное вещество, заключенное в такую оболочку или находящееся в таком физическом состоянии, при котором исключается возможность распространения радиоактивного вещества в окружающую среду при непредвиденных условиях его использования и износа.

22. Облучение — действие излучений на живой организм или материалы.

23. Внешнее облучение — облучение от источников излучения, находящееся вне объекта, организма (гамма- и рентгеновскими лучами, бета-частицами и электронами, тепловыми и быстрыми нейтронами, протонами и многозарядными ионами).

24. Внутреннее облучение — облучение от источников излучения, находящееся внутри объекта, организма.

25. Общее облучение — облучение всего объекта, организма под действием внешних и внутренних источников излучения.

26. Местное облучение — облучение части объекта, организма.

27. Радиоактивная опасность — опасность для здоровья людей и животных или для физических и других свойств материала от действия ионизирующих излучений.

28. Наведенная активность — радиоактивность, созданная в веществе в результате воздействия на него ионизирующих излучений.

29. Удельная ионизация — число пар ионов, создаваемых в веществе на единице пути ионизирующих излучений (линейная) или в единице объема вещества (объемная).

30. Предельно допустимая доза облучения (ПДД) — наибольшая доза, эффективное действие которой на организм не вызывает в нем необратимых соматических и генетических изменений в свете современных научных знаний. Устанавливаются годовая, недельная, разовая и тому подобные предельно допустимые дозы облучения.

31. Предельно допустимая концентрация (ПДК) — предельно допустимое количество (активность) радиоактивного изотопа в единице объема или веса, поступление которого в организм естественными путями (с суточным потреблением воды, пищи и воздуха) не создает в критических органах организма или в организме в целом доз облучения, превышающих предельно допустимые.

32. Радиоактивное загрязнение — попадание радиоактивных веществ в организм или на предметы (спецодежду, оборудование и т. п.).

33. Доза рентгеновского или гамма-излучения — мера излуче-

ния, основанная на его ионизирующей способности. Под поглощенной дозой излучения понимается энергия ионизирующего излучения, поглощенная в единице массы облучаемого вещества. Единица поглощенной дозы — рад — равна 100 эрг на 1 г облученного вещества.

34. Рентген — доза рентгеновского или гамма-излучения в воздухе, при которой сопряженная корпускулярная эмиссия на 0,001293 г воздуха производит в воздухе ионы, несущие заряд в одну электростатическую единицу количества электричества каждого знака. Обозначается *р* или *r*.

35. Естественный фон — мощность дозы радиоактивных излучений для данной местности, создаваемая космическими излучениями и радиоактивными излучениями почвы, сооружений и жилых объектов при отсутствии посторонних источников радиоактивных излучений.

36. Рабочим местом считается место постоянного или периодического пребывания одного работающего для наблюдения или ведения производственных процессов. Если производственные операции производятся в различных местах помещения, то рабочим местом считается все помещение.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

ОСОБЕННОСТИ МЕТОДА МЕЧЕНЫХ КУЛЬТУР И УСЛОВИЙ ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ ДЛЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ

Анализ существующих методов

Методы испытаний на стойкость к домовым грибам

1. Стандартные методы определения токсичности антисептиков для древесины, принятые в СССР и других странах, разнообразны. Это вызвано тем, что с целью сокращения длительности испытаний и повышения точности эксперимента они неоднократно перерабатывались и видоизменялись; тем не менее они все еще не являются оптимальными.

Усовершенствование методов определения токсичности антисептиков ведется в нескольких направлениях. Одно из них состоит в подборе условий, обеспечивающих быстрый рост гриба и интенсивное поражение древесины, другое — в изменении способа оценки и обработки результатов испытаний.

2. *Натурные испытания.* Пригодность химических веществ для антисептирования строительных материалов определяется биологическими испытаниями. Первоначальные испытания антисептиков связанные с консервированием древесины на железнодорожном транспорте, в XIX — начале XX вв. производили на целых шпалах или обрезках телеграфных столбов, которые после пропитки укладывали в железнодорожный путь (шпалы) или устанавливали в грунт.

Необходимость создания однородных условий опытов и сокращения их длительности привело к разработке метода гнойльны

ям, который сократил срок испытаний до 1—1,5 лет. Этот метод не дал положительных результатов, так как в гнойных ямах на поверхности древесины развивается много микроорганизмов (плесневые и дрожжевые грибы, актиномицеты и т. п.), которые задерживают проникание в древесину настоящих домовых грибов. Его применение возможно в некоторых случаях для оценки защищающей способности антисептиков в условиях контакта с землей.

3. *Агаровый метод.* Сущность агарового метода заключается в том, что в твердую сусло-агаровую питательную среду ранее ее охлаждения и застывания вводят антисептик в разных количествах и получают ряд питательных сред, содержащих возрастающие концентрации яда. Эти среды разливают в пробирки или чашки Петри, заражают чистой культурой гриба, после чего проводят наблюдения за скоростью роста мицелия (рис. 36).

Таким образом определяют концентрацию антисептиков, которая тормозит рост мицелия (так называемая «задерживающая доза»), и концентрацию, убивающую его («убивающая доза»),

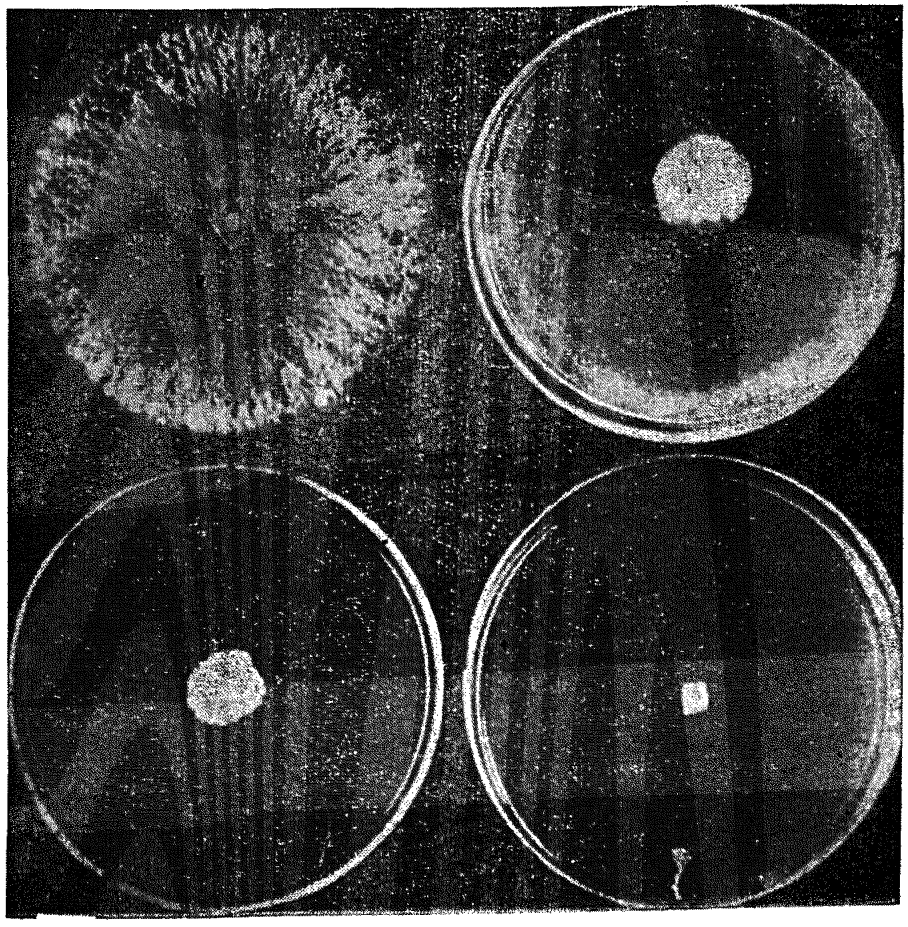


Рис. 36. Определение токсичности антисептиков агаровым методом в чашках Петри (Хант)

Интервал между этими концентрациями получил название «предельная доза»; последняя является мерой для определения токсичности антисептиков. Агаровый метод прост и требует мало времени. Для одной серии исследований антисептика этим методом требуется всего 2—3 недели. Он позволяет одновременно изучать несколько антисептиков при одной и той же температуре, влажности, стерильности и др.

Агаровый метод применяется при исследованиях, связанных с поиском химических веществ против комплекса низших и сумчатых грибов, развивающихся на свежих пиломатериалах и шпоне.

По мере накопления экспериментальных данных выявилось, что данные о токсичности антисептиков, полученные агаровым методом, не совпадают с данными, полученными для тех же антисептиков на древесине они оказались сильно завышенными.

Так, например, предельная доза фтористого натрия на агаровой среде для гриба Coniophora cerebella равнялась 0,05—0,1%, хотя этот же гриб развивался на древесине, содержащей 0,4—0,5%. Фальк предложил применять поправочные коэффициенты, однако они оказывались неодинаковыми для разного типа антисептиков.

Рабанус писал, что данные о токсичности, полученные этим методом, нельзя переносить на древесину.

Финдли утверждает, что при испытании сулемы ошибки опыта могут достигать 100%.

Ван ден Берге, обсуждая данные, полученные при определении токсичности маслянистых антисептиков агаровым методом, указывает, что при наблюдении под микроскопом видно, что капли масла сильно отличаются одна от другой по размерам, часть масла находится в осадке на дне чашки Петри. Это объясняет низкие величины токсичности, полученные по этому методу для более тяжелых фракций креозотов. Значительная доля осаждается на дне, и гриб растет по поверхности, совершенно не контактируя с маслом. Во многих случаях добавленный в агаровую среду антисептик химически реагирует с ее некоторыми компонентами и делает крайне недостоверными выводы о поведении этого антисептика при его введении в древесину. Агаровый метод позволяет определить только относительную ядовитость различных антисептиков.

4. *Испытание антисептиков на опилках, древесной пульпе и пластинках из древесины.* Антисептик вводят в опилки или древесную пульпу и затем на отравленный субстрат наносят маленький кусочек агара, пронизанный гифами гриба. Результаты испытаний оценивают визуально по наличию или отсутствию роста гриба по поверхности антисептированной древесной пульпы или опилок или же по радиальному приросту мицелия на отравленном субстрате. В опилки или древесную пульпу вводят растворенные в органических растворителях возрастающие концентрации антисептиков.

Недостатки этих методов состоят в невозможности равномерного распределения антисептиков в субстрате, а также в большом выпаде опытов вследствие чувствительности грибов к механическим повреждениям и гибели посевного материала при посеве его на отравленную питательную среду.

5. *Респирометрический метод* (В. А. Соловьев) основан на измерении количества потребленного культурой гриба (контактирующей с содержащими антисептик образцами древесины) кислорода и выделенной углекислоты. Этот новый перспективный метод по-

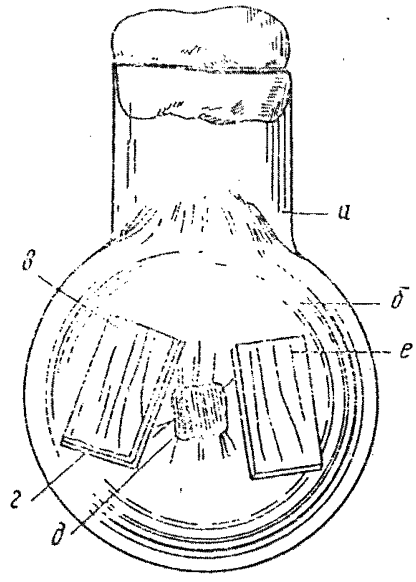


Рис. 37. Определение токсичности антисептиков по методу древесных блоков (Фальк)

а — колба Колле; *б* — питательная среда с поверхностным мицелием гриба; *в* — образец древесины, пропитанный антисептиком; *г* — деревянные прокладки под образец; *д* — инокулят; *е* — контрольный образец древесины, не пропитанный антисептиком



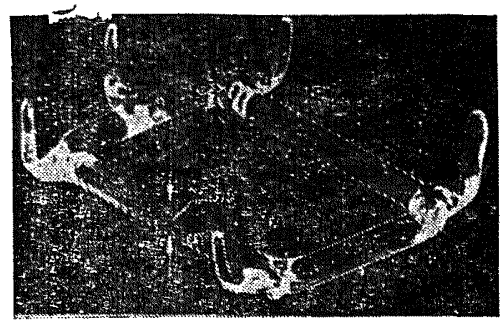


Рис. 38. Определение токсичности антисептиков по методу, применяемому в ГДР

а — контрольный образец (слева), пропитанный антисептиком (справа); *б* — стеклянная прокладка под образец

зволяет получить данные о механизме действия антисептиков на домовые грибы.

6. *Метод древесных блоков.* Испытания по этому методу проводят в два приема: вначале на искусственной питательной среде выращивают чистые культуры дереворазрушающих грибов. Затем на хорошо разросшиеся культуры на срок от 2 до 4 мес помещают образцы, пропитанные растворами антисептиков возрастающей концентрации. Токсичность антисептика одни исследователи оценивают визуально по обрастанию образцов древесины мицелием гриба, другие — по потере массы или снижению механической прочности древесины под воздействием гриба. Первоначально питательной средой для выращивания культур гриба служат хлеб (Маленкович), искусственная питательная среда из мальц-экстракта, пентон и агар (Фалк), пластинки из древесной массы, пропитанные питательной средой из мальц-экстракта и агара.

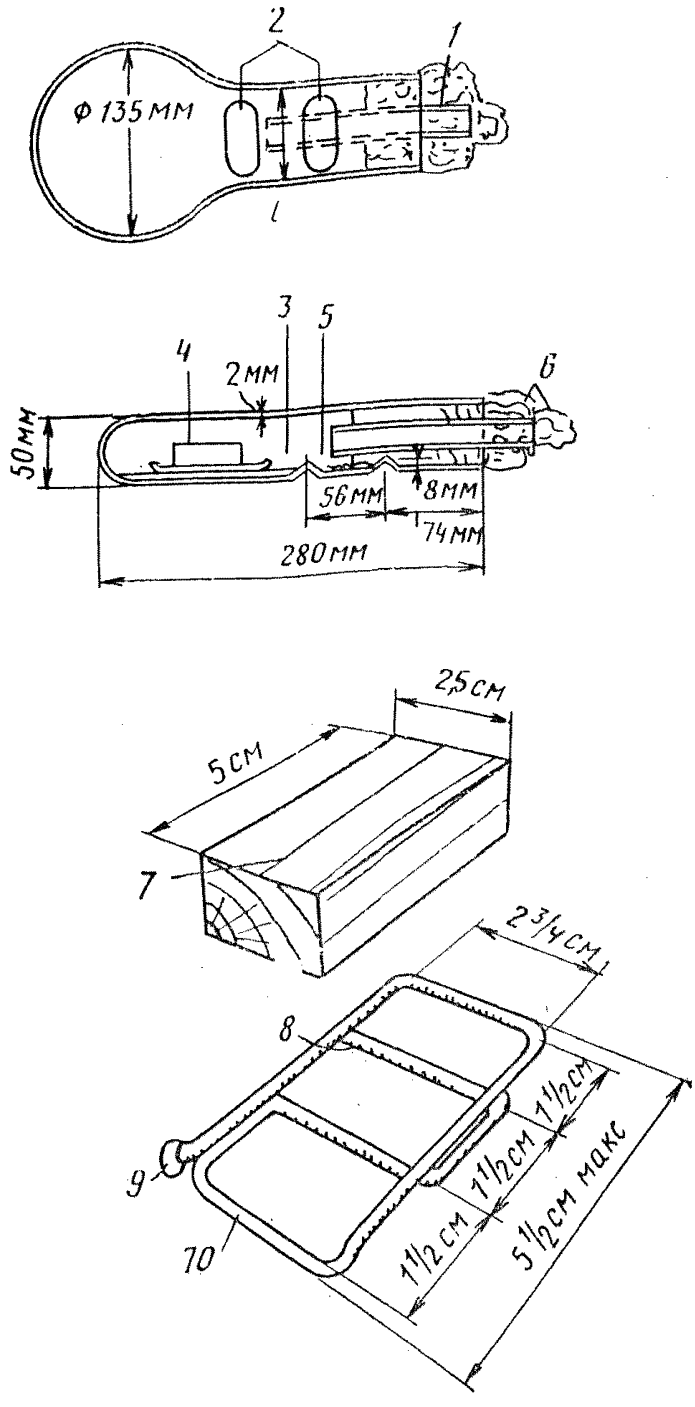


Рис. 39. Определение токсичности антисептиков по методу, применяемому в Великобритании

1 — трубка для введения внутрь инокулянта, закрепляемая в широкой ватной пробке; *2* — две выпуклости высотой 8 мм; *3* — 40 мл питательной среды; *4* — опытный образец 50×25×15 мм: *5* — ватная подушка, пропитанная водой; *6* — ватная пробка; *7* — опытный образец древесины; *8* — закругленный конец; *9* — расплющенный конец для взятия пинцетом; *10* — полочка из стекла диаметром 3 мм

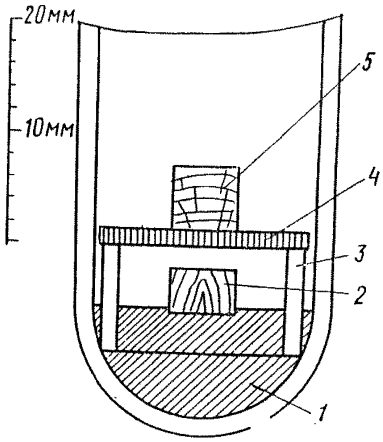


Рис. 40. Схема укладки образца в пробирке по методу П. И. Рыкачева (СССР)

1 — питательная среда; *2* — питательный брус; *3* — опорное кольцо; *4* — фидер; *5* — исследуемый образец

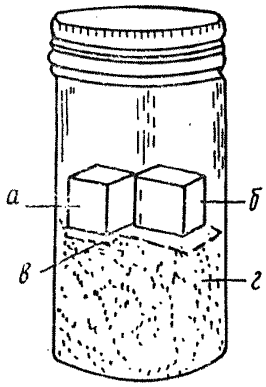


Рис. 41. Испытания по методу Лейтритца (США)

а — контрольный образец древесины; *б* — образец древесины, пропитанный антисептиком; *в* — подкладка под образцы; *г* — питательная среда

Размеры и формы образцов при работе по этому методу весьма различны, так же как и культуры грибов. Схемы определения токсичности антисептиков приведены на рис. 37—40.

7. Русские ученые В. В. Миллер и Е. И. Мейер провели обширные исследования, направленные на усовершенствование метода древесных блоков: они рекомендовали выращивать грибы на сусло-агаровой среде; антисептики вводить в образцы древесины, уложенные на дне колбы в виде штабеля; полученный в итоге испытаний цифровой материал подвергать вариационно-статистической обработке. Бавендам экспериментально доказал, что при работе по методу древесных блоков, применяемому в Англии и в других европейских странах, длительность опытов должна быть не менее 4 мес, так как при более короткой длительности опытов данные о токсичности антисептиков оказываются завышенными.

8. К методу древесных блоков относятся методы «земля—древесина» и «опилки—древесина», предложенные в СССР.

9. В качестве питательной среды для выращивания культур гриба используют садовую землю и образцы древесины в виде торцовых шашек размером 20×30 мм, толщиной по длине волокон 3 мм. Этот способ 16 лет спустя нашел применение и в США, где разработкой его занимался Лейтритц (рис. 41). В иностранной литературе испытание антисептиков, введенных в торцовые образцы древесины на чистых культурах, выращенных на садовой земле длительностью 4 мес, известно под названием метода Лейтритца.

В соответствии с ГОСТ 16712—71* между землей и образцом укладывают тонкие пластинки древесины — фидеры (рис. 42).

При определении токсичности антисептиков З. Э. Беккер, Б. К. Флеров, В. Н. Петри и А. Л. Панфилова, Д. А. Беленков и др. выращивают грибы в колбах на питательной среде, приго-

товленной из опилок и овсяной муки (5%), увлажненных до 300%.

10. Определение токсичности антисептиков для древесины и древесных материалов осуществляют в настоящее время методом древесных блоков путем испытаний на стойкость к домовым грибам образцов, содержащих разные (возрастающие в определенной прогрессии) концентрации антисептика. Эти испытания проводят путем сравнения одного или нескольких избранных признаков реакции гриба при поражении отравленных и контрольных (не обработанных антисептиком) образцов. Определение токсичности веществ и биостойкости строительных деталей из древесины и древесных плит проводят на чистых культурах грибов. Антисептики вводят не в питательную среду, а в древесину путем пропитки ее растворами заданной концентрации. При этом водорастворимые антисептики разводят в дистиллированной воде, а маслянистые — в летучих, химически чистых растворителях типа бензола, толуола, ацетона и др. Образцы, получившие определенное количество антисептика, укладывают на хорошо разросшиеся культуры грибов.

Укладку образцов на культуру гриба необходимо производить таким образом, чтобы между питательной средой и образцом, содержащим антисептик, отсутствовал непосредственный контакт. Мицелий гриба рекомендуется выращивать на питательной среде, свободной от яда. Благодаря этому яд из образца вначале действует на отдельные участки воздушной грибницы и только через них проникает в питательную среду и оказывает влияние на всю культуру гриба.

В наличии контакта между образцами, содержащими антисептик, и питательной средой лежит одна из причин завышенных данных о токсичности антисептиков, так как ранее определения токсичности фунгицидов происходит их расконсервация за счет вышелачивания антисептика из образцов древесины влагой питательной среды.

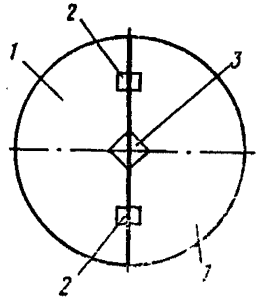


Рис. 42. Полуфидеры — один из источников питания при испытаниях по ГОСТ 16712—71*

1 — полуфидер (полукруглая торцовая пластинка толщиной 1,9—2,2 мм из заболони сосны); *2* — подшпилечное отверстие, в которое вдевают деревянные шпильки размером 15×15×40 мм для закрепления в земле; *3* — отверстие для инокулята

Методы определения токсичности антисептиков для древесины по отношению к сумчатым и несовершенным грибам и другим почвенным микроорганизмам

11. Метод «земля — бумажные блоки» (С. Н. Горшин) состоит в выдерживании в чашках Петри пропитанных антисептиками отрезков фильтровальной бумаги на нестерильной земле из верхнего слоя почвы смешанного леса, увлажненной до пастообразного состояния. Из фильтровальной бумаги, пропитанной возрастающими концентрациями антисептика, вырезают по 15 отрезков

размером 20×10 мм для каждой концентрации. Их раскладывают по 5 шт. в каждую чашку Петри. В отдельные чашки с землей помещают такое же количество непропитанных отрезков фильтровальной бумаги. Метод предназначен для определения стойкости антисептиков к комплексу почвенных целлюлозоразрушителей, преимущественно из класса сумчатых и несовершенных грибов, участвующих в расконсервировании и первичном разрушении древесины, пропитанной антисептиками.

12. *Метод открытого грунта* предназначен, как и предыдущий, для выяснения стойкости антисептиков в условиях контакта с землей. Суть его состоит в следующем. В ящики размером 30×40×10 см, снабженные крышками, насыпают землю смешанного состава — лесную, суглинистую, торфяную, песчаную в соотношении 2:1:1:1 и увлажняют до 36%. В землю на глубину 10 мм укладывают 50 образцов размером 12×12×27 мм или 20×20×5 мм. Ящик закрывают крышкой и полиэтиленовой пленкой. Опыт заканчивают, когда потеря массы контрольных образцов достигнет 50% (С. Н. Горшин и др.).

Метод «земля—бумажные блоки» и метод открытого грунта являются полезными при исследовании процессов, происходящих при контакте содержащей антисептики древесины с землей. Однако их применение нецелесообразно для антисептиков, защищающих деревянные конструкции, так как они не отвечают условиям современного строительства. Кроме того, ввиду наличия в земле случайной грибной и бактериальной флоры, а также миксомицетов, нематод, вирусов и других обитателей почв исследователь имеет дело с таким большим количеством факторов, привести которые к одному знаменателю практически (и теоретически) невозможно. Поэтому эти методы, полезные при исследовании скорости расконсервации древесины, не могут быть рекомендованы при определении токсичности антисептиков и биостойкости древесных и других органических материалов, применяемых в строительстве.

Методы испытаний технических изделий и материалов на устойчивость к воздействию плесневых грибов

13. Сущность методов (в соответствии с ГОСТ 9048—75, 9049—75, 9050—75) заключается в исследовании устойчивости образцов технических изделий, лакокрасочных и полимерных материалов и их компонентов, не защищенных и защищенных антисептиками, к воздействию смеси видов плесневых грибов в оптимальных для их развития условиях.

Поверхность образцов заражают с помощью пульверизатора водной суспензией спор грибов. Последние выращивают на среде Чапека-Докса. Инокулированные образцы выдерживают в камерах или боксах при температуре 29±2°С и относительной влажности воздуха более 90%. Продолжительность опытов в зависимости от вида и назначения материалов колеблется от 28 до 84 сут. Их помещают в приспособления, обеспечивающие угол наклона образцов 65±15°, или в чашки Петри.

По окончании испытаний образцы извлекают из камеры (эксикатора), осматривают невооруженным глазом в рассеянном свете при освещенности от 2000 до 3000 лк, затем при увеличении в 56—60 раз и производят оценку степени грибостойкости по

росту грибов на образцах по шестибалльной шкале, приведенной в табл. 12.

14. Методы испытаний на устойчивость к плесневым грибам технических изделий и деталей, лакокрасочных и полимерных материалов однотипны и с точки зрения техники проведения биологических испытаний отвечают современному уровню научных знаний. При оценке результатов экспериментов необходимо учитывать, что все они основаны на визуальном наблюдении невооруженным глазом или с помощью микроскопов, которое неизбежно носит субъективный характер, и уступают методам определения токсичности антисептиков для древесины и биостойкости древесины, древесных и других органических строительных материалов, для которых необходимость в получении количественных показателей и математической (вариационно-статистической) обработки полученного в опытах цифрового материала четко доказана выполненными еще в 30-х годах работами В. В. Миллера и Е. И. Мейер, а затем блестяще развита работами П. И. Рыкачева и Д. А. Беленкова.

Методы оценки результатов испытаний

15. *Оценки результатов испытаний* (реакции гриба на действие яда) начали разрабатываться в конце прошлого столетия. В этой, как и в других областях науки, имеется явная тенденция к замене визуальных наблюдений количественными показателями: последние получают в результате измерения с помощью приборов или индикаторов тех или иных параметров, сопутствующих процессу разрушения древесины грибами.

16. *Визульный метод* основан на наблюдении невооруженным глазом или с помощью микроскопа за скоростью прорастания спор, интенсивностью обрастания воздушной грибницей исследуемых образцов и образованием конидиеносцев и конидий. Интенсивность поражения образца характеризуется условными знаками (+++ или ———) или цифрами: чаще всего применяют 6—8-балльные условные таблицы (см. табл. 12). Недостатком этого метода является высокая трудоемкость, связанная с микроскопированием. Методы визуального наблюдения положены в основу ряда отечественных ГОСТов (9048—75, 9049—75, 9050—75). Этот метод используют в основном для испытаний материалов на видах плесневых грибов. При его использовании в качестве культуральных сосудов употребляют колбы, пробирки, плоскодонные чашки, банки. Длительность испытаний зависит от состава питательной среды, вида гриба и размеров образцов. Метод субъективный. Грибы выращивают на питательных средах из сусла-агара, садовой земли. Антисептик вводят в питательную среду или древесину. Данные, получаемые по этому методу, трудновоспроизводимы и недостаточно точны.

17. *Измерение скорости линейного или радиального прироста мицелия на отравленной питательной среде* проводят путем периодического замера диаметра колоний грибов, растущих в плоскодонных чашках, или замера линейного роста мицелия в особых U-образных трубках. Посев в такую трубку производят в один из приподнятых концов; скорость роста измеряют с помощью линейки. Он пригоден только для твердых искусственных сред.

18. *Оценку по разнице в массе сухого мицелия* (выращенного на жидкой питательной среде в опытных и контрольных колбах) в ос-

новном используют при биохимических и физиологических исследованиях микроорганизмов и грибов, способных хорошо расти на жидких средах; для исследования токсичности антисептиков ее не применяют из-за медленного роста домовых грибов на этих средах.

19. *Метод тонких образцов (Брецанно).* Испытания проводят в пробирках Ру, в нижней трети которых имеется более узкий участок (перешеек). На дно пробирки наливают воду, а на перешеек укладывают тонкие образцы древесины, пропитанные антисептиком. Толщина образцов 0,6—0,7 мм. На образец древесины укладывают кусочек агара, зараженный мицелием гриба. Биостойкость исследуемого образца определяют по наличию или отсутствию мицелия гриба на нижней, обращенной к воде поверхности образца.

Метод дает завышенные данные о токсичности антисептиков, носит визуальный, субъективный характер, требует большой тщательности и осторожности, так как при нанесении на отравленную древесину кусочка агара, пораженного грибом, нередко происходит чисто механическое травмирование гриба, что увеличивает разброс полученных данных и снижает их точность.

20. *Метод бюкс* (Е. Я. Шостак) заключается в следующем. Образцы древесины после действия гриба очищают от воздушной грибницы, помещают в бюксы, закрывают крышками и выдерживают несколько дней в термостате при оптимальной для используемого гриба температуре воздуха. Если антисептик, содержащийся в древесине, оказался нетоксичным и образец был в опыте заражен грибом, то на его поверхности вновь образуется воздушная грибница. Метод носит визуальный характер. В случае поражения образца плесенью или бактериями, которые могут развиваться быстрее домовых грибов, воздушный мицелий последних не образуется, несмотря на наличие его внутри образца, что мешает правильно оценивать полученные результаты.

21. *Метод «факела»* (К. А. Попов) основан на сквозном прорастании гифами гриба образца шпона при помещении его над разросшейся культурой гриба.

22. *Весовой метод* — определение результатов испытаний по потере массы древесины под действием гриба. Потерю массы определяют путем измерения разницы в массе абсолютно сухой древесины до и после действия гриба. Испытания проводят в колбах, банках, эксикаторах и других сосудах в два приема: на питательной среде выращивают чистые культуры гриба и на них испытывают образцы древесины, содержащие возрастающие концентрации антисептика. Этот метод позволяет получить четкие, достоверные данные о концентрациях антисептика, подавляющих дереворазрушающую деятельность гриба.

При этом остается невыявленным, является ли это подавление постоянным или временным и убит ли гриб в древесине, содержащей концентрации яда, подавляющие дереворазрушающую активность. Поэтому он является менее жестким, чем описанные ранее визуальные методы оценки, основанные на наблюдении (под микроскопом) за скоростью и интенсивностью поражения грибом исследуемых образцов, зарегистрированные для технических изделий, полимерных материалов и лакокрасочных покрытий.

23. *Весовым методом* нельзя пользоваться при исследовании степени биостойкости полимерных и комбинированных строительных материалов, таких как линолеум, акмигран, арболит, королит и т. п., так как в результате биологических испытаний (как показа-

ли исследования Ф. Ф. Мазур, З. А. Турковой и др.) масса этих материалов не уменьшается, а увеличивается. Это происходит вследствие того, что под действием органических кислот и ферментов, выделяемых домовыми грибами в процессе биологических испытаний, а также поглощения последними углекислоты и кислорода воздуха образуются тяжелые соли органических кислот, масса которых может от 1—2% до 30—40% превышать массу разрушенных грибами органических компонентов (органических масел, крахмала, измельченной древесины и др.), входящих в виде заполнителя в комбинированные строительные материалы. В связи с этим этот метод непригоден для практических задач, связанных с вопросами изучения степени биостойкости комбинированных строительных материалов, определения качества антисептирования строительных деталей, проверки токсических свойств поступающих в строительное производство промышленных антисептических препаратов, изучения и выбора эффективной технологии пропитки и качества антисептирования.

24. *Метод механических испытаний.* Оценка результатов опытов с помощью механических испытаний образцов древесины до и после действия триба была рекомендована еще в начале 30-х годов. Она получила название «проба ногтем». Прочность древесины определяли по следу, оставленному на древесине при надавливании ногтем (К. А. Попов). Позже было предложено после воздействия домовых грибов прочность древесины определять по сопротивлению ударным нагрузкам; при сжатии вдоль волокон; при статическом изгибе; при растяжении вдоль и поперек волокон (Михаляк, ПНР). В результате установлено, что после 120-дневного воздействия гриба прочность при статическом изгибе уменьшилась на 15% по сравнению с контролем; прочность при сжатии вдоль волокон уменьшилась на 6,8%, при растяжении вдоль волокон — на 8%, при растяжении поперек волокон — на 85%. Ввиду большого разброса экспериментальных данных и необходимости проведения большего количества параллельных опытов этот метод не может быть рекомендован.

25. *Метод определения биостойкости модифицированной древесины по сопротивлению образцов удару* (Ю. М. Иванов). После биологических испытаний длительностью 20—25 дней образцы модифицированной древесины размером 10×10×90 мм снимают с культуры гриба, очищают от поверхностного мицелия и погружают на ночь в воду для дополнительного увлажнения. Образцы испытывают на ударный изгиб в тангенциальной, радиальной плоскостях или поперек волокна (рис. 43). Снижение сопротивления удару в результате

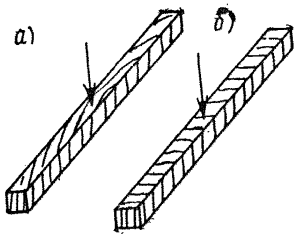


Рис. 43. Схема испытаний на ударный изгиб поперек волокон образцов модифицированной древесины (Ю. М. Иванов)

а — изгиб в тангенциальной плоскости (тангенциальный образец); *б* — изгиб в радиальной плоскости (радиальный образец)

биологического разрушения натуральной древесины ΔA, %, рассчитывают по формуле

$$\Delta A = \frac{A_1 - A_2}{A_2} 100, \qquad (15)$$

где A_1— удельная работа при разрушении до испытаний на биостойкость, Дж/см^3;

A_2— то же, после испытаний на биостойкость.

Отношение

$$\frac{\Delta A}{\Delta A_м}, \qquad (16)$$

где ΔA и $\Delta A_м$ — среднее снижение сопротивления удару в результате биологического разрушения для образцов соответственно натуральной и модифицированной древесины, характеризует эффект модификации по повышению стойкости древесины и снижению сопротивления образцов удару при биологическом разрушении.

Исследование механических характеристик при оценке степени биостойкости модифицированной древесины из фанеры позволило получить результаты, показывающие возможность достижения достаточно хорошей точности механических показателей при использовании 15-кратной повторяемости опытов.

26. *Метод отрыва образцов* (Ф. Ф. Мазур, Б. П. Гусев, Л. О. Лепарский) основан на измерении интенсивности внедрения гиф гриба Coniophora cerebella в исследуемые образцы древесины и других строительных материалов.

Интенсивность внедрения гиф гриба в толщу образца определяют путем замера усилия, необходимого для отрыва образцов от культуры гриба. Для измерения этого усилия был сконструирован прибор, получивший название гифометра.

Перед измерением усилия отрыва в исследуемый образец толщиной 2—3 мм и площадью 25×30 мм закрепляют иглы захвата, представленного на рис. 44—46.

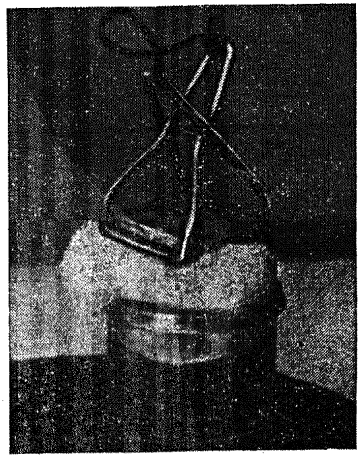
Измерение проводят следующим образом. В образец (см. рис. 46) закрепляют иглы захвата; затем стаканчик с находящимся на нем образцом и культурой гриба опрокидывают



Рис. 44. Определение количества мицелия, внедрившегося в древесину, методом отрыва образца. Гифы гриба выдержали груз массой 53 г (1/4 натуральной величины)

вверх дном и закрепляют в зажим лабораторного штатива. Усилие, необходимое для отрыва образца от культуры гриба, определяют путем нагружения платформы весов разновесами.

27. Усилие, необходимое для отрыва образца от культуры гриба, оказывается довольно значительным. В опытах со сланцевым шпалопропиточным маслом длительностью 15 дней для контрольных образцов, свободных от антисептика, потребовался груз более 200 г. Для образцов, содержащих 0,13% и 0,44% пропиточного масла к весу абсолютно сухой древесины, потребовался груз более тяжелый (табл. 18), так как небольшие концентрации масла в древесине оказали на культуру гриба стимулирующее действие. При содержании масла в древесине 1,2 и 8,2% вес груза, необходимого для отрыва образца, уменьшился в первом случае до 178 г, во втором—до 114 г; образцы, содержащие 9, 11, 13, 18% масла к весу сухой древесины, требовали для отрыва от культуры гриба груз около 40 г; образцы, содержащие 28% масла, отрывались от гриба под действием груза 13,3 г, но выдержали груз 1,2 г (массу образца).



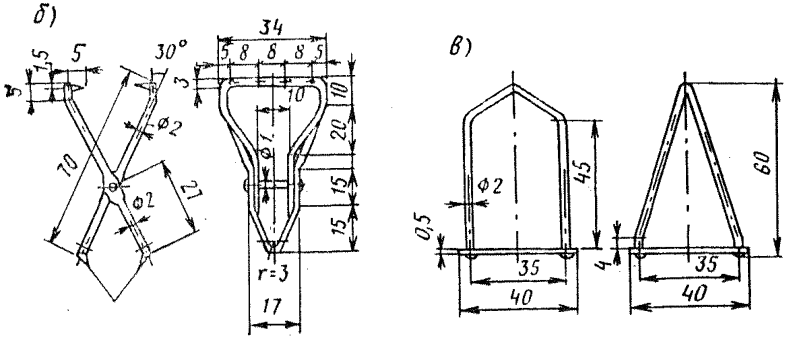


Рис. 45. Приспособления для измерения количества мицелия, внедрившегося в древесину

а — захват, наложенный на образец (½ натуральной величины); *б* — схема захвата, удерживающего образец; *в* — платформа для груза

Таблица 18

Определение методом отрыва образцов степени биостойкости образцов древесины, антисептированных шпалопропиточным маслом на культуре Coniophora cerebella (Ф. Ф. Мазур)

Концентрация пропиточного раствора, %	Содержание масла к сухой массе древесины, %	Поглощение масла, %	Результаты бионаблюдений	Масса груза, оторвавшая образец от культуры гриба, г
Контроль	0	0	8	212
То же	0	0	8	236
0,1	0,18	0,58	8	286
0,3	0,44	1,98	8	268
0,6	0,85	3,82	8	234
1	1,2	5,4	8	178
3	4,8	21,2	8	134
5	8,2	36,9	6	114
7	10,1	45,15	5	32
9	13,4	60,3	4	71
11	15,8	71,1	3	48
13	18,4	82,8	3	42
15	20,9	94	3	12,3
20	28,4	127,8	2	1,5

Аналогичные результаты получены с образцами древесностружечных плит, содержащих соль Вольмана (табл. 19).

Таблица 19

Определение степени биостойкости древесностружечных плит, содержащих разные концентрации соли Вольмана, весовым методом и методом отрыва образцов (Ф. Ф. Мазур, Нгуем Куанг)

Концентрация антисептика, %	Средняя масса образца в воздушно-сухом состоянии, г	Средняя масса образца в абсолютно сухом состоянии, г	Средняя потеря массы образца, г	Средняя потеря массы образца, %	Масса груза, удержанного гифами гриба, г	Средняя скорость счета, имп/мин	Балл обрастания
0	3,067	2,89	0,57	20,1	285	865	+8
0,1	3,129	2,948	0,571	19,7	193	2820	+7
0,3	3,112	2,933	Отсутствует		104	1522	+5
0,5	2,755	2,595	То же		68	1384	+4
1	3,224	3,201	»		52	828	+3
2	3,14	2,964	»		3	481	+3
3	3,187	3,003	»		0,6	234	+2
5	3,157	2,973	»		—	206	+1

Приведенные данные свидетельствуют о том, что критерий измерения усилия, необходимого для отрыва гиф гриба, внедрившихся в образец, может быть использован при определении биостойкости

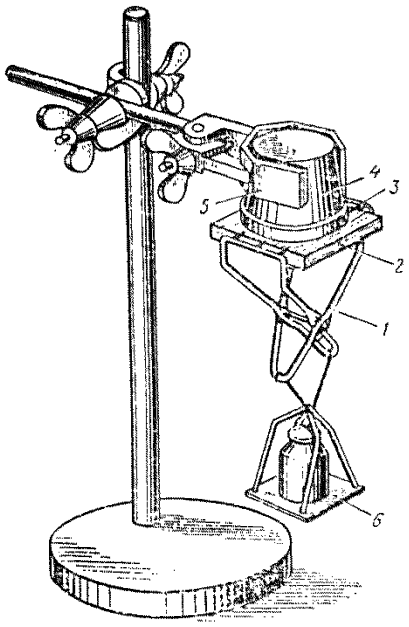


Рис. 46. Схема гифометра

1 — захват для образцов; *2* — образец; *3* — культура гриба; *4* — стаканчик со средой и грибом; *5* — зажим штатива; *6* — платформа для разновесов

строительных материалов, так как он в состоянии через сравнительно небольшой отрезок времени (25—30 дней) дать четкие количественные показатели.

28. Из имеющихся методов оценки результатов опытов наиболее перспективными с точки зрения использования их для разработки ускоренного метода определения токсичности антисептиков и качества антисептирования являются методы, в основе которых лежит учет реакции мицелия гриба на действие яда при контакте с отравленной древесиной, но в силу качественного характера эти методы нуждаются в усовершенствовании, так как не дают количественных показателей.

Как видно из изложенного, большинство существующих методов оценки результатов биологических испытаний, позволяющих получить надежные количественные данные, весьма длительны и трудоемки или довольно быстры, но мало достоверны.

29. ЦНИИСК (Ф. Ф. Мазур) был разработан метод, основанный на использовании радиоактивных изотопов и получивший в СССР название «метода меченых культур», а за рубежом (ПНР, ДРВ) «биоизотопного метода».

Метод меченых культур

Особенности метода радиоактивных индикаторов

30. В основу метода меченых культур положены метод радиоактивных индикаторов и методы оценки результатов биологических испытаний, основанные на внедрении мицелия гриба в древесину (Шостак, Брецанно и К. А. Попова).

Метод радиоактивных индикаторов основан на широко распространенном в природе явлении — изотопии.

Изотопный состав элементов строго постоянен, он не изменяется при химических превращениях элемента как в мертвой, так и живой природе. Искусственное изменение изотопного состава элемента позволяет отличить его от элемента, находящегося в живой природе; поэтому такие измененные изотопные смеси называют «мечеными».

Так как химические, а также и физические свойства изотопов одного и того же элемента практически одинаковы, то по поведению меченого соединения в изотопной системе можно судить о поведении в этих условиях обычной изотопной смеси, что и является основной целью исследований, проводимых с помощью радиоактивных индикаторов. Метод, использующий элементы с измененным изотопным составом для исследования поведения природных элементов в тех

или иных условиях, получил название метода радиоактивных индикаторов.

В качестве изотопных индикаторов используют редкие стабильные и радиоактивные изотопы, которые добавляют в качестве «метки» к основной изотопической смеси данного элемента.

Радиоактивными индикаторами могут быть вещества, испускающие α-, γ- и β-лучи; они отличаются один от другого массой, энергией излучения и характером взаимодействия с веществом, через которое проходят. Альфа-лучи представляют собой поток положительно заряженных частиц, являющихся дважды ионизированными атомами гелия, т. е. атомными ядрами гелия, лишенными электронных оболочек. В процессе радиоактивного распада альфа-частицы выбрасываются из атомных ядер некоторых радиоактивных элементов и движутся со скоростью $1{,}4 \cdot 10^9 - 2{,}06 \cdot 10^9$ см/с. Каждая альфа-частица состоит из двух нейтронов и двух протонов. Она несет заряд, равный 2 электронным зарядам ($2 \cdot 4{,}8 \cdot 10 = 9{,}60 \cdot 10^{-10}$ абс. электростатических единиц электричества) и имеет массовое число, равное 4 (а массу 4,00389).

31. Обладая сравнительно большой массой и значительной энергией, альфа-частицы в твердых и жидких телах поглощаются очень сильно, и их пробег представляет величину порядка сотых долей миллиметра. Тонкий лист бумаги полностью поглощает альфа-излучения радия. Вследствие этого альфа-лучи непригодны для использования их с целью определения токсичности антисептиков и степени биостойкости строительных и технических материалов.

32. Гамма-лучи представляют собой поток фотонов жесткого электромагнитного излучения, сопутствующий процессам радиоактивного излучения атомных ядер. По сравнению с рентгеновскими гамма-лучи обладают более короткой длиной волны и большей частотой (табл. 20).

Таблица 20

Длина волн и частота колебаний некоторых электромагнитных излучений

Область шкалы волн	Длина волн	Частота, Гц (число колебаний в 1 с)
Низкочастотные волны	∞ — 15 км	0—$2 \cdot 10^4$
Радиоволны	15 км — 10 см	$2 \cdot 10^4$—$3 \cdot 10^9$
Ультрарадиоволны	10 см — 0,1 мм	$3 \cdot 10^9$—$3 \cdot 10^{12}$
Волны инфракрасного света	100 — 0,76μ	$3 \cdot 10^{12}$—$4 \cdot 10^{14}$
Волны видимого света	0,76—0,38μ	$4 \cdot 10^{14}$—$8 \cdot 10^{14}$
Волны ультрафиолетового света	0,38μ—5$m\mu$	$8 \cdot 10^{14}$—$6 \cdot 10^{15}$
Лучи Рентгена	5—0,004$m\mu$	$6 \cdot 10^{16}$—$7{,}5 \cdot 10^{19}$
Гамма-лучи	0,004—0,0001$m\mu$	$7{,}5 \cdot 10^{19}$—$3 \cdot 10^{21}$

Малые длины волны и соответственно большая частота колебаний определяют собой большую проникающую способность γ-квантов — десятки километров в воздухе, десятки сантиметров в металле. γ-кванты обладают большой энергией, поэтому движутся со скоростью, равной скорости света ($3 \cdot 10^{10}$ см/с). Они электрически ней-

тральны, не отклоняются в магнитном поле и взаимодействуют с веществами, через которые проходят только путем лобового столкновения. При этом происходит поглощение γ-квантов веществом с образованием вторичных электронов, которые и производят ионизацию. В связи с этим ионизационный эффект γ-лучей значительно меньше ионизационного эффекта α- и β-частиц: α-частицы производят эту ионизацию на очень малом пути; β-частицы — на большом, а γ-частицы на очень большом пути. Степень ионизации, вызываемая α-, β- и γ-лучами, относится как 10000 : 100 : 1.

Благодаря большой проникающей способности γ-лучей работа с радиоизотопами, обладающими γ-излучением, требует особых предосторожностей в отношении защиты от внешнего облучения: необходимы возможно большое удаление источника излучения от тела работающего (дистанционные приемы работы) и обязательное применение свинцовых экранов. Поэтому применение изотопов, обладающих γ-излучением, в качестве радиоактивных индикаторов является целесообразным только в особых случаях. Для определения токсичности антисептиков и степени биостойкости материалов применять изотопы, испускающие γ-лучи, не рекомендуется.

33. β-лучи представляют собой поток электронов, т. е. отрицательно заряженных частиц с зарядом, равным одному элементарному заряду с очень маленькой массой, равной $9{,}106 \cdot 10^{-28}$ г, которая в 1840 раз легче протона. Скорость β-лучей значительно больше скорости α-лучей и может составлять до 0,998 скорости света (от $1 \cdot 10^{10}$ почти до $3 \cdot 10^{10}$ см/с) и этим отличается от электронов, входящих в состав атомных оболочек. β-частицы, выделяющиеся в процессе радиоактивного распада, ничем не отличаются от электронов, наблюдаемых в катодных лучах при фотоэлектрических явлениях. Проходя через среду, они электростатически взаимодействуют с встречными атомами и молекулами, вызывая ионизацию. Ионизация воздуха под действием β-лучей происходит значительно слабее, чем под действием α-лучей: на всем своем пути β-частицы образуют от 1000 до 25000 пар ионов. В воздухе они могут пройти расстояние от нескольких сантиметров до 1,5 м.

Так как β-частицы обладают очень малой массой, при столкновении с атомами и молекулами они легко отклоняются от своего первоначального направления, поэтому их путь получается весьма извилистым и определять длину пробега частицы трудно. β-частицы различных бета-излучателей отличаются по величине присущей им энергии: от 0,018 Мэв у трития (H^3), 1,71 Мэв у радиоизотопа фосфора (15 P^{32}) до 13,43 МэВ у бора (5 B^{12}). β-лучи одного и того же радиоизотопа вследствие того, что при β-радиоактивном распаде одновременно с β-частицей вылетает элементарная частица нейтрино, обладают различными запасами энергии — от нуля до некоторого максимального значения, давая тем самым непрерывный спектр. При этом β-частицы и нейтрино делят между собой энергию, выделяющуюся из ядра. Если вылетает бета-частица с большим запасом энергии, то сопутствующая ей нетрино обладает малым запасом энергии и наоборот.

Наряду с β-частицами, испускаемыми атомными ядрами в сопровождении нейтрино (что имеет место при переходе нейтрино в протон), в состав β-лучей иногда входят электроны, выбиваемые из электронной оболочки γ-квантами, которые называются электронами внутренней инверсии; их обозначают $\bar{e}$.

Поскольку β-частицы, испускаемые одним и тем же β-излучателем, обладают различными запасами энергии, при их прохождении

Таблица 21

Некоторые радиоактивные индикаторы, используемые в биологии (А. Н. Несмеянов)

Изотоп	Символ	Соединение	Форма препарата	Период полураспада	Характер излучения	Энергия излучения, Мэв	
						частиц	гамма-лучей
Водород	$_1H^3$	—	Газ	12, 46 лет	β^-	0,01; 0,011 0,0145; 0,015 0,0169, 0,0179; 0,0189	—
Углерод-14	$_6C^{14}$	$BaCO_3$	Порошок; водный раствор	5720±47 лет	β^-	0,155±0,001	—
Натрий-24	$_{11}Na^{24}$	NaCl	Раствор в метиловом спирте; водный раствор	14,97±0,02 ч	β^-; γ	1,390 ~ (100%) 4,17 (0,003%)	1,3679±0,001 2,7535±0,001 3,7 (0,04%)
Фосфор-32	$_{15}P^{32}$	Na_2HPO_4	Водный раствор	14,2950± ±0,0088 дня	β^-	1,708+0,08	—
Сера-35	$_{16}S^{35}$	Na_2SO_4	То же	87,1±1,2 дня	β^-	0,1691±0,0005	—
Хлор-36	$_{17}Cl^{36}$	NH_4Cl	»	(0,44± ±0,05)· ·10^6 лет	β^-; K	0,716	—

Продолжение таблицы 21

Изотоп	Символ	Соединение	Форма препарата	Период полураспада	Характер излучения	Энергия излучения, Мэв	
						частиц	гамма-лучей
Кальций-45	$_{20}Ca^{45}$	$CaCl_2$	Раствор в метиловом спирте	163±4 дня	β^-	0,254±0,003	—
Хром-48	$_{24}Cr^{48}$	—	—	±16,2 дн	β^+ [V^{48}]	0,78	—
Железо-59	$_{26}Fe^{59}$	$FeCl_3$	Водный раствор; водный раствор с соляной кислотой	47,1± ±0,5 дня	$\beta^-;\gamma$	0,271 (45,8%) 0,462 (53,9%) 1,560 (0,3%)	0,195±0,01 (2,8%) 1,1±0,011 (56,7%) 1,278±0,013 (43%)
Цинк-65	$_{30}Zn^{65}$	$Zn(NO_3)_2$	Водный раствор	250±5 дней	β^+ (2,5%); K (97,5%)	0,325±0,002	±1,118 (45%)
Медь-67	$_{29}Cu^{67}$	$CuSO_4$	Водный раствор медного купороса	2,44 дня	β^-; e^-; γ	0,395 (45%) 0,484 (35%) 0,577 (20%)	0,092 (e^-) 0,182 (e^-)

через вещество происходит уменьшение не только энергии, но и их числа. β-частицы, обладающие малым запасом энергии, быстро поглощаются веществом, а обладающие большим запасом могут пройти значительную толщу вещества. Для древесины разных пород, арболита, цемента, железа, свинца толщины полупоглощающих слоев различны; чем выше плотность поглощающего вещества, тем эта толщина будет меньше и наоборот.

34. Радиоактивные элементы могут быть обнаружены несколькими методами вследствие ионизационного эффекта радиоактивных излучений. Методы регистрации радиоактивных излучений при сравнительной простоте измерений отличаются большой чувствительностью, в ряде случаев значительно превосходящей чувствительность других методов исследования. Например, при условиях, позволяющих учитывать все ионизирующие частицы, для активности излучения 0,01 миллимикрокюри (22,1 распада в 1 мин) надо иметь радиоактивный изотоп: фосфора P^{32} — $3{,}5 \cdot 10^{-17}$ г, радиоуглерода C^{14} — $2{,}23 \cdot 10^{-12}$ г, радионатрия Na^{24} — $11{,}32 \cdot 10^{-19}$ г, т. е. очень малое количество исследуемого вещества.

Методом радиоактивных индикаторов можно проследить не только за продвижением отдельных химических веществ. Он позволяет также наблюдать продвижение микроорганизмов в живом и неживом субстрате: небольшие количества вещества определенного радиоактивного индикатора, введенные в микроорганизм, могут сделать его меченым, благодаря чему можно выяснить динамику его роста и характера взаимодействия с данным веществом.

Следующая существенная особенность метода радиоактивных индикаторов состоит в простоте и быстроте определения меченого вещества независимо от того, находится ли оно в дистиллированной воде, сложной питательной среде, клеточном протоплате, древесине, древесных пластиках или минерале, так как излучения, возникающие при распаде атомного ядра, сопровождая меченые вещества, сигнализируют о путях их продвижения в твердых и жидких телах. Включение меченых соединений в живой организм происходит в результате активного вовлечения их в обмен веществ. Внутри живого организма меченое соединение претерпевает те же превращения, что и аналогичное немеченое соединение. Вкрапленное в основную массу немеченых молекул, оно беспрерывно подает сигналы о своем местонахождении. Благодаря этому весь организм — в данном случае культура гриба — становится радиоактивным (меченым).

35. В качестве радиоактивных индикаторов удобно работать с изотопами, обладающими β-излучением, хотя в случае необходимости могут быть использованы также и радиоактивные вещества, испускающие γ-излучение. Перечень радиоактивных веществ, применяемых в качестве радиоактивных индикаторов в биологии и химии, с основными характеристиками приведен в табл. 21.

Особенности метода радиоактивных индикаторов послужили основанием к использованию их для разработки ускоренного метода определения токсичности антисептика и биостойкости обработанных ими строительных материалов (древесины, древесностружечных, древесноволокнистых и других плит, арболита, акмиграна, обусловлен рядом факторов, присущих не только радиоактивным королита и т. п.).

Условия применения радиоактивных индикаторов

36. Выбор радиоактивных индикаторов для выращивания меченых культур и определения с их помощью токсичности антисептиков и степени биостойкости строительных и технических материалов

обуслевлен рядом факторов, присущих не только радиоактивным веществам, но и исследуемым материалам, а также используемым для биологических испытаний тест-организмам. Этими факторами являются: тип, длина волны и энергия излучения радиоактивного изотопа; период полураспада, минимальная возможная величина удельной и общей активности изотопа (см. прил. 1), а также длительность биологических испытаний и измерений радиоактивных препаратов, толщина и плотность исследуемых образцов.

Радиоактивные изотопы, применяемые в биологии в качестве радиоактивных индикаторов, обладают различными типами излучения α, β, γ, e и т. п. и разными периодами полураспада (T), измеряемыми от нескольких секунд, минут, часов до многих десятков, сотен и даже тысяч лет (табл. 21). Продолжительность же биологических испытаний может составлять от 2 до 16 недель. Из этого следует, что изотопы, обладающие малым периодом полураспада T (например, изотоп Na^{24}, T которого равен 14,97 ч), непригодны для использования в качестве радиоактивных индикаторов для определения токсичности антисептиков и биостойкости материалов, так как они распадутся ранее окончания биологических ис-

Изотопы с большим периодом полураспада, измеряемым годами, пытаний.

десятками лет и более, неудобны в работе из-за необходимости захоронения в специальных могильниках радиоактивных отходов, образующихся в результате проведения биологических испытаний. Кроме того, долгоживущие изотопы представляют значительную опасность с точки зрения загрязнения помещения. Так, например, очистка помещения, случайно загрязненного* изотопом C^{14} или Sr^{90}, период полураспада которых равен 5720 и 25 годам соответственно, требует довольно значительных усилий, возможно, даже капитального ремонта.

С этой точки зрения более удобными являются изотопы, период полураспада которых составляет две—три недели (например, P^{32}). Ввиду сравнительно малого периода полураспада и продолжительности жизни радиоактивные отходы P^{32} не нуждаются в специальном захоронении.

37. Не меньшее значение, чем период полураспада, имеет и энергия излучения радиоизотопа: чем больше энергия радиоактивных индикаторов, тем больше их проникающая способность. Например, α- и β-лучи, имитируемые тритием, благодаря своей мягкости, т. е. малой энергии излучения, не выйдут за пределы даже самых тонких образцов древесины, так как они полностью поглотятся при толщине последних, равной сотым долям миллиметра.

38. При выборе радиоактивного индикатора не меньшую роль, чем период полураспада и энергия излучения, играет свойство изотопа аккумулироваться в той или иной системе, т. е. так называемая органотропность изотопа, зависящая от химических и физико-химических свойств радиоизотопного препарата, а также от обмена веществ, избранных в качестве тест-организма грибов илли бактерий. Радиоизотоп, выводимый в окружающую среду выделительной системой тест-организма, ранее окончания биологиче-

---

* Случайное загрязнение может возникнуть в результате аварийной, не предусмотренной работой ситуации, например землетрясения или внезапной болезни исполнителя, связанной с потерей сознания и т. п.

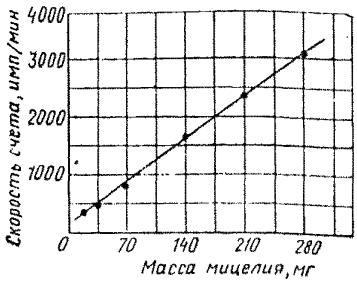


Рис. 47. Зависимость скорости счета радиоактивных излучений от массы мицелия пленчатого домового гриба, меченного P^{32}

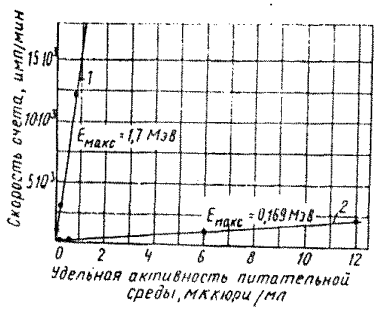


Рис. 48. Влияние энергии радиоактивного индикатора на интенсивность радиоактивных излучений образцов древесины, пораженных мечеными культурами гриба
1 — образцы поражены грибом, меченным P^{32}; *2* — то же, S^{35}

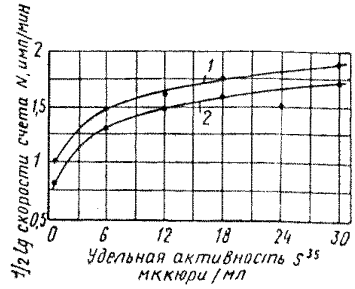


Рис. 49. Влияние удельной активности радиоактивного изотопа S^{35} в питательной среде на интенсивность поражения выращенного на ней мицелия гриба (*1*) и пораженной им древесины (*2*) — (Ф. Ф. Мазур).

ских испытаний мало пригоден для использования его в качестве радиоактивного индикатора.

39. Следующим важным условием выбора радиоактивного индикатора для определения токсичности антисептиков и биостойкости материалов с помощью меченых культур домовых грибов является правильная дозировка радиоактивного изотопа, которая может быть удачной только в случае учета всего комплекса особенностей радиоактивных веществ: характера и активности излучения, интенсивности ионизации, пропорциональной количеству применяемого изотопа, его дозе. Учет указанных факторов и выбор минимально необходимой, но достаточной для учета приборами дозы радиоизотопа определяют в значительной степени успех опыта.

Сущность метода меченых культур

40. Сущность метода меченых культур заключается в следующем. Радиоактивный индикатор вводят в питательную сусло-агаровую среду, на которой выращивают культуру гриба в количестве, не оказывающем на гриб ни тормозящего, ни стимулирующего действия. Мицелий гриба вместе с питательной средой ассимилирует радиоактивное вещество и становится радиоактивным (меченым). Величина его радиоактивности зависит от его количества (рис. 47), энергии излучения радиоактивного индикатора (рис. 48), от удель-

ной активности питательной среды (рис. 49). Исследуемые образцы укладывают на молодые (3—5-дневные) меченые культуры гриба таким образом, чтобы они не соприкасались с питательной средой и находились выше воздушной грибницы культуры на 1—2 мм, а следовательно, не могли повредить ее при укладке. Схема укладки образцов древесины и других материалов на культуру гриба показана на рис. 17.

В случае поражения меченым мицелием образец приобретает радиоактивные свойства. Радиоактивность образцов определяется массой меченого мицелия, проникающего в древесину: между массой мицелия и интенсивностью радиоактивного излучения имеется четкая зависимость. Оценку результатов биологических испытаний проводят по массе мицелия, проникшего в древесину.

Изменение скорости счета радиоактивного излучения от образцов, пораженных меченой культурой, в зависимости от удельной активности питательной среды показано на рис. 49. Как видно из очертаний кривых, скорость счета излучений от меченого мицелия гриба и пораженной им древесины зависит от содержания радиоактивного изотопа в питательной среде.

41. При одной и той же удельной активности питательной среды, одинаковом геометрическом положении препарата по отношению к счетчику, длительности и прочих равных условиях опыта и измерений скорость счета от образцов древесины, пораженных грибом, меченным радиоактивным изотопом P^{32}, который испускает жесткое β-излучение, значительно выше, чем от образцов, пораженных культурой гриба, меченной изотопом S^{35}, испускающим мягкое β-излучение (см. рис. 48).

42. При поражении меченой культурой гриба образцов древесины, древесных плит, арболита, акмиграна, королита, полимерных и других комбинированных материалов без антисептиков и защищенных фунгицидами повышение скорости счета радиоактивного излучения означает возрастание радиоактивного изотопа, а следовательно, и массы мицелия внутри образцов*. При этом скорость счета радиоактивного излучения контрольных образцов (не обработанных антисептиком), которые тоже заражают мицелием, меченным тем же изотопом, принята за 100%, а скорость счета образцов, зараженных немеченым мицелием гриба, принята за нуль (т. е. за нуль принята естественная скорость счета окружающей нас атмосферы, называемая обычно фоном).

Благодаря этому можно получить количественную оценку динамики роста мицелия гриба в образцах древесины, комбинированных и других органических материалах, защищенных и не обработанных антисептиками, так как характеристики скорости счета радиоактивного излучения дают наглядное представление об изменении количества мицелия в образцах с различным содержанием антисептика. Как видно из рис. 50 и 51, при относительно небольшом содержании антисептиков определить с помощью весового метода реакцию гриба на действие антисептика невозможно, так как потеря массы древесины, равная 2—3%, не превышает операционных потерь. В то же время с помощью меченых культур по скорости

* Измеряемая скорость счета соответствует всему количеству радиоактивного изотопа в образце, находящегося как в мицелии гриба, так и в экзоэнзимах и других продуктах метаболизма, и отражает интенсивность жизнедеятельности гриба в исследуемом образце.

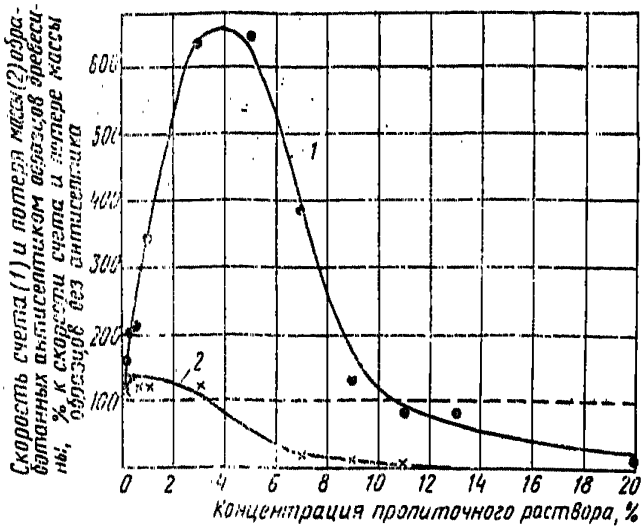


Рис. 50. Сравнительное определение токсичности сланцевого масла методом меченых культур (*1*) и весовым методом (*2*) — (Ф. Ф. Мазур)

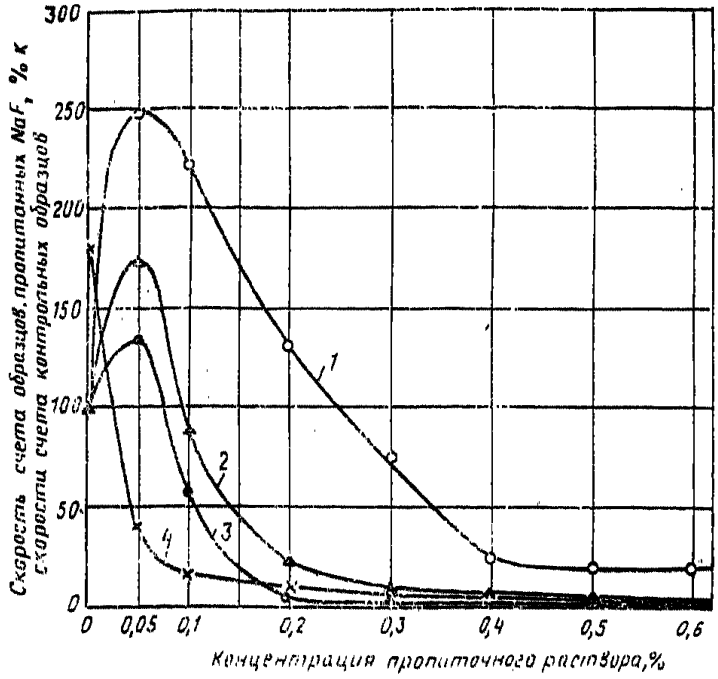


Рис. 51. Исследование токсичности фтористого натрия методом меченых культур (*1—3*) и весовым методом — по потере массы (*4*) — (Ф. Ф. Мазур)

1, 4 — длительность испытаний 45 дней; *2* — 15 дней; *3* — 6 дней

счета излучений от образцов, пораженных меченым мицелием, можно получить четкое представление о реакции гриба на дозы антисептика, тормозящие потерю массы не только древесины, но и других материалов.

Это видно из данных табл. 22, в которой приведены результаты опытов с древесностружечными плитами, содержащими разное количество антисептика ФМДХ*; концентрация яда, полностью приостанавливающая дереворазрушающую активность C. cerebella, не мешает грибу проникать в образцы плит и размножаться в них. Данные граф 5 и 6 указанной таблицы наглядно иллюстрируют это. Так, например, в образцах древесностружечных плит, содержащих к массе древесного вещества 0,3—0,5% антисептика ФМДХ, отсутствовала потеря массы древесины после 45-дневного действия культуры. В то же время количество мицелия в этих же образцах было таким же, как и в контрольных образцах. Аналогичная зависимость характерна и для образцов древесины, обработанной лакокрасочными составами (табл. 23).

43. Из приведенных данных видно, что метод меченых культур ввиду его большой чувствительности дает более точные сведения о действии антисептика на грибы, чем весовой метод. Данные о токсичности антисептика, полученные с его помощью, являются вполне надежными, так как они более жесткие, чем в случае использования общепринятого критерия по потере массы древесины под воздействием гриба. Этот метод может быть использован в научно-исследовательской работе при изучении веществ, способных быть антисептиками, определении их токсичности и исследовании механизма действия антисептиков, витаминов антибиотиков на дереворазрушающие грибы, их адаптации к этим веществам, а главное, при контроле качества антисептирования древесины и других строительных материалов. Он также пригоден для исследования степени биостойкости новых строительных материалов.

44. Введение радиоактивных изотопов фосфора P^{32} и серы S^{35} в питательную среду от 0,6 до 12 мккюри/мл не мешало росту и образованию воздушной грибницы Coniophora cerebella. Однако ферментативная деятельность этого гриба нарушалась при концентрации P^{32} 30 мккюри (см. табл. 5). Такая же концентрация S^{35} не оказывала на его ферментную систему никакого влияния.

Содержание P^{32} в количестве от 0,1 до 0,6 мккюри, а S^{35} — в количестве от 0,2 до 6 мккюри/мл не оказывает на культуру гриба ни тормозящего, ни стимулирующего действия (см. табл. 5). Согласно инструкции по работе с радиоактивными веществами, такими как P^{32} и S^{35}, если их удельная активность не превышает 0,2 мккюри/мл, а суммарная активность — 10 мккюри, можно работать в обычном порядке, как со стабильными веществами, поскольку они не в состоянии оказать вредного действия как на грибы, так и на обслуживающий персонал.

Учитывая это, рекомендуется использовать при выращивании меченых культур питательную среду, содержащую P^{32} в количестве 0,1—0,2 мккюри/мл, а S^{35} — 0,6 мккюри/мл.

---

* Антисептик ФМДХ состоит из фтористого натрия (47,2%), мышьяковистокислого натрия (в пересчете на As_2O_3 — 8,56%), двухромокислого калия ($3K_2CrO_7$ — 13,5%), динитрофенола (5,5%) и сульфитного щелока (5%). Он относится к группе антисептиков, известных под названием соль Вольмана.

Таблица 22

Определение степени биостойкости древесностружечных плит, содержащих антисептик ФМДХ, весовым методом и методом меченых культур (Ф. Ф. Мазур, Нгуен Куанг) (гриб Coniophora cerebella)

Антисептик		Средняя масса образцов в абсолютно сухом состоянии, г	Потеря массы, %		Статистические показатели					
вид	концентрация к весу сухой древесины, %		через 20 дней	через 45 дней	средняя скорость счета через 20 дней, имп/мин	число измерений, n	среднее квадратичное отклонение $\pm\sigma$, имп/мин	средняя ошибка среднего арифметического $\pm m$, имп/мин	средний разброс экспериментальных $\mp v$, %	средняя ошибка опыта $\pm\rho$, %
Плита без антисептика	0	2,89	2	20,05	3307	8	347	122	10,5	3,7
Плита, защищенная антисептиком ФМДХ	0,1	2,94	1,6	20,94	3597	8	269	95	7,5	2,64
То же	0,3	2,93	—	2,4	3267	8	144,6	51	4,42	1,6
»	0,5	2,59	—	—	3110	8	298	105	9,6	3,4
»	1	3,2	—	—	2153	8	307	108	14,2	5
»	2	2,96	—	—	1050	7	91,4	34,6	8,7	3
»	3	3	—	—	760	7	141	53,4	18,5	7
»	5	2,97	—	—	531	8	69	24	12,8	4,5

Таблица 23

Сравнительные исследования разными методами биостойкости древесины сосны, обработанной лакокрасочными составами (Финляндия). Тест-организм Coniophora cerebella; радиоактивный индикатор P^{32}; размер образцов 50×50×5 мм; длительность испытаний 80 дней (опыты Т. Ф. Сардонниковой, В. Я. Кузнецовой, Ф. Ф. Мазур)

№ варианта	Исследуемый материал	Балл обрастания	Влажность, %		Средняя потеря массы после биоиспытаний, %	Средняя величина pH водной суспензии			Средняя скорость счета	
			образцов после биоиспытаний	увеличение влажности за период испытаний		до биоиспытаний	после биоиспытаний	% измерение,	имп/мин	% к контролю
1	Контроль — древесина без покрытия	8	48,9	38,9	22	4,7	3,2	32	2756	100
2	Метаферрекстикс	4	20,5	11,7	—	5,7	5,7	0	53	1,9
3	Герба	4	18,8	9,7	—	5,2	5,2	0	84	3
4	Метаферрекс	5	23,5	14,7	—	5,2	5,2	0	134	6,8
5	Техо	8	21,4	12,4	9,7	5,2	4	23	775	28,1
6	Линспар-супер	8	24,4	15,4	7,6	4,5	3,4	24	1132	41,1
7	Хело	7	31,3	22,4	9,9	4,4	3,4	23	1334	48,4
8	УР-49	7	23,9	14,9	—	4,6	3,8	17	594	21,5
9	ХВ-124	6	29,6	20,6	5,1	4,5	3,7	18	905	32,8
10	ПФ-115	7	27,3	18,3	6,3	4,6	3,6	21	993	36
11	Эпирекс-аква	4	30,9	21,8	8,7	4,6	3,2	13	1081	39,2
12	Пану	8	116,9	107,6	8	5,8	5	14	2993	108,6
13	Виса-плюс	8	22,9	13,5	16,4	5	3,3	30	4749	172,3

Характерные отличия метода меченых культур при работе с базидиальными и плесневыми грибами и комплексом почвенных микроорганизмов

45. Общим для всех видов грибов при работе с радиоактивными изотопами независимо от того, относятся ли они к классу базидиомицетов, фикомицетов, несовершенных грибов или являются комплексом почвенных микроорганизмов, включающих помимо грибов указанных классов также бактерии, вирусы и прочие микроорганизмы (водоросли, нематоды и т. п.), является следующее:

изотоп фосфора P^{32} вводят в питательную среду в количестве 0,1—0,2 мккюри/мл, а S^{35} — 6—9 мккюри/мл и тщательно в ней перемешивают;

между исследуемыми образцами и питательной средой не должно быть контакта;

длительность испытаний не должна превышать 6 периодов полураспада, используемых в опытах радиоактивных индикаторов;

соблюдение правил измерений интенсивности излучений образцов, пораженных меченой культурой гриба;

расчет поправки на радиоактивный распад;

выполнение правил техники безопасности при работе с радиоактивными изотопами, мечеными культурами микроорганизмов и радиоактивными образцами;

исключение факторов внешней среды, влияющих на результаты испытаний;

тщательная очистка образцов от воздушной грибницы перед измерением их радиоактивности.

46. Характерные отличия метода меченых культур, зависящие от вида и класса используемых грибов, заключаются в следующем:

при работе с домовыми грибами и другими видами базидиальных грибов, образующих обильную воздушную грибницу, гифы которой достигают 3—4 мм, исследуемые образцы укладывают на культуру гриба таким образом, чтобы между питательной средой и образцом находилась воздушная прослойка не менее 3—4 мм; между молодым мицелием и образцом воздушная прослойка должна быть не менее 2—3 мм (см. рис. 17);

при использовании в качестве тест-организмов плесневых грибов (из класса несовершенных, аскомицетов и сумчатых), образующих невысокий, стелющийся по субстрату мицелий, на поверхность питательной среды в чашках Петри укладывают стеклянные подложки толщиной 1—2 мм и поверх их — исследуемые образцы. Образцы должны быть меньше стеклянных подложек на 1—2 мм со всех четырех сторон (см. рис. 20). Питательную среду заражают методом укола суспензией спор чистых культур грибов, приготовленной в соответствии с ГОСТ 9.048—75, или их смесью;

комплекс почвенных грибов выращивают в соответствии с рекомендацией С. М. Гершина; однако исследуемые образцы не закапывают в грунт, а укладывают на стеклянных подложках поверх лесного почвенного слоя.

Токсичность антисептиков, определенная методом меченых культур

Критерии токсичности

47. Наиболее распространенным критерием токсического действия антисептиков на дереворазрушающие грибы является предельная зона. Термин «предельная зона» неоднозначен, он зависит от

метода определения токсичности антисептиков: при исследовании агарового метода под предельной дозой понимают концентрации яда в питательной сусло-агаровой или сусло-желатиновой среде, находящейся между задерживающей и убивающей дозами. Задерживающая доза — концентрация яда в питательной среде, при которой культура гриба с посевного материала (инокулята) может перейти на содержащую антисептик питательную среду и заразить ее, но ее внешний вид и функциональные отправления (скорость роста, энергия, дыхание, количество воздушной грибницы и пр.) имеют явные признаки травмирования: скорость роста уменьшена, внешний вид, окраска, количество мицелия иные, чем в опытах на такой же питательной среде без антисептика или с малыми дозами.

«Убивающая» доза — концентрация антисептика в среде, при которой инокулят не может заразить ее и погибает под действием яда или из-за недостатка питательных веществ. Определенная указанным путем предельная доза защищает сусло-агаровую среду (но не древесину) от заражения грибом.

При работе методом бюкса, методами тонких образцов и «факела» также используют термин «предельная доза», но он имеет уже иной смысл, так как под задерживающей дозой понимают концентрации антисептиков не в питательной среде, как в агаровом методе, а в древесине, которые не мешают внедрению мицелия гриба в древесину, но тормозят образование вторичной* воздушной грибницы.

Предельная доза, определенная по разнице в массе древесины до и после действия гриба, носящая термин «по потере веса», основана на том, что задерживающей дозой считают концентрации антисептика, тормозящие потерю массы, а убивающей — концентрации, при которых потеря массы отсутствует или не превышает величины так называемых операционных потерь**. Определенная таким образом предельная доза легла в основу методов испытаний, применяемых в странах-участницах СЭВ, а также ФРГ, Англии, Нидерландах и др.

48. При исследовании и сравнении разных антисептиков между собой представляют определенный интерес не только конечные данные, но и их промежуточные концентрации. В этом случае совокупность экспериментальных точек используют для графического изображения или для построения некоторой кривой (кривой действия), которая выражает закономерность нарастания эффекта антисептика в зависимости от его содержания в древесине и в других органических материалах. Кривая действия во многих случаях имеет сигмоидную форму, более или менее симметричную относительно точки перегиба. Для случая «счетной реакции» такая кривая является комулятивным распределением индивидуальных предельных доз. Она легла в основу метода математической обработки результатов токсикологических испытаний антисептиков для древесины (П. И. Рыкачев, Д. А. Беленков).

---

* Вторичный мицелий (грибница) — воздушный мицелий гриба, образовавшийся из гиф, внедрившихся в толщу древесины.

** Операционными потерями называют потери массы образцов, возникающие благодаря пропитке, сушке и другим операциям, производимым с образцами во время постановки опытов. Величину этих потерь устанавливают по потерям массы, наблюдаемой для образцов, содержащих антисептик в количествах, превышающих предельную дозу.

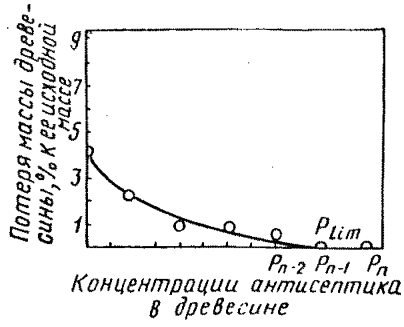


Рис. 52. Влияние предельных концентраций антисептиков на характер сигмоидной кривой (при высоких концентрациях антисептиков кривая, изображающая наблюдаемую функцию, приближается к оси концентраций почти асимптотически) — (П. И. Рыкачев)

P_n — концентрация, при которой еще обнаруживаются следы разрушения древесины грибом; P_{n-1} — концентрация, при которой разрушение древесины отсутствует; P_{lim} — точная предельная концентрация, лежащая в интервале $P_n - P_{n-1}$

Механизм, определяющий сигмоидный характер кривой в случае «реакции по интенсивности» сложнее, но и здесь кривая действия отражает изменчивость, свойственную совокупности клеток или организма. «Реакция по интенсивности» легла в основу ГОСТ 16712—71*. Понятие (пороговое поглощение» ($П_{95}$) является критерием токсичности антисептика. Пороговым называется поглощение антисептика, снижающее потерю массы от воздействия Coniophora cerebella на 95% (в 20 раз) по сравнению с потерей массы древесины, не содержащей антисептик (т. е. контрольных образцов).

Для кривой действия наиболее характерной является следующая особенность сигмоидных кривых: ветвь сигмоиды, соответствующая относительно высоким концентрациям антисептиков, сильно подавляющих реакцию гриба на действие яда, приближается к оси концентраций почти асимптотически (рис. 52). Поэтому в этой области кривой последовательное увеличение концентраций антисептика соответствуют все менее резко выраженные снижения дереворазрушающей активности гриба. Отсюда следует, что труднее всего и наименее точно при работе весовым методом (по потере массы) определяются минимальные концентрации, достаточные для учета полного уничтожения весовых потерь массы древесины.

Анализируя графики, представленные на рис. 52, следует иметь в виду следующее: на оси ординат отложены величины потери массы древесины в % к ее исходной массе, а по оси абсцисс — концентрация антисептика в древесине.

49. При построении кривой действия возможны два случая. Во-первых, кривая может быть построена, как показано на рис. 53, т. е. симметрично относительно точки перегиба. Во-вторых, кривая может быть асимметричной: верхняя ее половина может оказываться вытянутой более сильно, чем нижняя. В этом случае график строят вновь, беря в качестве абсцисс не концентрацию P_1, P_2 и т. д., а их логарифмы $\lg P_1$, $\lg P_2$ и т. д. Вычисление интенсивности поражения древесины, защищенной на 90 и 95%, производят по уравнениям

$$J_{p_{90}} = 0{,}1\, J_{p_0}, \qquad (17)$$

$$J_{p_{95}} = 0{,}05\, J_{p_0}, \qquad (18)$$

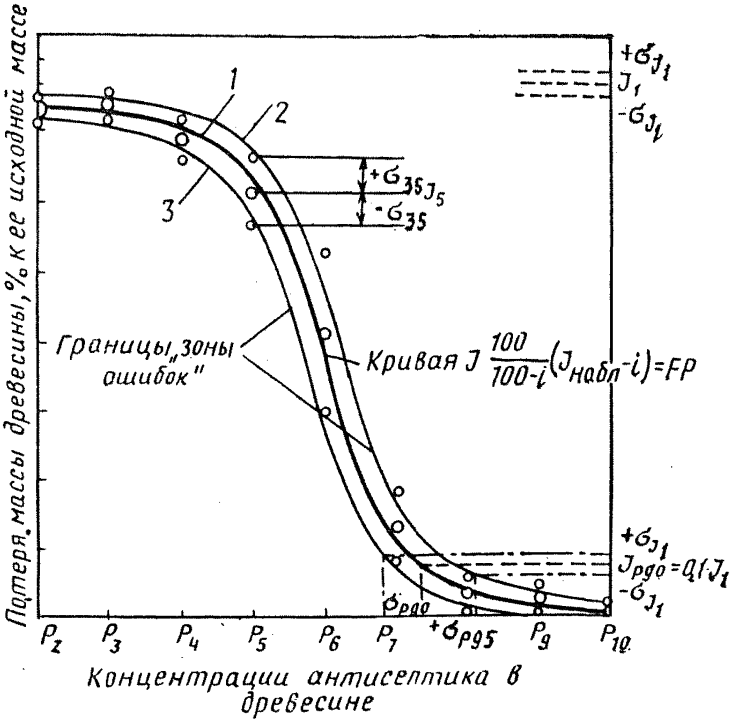


Рис. 53. Кривая действия и зоны ошибок (П. И. Рыкачев)
1 — истинная величина потери массы; *2, 3* — границы соответствующих отклонений

где $J_{p_{90}}$ — потеря массы образцов древесины, защищенных на 90%; $J_{p_{95}}$ — то же, защищенных на 95%; J_{p_0} — потеря массы контрольных образцов древесины (без антисептика).

Путем использования не весового метода (по потере массы), а более чувствительных методов P_n, P_{n-1} можно сузить на такую малую величину, которая практически может быть принята равной P — точной предельной концентрации антисептика.

Определение предельной дозы и порового поглощения методом меченых культур

50. Экспериментальные данные, полученные в результате исследования токсичности антисептиков методом меченых культур, с одинаковым успехом могут быть использованы как для определения предельных доз, так и для построения кривых действия. При этом закономерность нарастания антисептика в зависимости от содержания его в древесине исследуют путем построения графиков, абсцисса которых указывает концентрацию антисептика в древесине, а ордината — величину принятого критерия (потери массы или скорость счета радиоактивных излучений).

При измерении интенсивности поражения грибом образцов дре-

весины и других строительных материалов методом меченых культур скорость счета радиоактивных излучений от контрольных образцов из заболони сосны, пораженных меченой культурой гриба, как указывалось ранее, принята за 100%, а естественная радиоактивность окружающей среды (фон) приравнена к нулю. В лабораторных условиях в опытах, сопровождающихся использованием свинцовой защиты, торцовых счетчиков Гейгера-Мюллера с толщиной слюдяного окошечка от 1 до 1,5 мг/см² и рабочим напряжением установки типа Б-2 около 1350 В, величина фона имеет незначительные колебания — от 18 до 30 имп/мин. Исследованные образцы признают биостойкими, если после выдерживания на меченой культуре гриба в течение заданного срока (но не менее 15 дней и не более шести периодов полураспада), величина скорости счета радиоактивных излучений от них не более чем в 2—3 раза превысит радиоактивность окружающей атмосферы, а величина скорости счета от контрольных образцов древесины должна при тех же условиях превысить фон не менее чем в 40—60 раз.

51. При работе методом меченых культур под понятием «задерживающая доза» приняты концентрации антисептика в древесине, при которых мицелий гриба, хотя и в весьма малом количестве, может проникнуть в древесину, а под убивающей — концентрации, мешающие внедрению гриба в древесину. Ввиду большой чувствительности метода радиоактивных индикаторов, положенного в основу метода меченых культур, можно зафиксировать внедрение в древесину ничтожно малого количества мицелия. В табл. 24 приведены данные по определению токсичности фтористого натрия для гриба Coniophora cerebella. В испытаниях, на основании которых составлена таблица, оценка результатов проводилась по потере массы древесины и по скорости счета радиоактивных излучений от образцов, зараженных меченым мицелием гриба. Предельная доза, определенная из данных по потере массы (табл. 24), находится между концентрациями антисептика в древесине, равными 0,516 и 1,033 кг/м³, так как средняя потеря массы в первом случае составляла 3,2%, а во втором — 2,1%. Как видно из табл. 24, убивающая доза, определенная из потери массы древесины, не в состоянии защитить ее от интенсивного поражения грибом, поскольку количество внедрившегося в образец мицелия оказалось на 26% выше, чем у контрольных образцов, не содержащих антисептик.

Верхняя граница предельной дозы — убивающая доза, определенная таким путем, не в состоянии убить гриб или хотя бы предохранить образцы от его вторжения.

Предельная доза, определенная по методу меченых культур, находится между концентрациями антисептика в древесине, равными 2,9 и 3,4 кг/м³. Эти цифры показывают, что при введении 2,9 кг/м³ фтористого натрия древесина хотя и незначительно, но заражена грибом. При введении в древесину 3,4 кг/м³ антисептика она по степени биостойкости в соответствии с классификацией ЦНИИСК может быть отнесена к первому и наиболее биостойкому классу строительных материалов. Определенная таким путем верхняя граница предельной дозы (убивающая доза) может защитить древесину от агрессии дереворазрушающего гриба и с полным правом называться защищающей дозой.

52. Согласно опубликованным данным С. М. Горшина, пороговое поглощение фтористого натрия, определенное в соответствии с ГОСТ 16712—71*, составляет 0,7 кг/м³, а защищающее поглощение,

Таблица 24

Определение токсичности фтористого натрия весовым методом (по потере массы) и методом меченых культур (Ф. Ф. Мазур) (гриб C. cerebella)

Длительность опыта, дни	Концентрация раствора, %	Среднее поглощение фтористого натрия, кг/м³	Средняя потеря массы, %	Средняя скорость счета (за вычетом фона)	
				имп/мин	%
45	Контроль	—	36,6	1452	100
	0,05	0,262	7,9	3604	248
	0,1	0,516	3,2	3232	223
	0,2	1,032	2,1	1886	130
	0,3	1,333	1,2	1089	75
	0,4	2,011	1,7	339	23,1
	0,5	2,666	1	279	19,2
	0,6	2,924	0,9	261	17,9
	0,8	3,401	0	0	0
15	Контроль	—	17,4	2038	100
	0,05	0,282	0,7	3546	173
	0,1	0,43	1	1779	87,3
	0,2	1,075	2	460	22,5
	0,3	1,548	1,5	202	9,9
	0,4	2,064	1,7	109	5,3
	0,5	2,248	1,7	90	4,4
	0,6	2,924	1,3	Фон	0,24
6	Контроль	—	—	1500	100
	0,05	0,26	—	2001	133
	0,1	0,516	—	849	57
	0,2	1,032	—	60	4
	0,3	1,333	—	27	1,8
	0,4	2,236	—	Фон	0
	0,5	2,924	—	То же	0
	0,6	3,096	—	»	0

как это видно из данных табл. 25, для I и II классов службы деревянных конструкций на срок 40—50 лет составляет всего 2,5 кг/м³. Такое количество антисептика не в состоянии защитить деревянные конструкции от поражения домовыми грибами на срок 40—50 лет. В опытах ЦНИИСК (см. табл. 24) длительностью 45 дней образцы древесины, содержащие 2,666 кг/м³ фтористого натрия, были поражены грибом настолько сильно, что средняя скорость радиоактивных излучений от них, равная 279 имп/мин, более чем в 10 раз превысила фон, что по сравнению с контрольными образцами древесины (без антисептика) составляет 19,2% (см. табл. 24).

Анализ приведенных выше экспериментальных данных, основанных на определении токсичности антисептиков в соответствии с ГОСТ 16712—71* и методом меченых культур, свидетельствует о

Таблица 25

Пороговые и защитные поглощения фтористого натрия (С. Н. Горшин)

Пороговые поглощения по ГОСТ 16712—71*		Защищающие поглощения по классам службы на 40—50 лет, кг/м³					
%	кг/м³	I, II	III	IV	V	VI	VII
0,2	0,7	2,5	4	5	—	—	—

Примечания: 1. Пороговые поглощения определены для пленчатого домового гриба Coniophora cerebella.
2. Защищающее поглощение определено для комплекса почвенных грибов.

преимуществах последнего, так как он дает более жесткие и надежные показатели. При определении токсичности антисептика по ГОСТ 16712—71*, так же как и при работе агаровым методом, токсичность исследованных препаратов оказывается завышенной. Это показали не только наши исследования, но и сравнительные исследования токсичности фтористого натрия и маслянистого антисептика, выполненные Важным (ПНР) в соответствии с ГОСТ 16712—71* и ГОСТами, принятыми странами — участниками СЭВ.

53. На основании экспериментальных данных, полученных методом меченых культур, может быть определена не только предельная доза, но и пороговое поглощение (см. табл. 24). Пороговым поглощением является поглощение антисептика, снижающее величину скорости счета реактивных излучений от образцов, пораженных Coniophora cerebella, на 95% (в 20 раз) по сравнению со скоростью счета от контрольных образцов, не защищенных антисептиком.

54. Для повышения надежности данных о реакции гриба на действие яда при работе с мечеными культурами рекомендуется интенсивность поражения домовыми грибами древесины, содержащей определенные концентрации яда, определять на статистически достоверном количестве образцов, позволяющем точно характеризовать ошибку каждого варианта опыта: по данным опыта строить график, ордината которого показывает скорость счета радиоактивных излучений от образцов, пораженных меченой культурой гриба, а абсцисса — концентрации антисептика в образцах древесины; цифровой материал, получаемый в результате экспериментального исследования, подвергать вариационно-статистической обработке, в результате которой находят среднюю ошибку среднего арифметического (m), среднее квадратичное отклонение (σ), средний разброс экспериментальных данных (v) и среднюю ошибку опыта (P) и др.; по данным опыта строить график — кривую действия и в зависимости от поставленной задачи находить предельную дозу или пороговое поглощение.

Авторадиографирование

55. С помощью метода меченых культур можно зарегистрировать на фото- или рентгеновской пленке ничтожно малое количество помеченного им вещества, например отдельные гифы гриба, проникающего в древесину, или места их скопления.

При проведении серийных испытаний по определению качества антисептирования или токсичности антисептиков нередко возникают затруднения из-за нехватки времени на обработку экспериментального материала (на его взвешивание, измерение и др.). Используя метод радиоавтографии, можно получить четкие показатели огромного количества образцов, характеризующих интенсивность поражения их избранным тест-организмом, затрачивая на это немного времени.

Сущность радиоавтографического метода заключается в том, что фотоэмульсия рентгеновских пленок способна при длительной экспозиции суммировать воспринимаемые импульсы и тем самым фиксировать весьма малые интенсивности излучений, которые невозможно измерить с помощью газоразрядных счетчиков. Путем сопоставления данных, полученных измерением скорости счета от образцов древесины, пораженных меченой культурой гриба, с радиоавтограммой данного образца можно установить малейшие погрешности измерений и тем самым повысить точность опыта, а кроме того, получить еще объективный, длительно сохраняемый, фиксирующий результат опыта. По полученной радиоавтограмме можно судить о количестве проникающего в образец мицелия гриба (см. рис. 34).

Степень биостойкости разных пород древесины и других строительных материалов, определенная методом меченых культур

56. Биостойкость строительных материалов может обеспечиваться путем введения в процессе их производства веществ, токсичных для грибов, бактерий, водорослей и других микроорганизмов. Тогда степень биостойкости должна определяться на образцах готовых материалов.

Кроме того, некоторые новые строительные материалы и породы древесины не требуют введения токсичных веществ или позволяют вводить их в минимальных количествах, так как обладают определенной степенью биостойкости в силу своего химического состава. Например, высокую степень биостойкости имеют минераловатные плиты на битумной основе с удельным весом более 0,273 г/м², древесина ранг-ранг, лакокрасочное покрытие типа АГС-4 и т. п. Поэтому использование метода меченых культур, позволяющего получить четкие количественые показатели о степени биостойкости новых строительных материалов и пород древесины (особенно из стран с жарким и влажным климатом: ДРВ, Кампучии, Ирака и т. п.), является экономически целесообразным, так как способствует снижению расхода многих ядохимикатов.

Наконец, могут быть материалы неорганического происхождения, которые служат субстратом, т. е. источником минерального питания некоторых организмов, и должны быть также подвергнуты биологическим испытаниям с целью выяснения степени их биостойкости. Примером этого служат асбесоцементные кровли, которые

Таблица 26

Породы древесины ДРВ,
применяемые в строительстве (Нгуен Куанг)

Класс*	Название		Произношение вьетнамского названия на русском языке
	на латинском языке	на вьетнамском языке	
V	Styrax tonkinensis Pierre	Bo de	Бо-де
	Garcinia loureiri Pierre	Bua rung	Быа-рынг
	Disoxylon translucidum Hock	Trac khe	Час-хэ
	Engelhardtia chrysolepsis Hance	Cheo tia**	Чео-тэа*
	Ptosrocarya steuoptera	Coi	Кой
	Quercus wallichiana	De do**	Зе-до**
	Cratoxylon prunifolium Dyer	Do ngon	До-нгон
	Aglaia gigantea Pel	Goi	Гой
	Diospyros tonkinensis A. Chev	Hong rung	Хонг-рынг
	Mallotus cochinchinensis Lour	Hu nau	Ху-нау
	Diospyros mun H. Lec	Mun	Мун
	Diospyros eriantha Champ	Nho noi	Ньо-ной
	Zanthoxyllum collinsae Crait	Sen	Шен
	Bassia pasqiueric Willams	Sen	Шен
	Donella roxburghii Pierre	Son sa	Шон-ша
	Quereusia specia	Soi sa**	Шой-да**
	Alstonia scholaris	Sua	Шыа
	Gratoxylon polyanthum Korth	Thanh nganh Ia to	Тхань-нгань-ла-то
	Diospyros decabdra Lour	Thi	Тхи
	Garcinia fragraoïdes Chev	Trai ly	Чай-ли
	Mallotus cochinchinensis	Vang**	Ванг**
VI	Acronychia lauriifolia Blume	Buoi bung	Бый-бунг
	Parashorea stellata Kurtz	Cho chi	Чо-чи
	Dipterocarpus obtusifolius Chev	Cho nau	Чо-нау
	Dipterocarpus alatus Roxb	Dau	Зау
VII	Ficus elastica Roxb	Da	Да
	Markhamia stipullata Seem	Dinh	Динь
	Michelia bavinensis Finet	Gioi ba	Зой-ба
	Sindora cochinchinensis Hickel	Gu	Гу
	Hopea pierrei Hance	Kien kien	Кйен-кйен
	Dillenia heterosepala Finet	Long bang tia	Лонг-банг-тэа
	Horsfieldia amygdala Wartz	Mau cho la to	Мау-чо-ла-то

Продолжение табл. 26

Класс*	Название		Произношение вьетнамского названия на русском языке
	на латинском языке	на вьетнамском языке	
	Manglietia glayca Blume	Mo	Мо
	Cassia	Muong vang**	Муонг-ванг**
	Lisidice rhodostegia Hance	My	Ми
	Sapindus oocarpus Padlk	Sang	Шанг
	Pasania fenestrata	Soi**	Шой**
	Millettia ichthyochtona Orake	Than mat	Тхан-мат
	Ormosia	Rang rang**	Ранг-ранг**
	Actimocaphme sinensis	Re mit**	Ре-мит**
	Erythrophloeum fordii Oliver	Lim xanh	Лим-сань
VIII	Mangifera foetida Lour	Muom	Муом
	Pentace tonkinensis Gagner	Nghien	Нгьен
	Oroxylon indieum Vent	Nuc nac	Нук-нах
	Duabanga sonneratoides Ham	Phay	Фай
	Cinnamomum cassia Blume	Que	Куе
	Hopea odorata Roxb	Sao	Шао
	Toxicodendron succedanea	Son**	Шон**
	Ailanthus malabarica	Thanh that	Тхань-тхат
	Canarium album Racusch	Tram trang**	Чам-чанг**
	Nephelium lappaceum Lour	Vai thieu	Вай-тхиеи
	Pasania fissa	Soi bop**	Шой-боп**

* Номера классов соответствуют классификации, принятой в ДРВ.
** Биостойкость этой породы была исследована в ЦНИИСК им. Кучеренко Госстроя СССР

быстро разрушаются в Грузинской ССР вследствие поражения их микроскопическими водорослями и плесневыми грибами.

Таким образом, в отличие от метода определения токсичности антисептиков здесь приходится иметь дело с готовыми материалами и изделиями, для каждого из которых должны быть подобраны размеры и форма образцов, длительность биологических испытаний, виды тест-организмов, техника изготовления и измерения радиоактивных препаратов, удельная активность и энергия излучения изотопа и т. п.

57. Путем применения метода меченых культур определяют степень биостойкости строительного материала и в зависимости от интенсивности поражения его микроорганизмами относят к той или иной группе биостойкости в соответствии с классификацией ЦНИИСК (Ю. М. Иванов, Ф. Ф. Мазур, З. А. Туркова). Степень биостойкости различных строительных материалов (отечественных и зарубежных пород древесины, древесных плит и труб, акустических плит типа акмигран, арболита, королита, полимерных материалов и др.) была определена и систематизирована с помощью этого метода. Каждая из исследованных групп строительных материалов, различных по химическому составу, строению, механическим свойствам и назначению, сравнивалась в параллельных опытах с древесиной заболони сосны, биостойкость которой при работе методом меченых культур была принята за 100%. Эта характерная особенность метода меченых культур позволила систематизировать разнородные строительные материалы по степени биостойкости.

Биостойкость древесины разных пород

58. Древесные породы ДРВ по свойствам и назначению делят на 8 классов: наиболее декоративные и плотные породы относят к I классу, легкие — к VIII классу (табл. 26). В строительстве используются в основном породы V—VIII классов. Данные о плотности

Таблица 27

Плотность ρ и предел прочности при сжатии вдоль волокон, МПа, некоторых вьетнамских и русских пород (Нгуен Минь Ту)

Класс	Порода	ρ, кг/см³	МПа	Класс	Порода	ρ, кг/см³	МПа
I	Ванг-там	480	36,5	VI	Чо-чи	750	48
	Лим	947	60,8		Ре-мит	810	56
	Тхонг	670	43		Осина	600	32
IV	Лат	765	82		Пихта	600	32
					Бук	800	44
V	Зе	750	60		Береза	800	44
	Чэм	750	69		Сосна	600	40
—	Шой	480	31		Дуб	800	52
	Соан	690	35				
	Ранг-ранг	560	45				

и прочности при сжатии вдоль волокон некоторых вьетнамских и русских пород древесины приведены в табл. 27.

59. Разбивка пород древесины ДРВ на классы основана на физико-механических свойствах. Как видно из табл. 26, данные о естественной стойкости пород древесины, применяемых в ДРВ для строительства, весьма ограничены; этот фактор при разбивке пород по классам фактически не учитывался. Сведения о естественной стойкости указанных пород основаны на традиции, за исключением сведений о некоторых декоративных породах древесины ДРВ.

Из табл. 27 видно, что наиболее легкие породы шой-боп (заболонь), пихта и осина; наиболее тяжелые — ранг-ранг, чео-тэа, береза, дуб.

60. Интенсивность поражения пленчатым домовым грибом пород древесины в зависимости от принадлежности их к строительным классам, принятым в ДРВ, и их объемная масса представлена в табл. 28. На основании данных, приведенных на рис. 54, видно, что интенсивность поражения грибом древесины ДРВ разных пород не

Таблица 28

Интенсивность поражения грибом разных пород древесины ДРВ и СССР в зависимости от их класса и объемного веса

Класс	Порода	Средняя объемная масса, г/см³	Средние результаты бионаблюдений по 12-балльной системе через, дни			Средняя скорость счета за вычетом фона	
			3	7	10	имп/мин	%
—	Сосна (заболонь)	0,47	2	5	6	7300	100
	Пихта	0,37	2	5	6	7915	109
	Осина	0,38	2	3	5	8654	119
	Дуб	0,63	2	7	7	5440	75
	Бук	0,66	3	5	6	7730	106
	Береза	0,73	3	6	7	7700	106
V	Ванг (заболонь)	0,45	2	6	7	7390	101
	Ванг (ядро)	0,5	2	5	6	7655	105
	Шой-да	0,59	2	7	7	4890	67
	Зе-до	0,59	2	3	6	6110	84
	Чео-тэа	0,71	3	6	7	4420	61
VI	Шой (заболонь)	0,47	4	7	8	6840	94
	Муонг-ванг	0,52	3	8	8	6010	83
	Шой (ядро)	0,6	2	6	6	5625	77
	Ре-мит	0,68	3	7	8	5075	70
	Ранг-ранг	0,86	2	7	8	3290	45
VII	Шой-боп (заболонь)	0,33	2	7	7	8475	116
	Чам-чанг (заболонь)	0,4	3	5	6	8390	115
	Чам-чанг (ядро)	0,41	1	4	7	9825	135
	Шон	0,43	2	7	8	5740	79
	Шой-боп (ядро)	0,45	1	7	7	6300	87

зависит от принадлежности к тому или иному классу, поскольку одинаковой степенью биостойкости обладают породы из разных классов: например, скорость счета от образцов породы зе-до, относящейся к V классу, близка к скорости счета от образцов породы муонг-ванг (VI класс) и шой-боп (VII класс) и составляет 84, 83 и 87% соответственно.

Результаты статистической обработки цифрового материала, приведенные в табл. 29, показали, что вариационный коэффициент для большинства опытов не превышал 10—15%, а показатель точности колебался в пределах 2,8—9,3%. Это свидетельствует о достоверности полученных в экспериментах данных.

Таблица 29

Результаты статистической обработки данных по скорости счета древесины пород ДРВ и СССР (Нгуен Минь Ту)

Порода	M	n	$\pm\sigma$	$\pm m$	$\pm v$, %	$\pm p$, %
Сосна (заболонь)	7300	16	1139	285	15,6	3,9
Пихта	7915	7	1179	444	14,1	5,3
Осина	8654	8	2396	847	26,3	9,3
Дуб	5440	6	466	190	8,1	3,3
Бук	7730	7	735	278	9	3,4
Береза	7700	8	1547	546	19,1	6,7
Ванг (заболонь)	7390	8	704	249	7,9	2,8
Ванг (ядро)	7655	8	832	294	9	3,2
Шой-да	4890	8	529	187	9	3,2
Зе-до	6110	8	744	263	10,2	3,6
Чео-тэа	4420	8	760	268	14,3	5
Шой (заболонь)	6840	5	1391	622	17,6	7,9
Шой (ядро)	5625	5	714	320	11	5
Муонг-ванг	6010	8	763	270	10,6	3,7
Ре-мит	5075	8	937	332	16,1	5,7
Ранг-ранг	3290	7	590	222	15,6	5,9
Шой-боп (заболонь)	8475	7	2011	760	21,4	9,3
Чам-чанг (заболонь)	8390	8	746	263	8	2,8
Чам-чанг (ядро)	9825	7	851	321	7,8	2,9
Шон	5740	8	637	225	10	3,5
Шой-боп (ядро)	6300	8	638	226	9,1	3,2

В каждом из рассматриваемых классов одни породы были поражены грибом в меньшей степени, другие — в большей. Так, скорость радиоактивных излучений от образцов пород, относящихся к V классу, например чео-тэа, шой-да, составляет 61 и 67%, а зе-до и ванг (ядра и заболони) — 84, 100 и 105% соответственно. Таким образом, для пород V класса наиболее биостойкой является чео-тэа. Следует отметить, что биостойкость заболони ванг, относящейся к V классу, близка к биостойкости древесины заболони сосны (СССР); в первом случае скорость счета равна 7300, а во втором — 7390 имп/мин.

Из пород древесины VI класса наиболее биостойкой является ранг-ранг, затем ре-мит, ядро шой, муонг-ванг и заболонь шой; их средняя скорость счета составляет 74%, т. е. меньше средней скорости счета заболони сосны.

Породы, относящиеся к VII классу, так же как и породы V класса, обладают разной степенью биостойкости: наиболее биостойкими являются породы шон и шой-боп (ядро). Заболонь шой-боп, а также ядро и заболонь чам-чанг являются наименее биостойкими и справедливо отнесены к VII классу.

61. Зависимость между плотностью древесины и устойчивостью к пленчатому домовому грибу показана на рис. 55.

Очертание кривой рис. 55 показывает наличие определенной зависимости между плотностью исследованных пород древесины и интенсивностью поражения их грибом, заключающейся в том, что породы с малой плотностью более интенсивно поражаются грибом, чем породы с более высокой плотностью.

Из 6 исследованных пород СССР (см. табл. 28) сильнее других были поражены образцы осины и пихты, а слабее — образцы дуба: средняя скорость счета от них по сравнению со средней скоростью счета от древесины заболони сосны составляла 119, 109 и 75% соответственно. Береза и бук оказались более устойчивыми к Coniophora cerebella, чем осина и пихта, и менее устойчивыми, чем древесина заболони сосны.

Следует отметить, что в данной работе были исследованы образцы дуба с малым объемным весом (0,63 г/см³); они были поражены грибом сильнее, чем ранее исследованные образцы с объемным весом 0,72 г/см³.

62. Систематизация исследованных пород древесины и древесных плит в зависимости от интенсивности поражения пленчатым

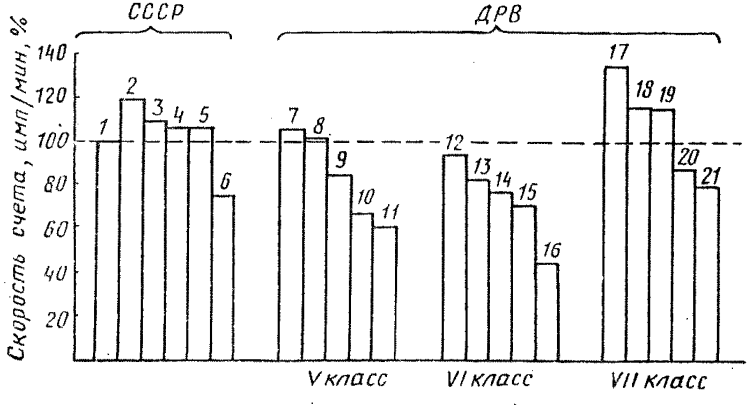


Рис. 54. Естественная стойкость к пленчатому домовому грибу некоторых применяемых в строительстве пород древесины (породы V — VII классов сгруппированы по классификации, принятой в ДРВ) — (Ф. Ф. Мазур, Нгуен Минь Ту)

1 — заболонь сосны; *2* — осина; *3* — пихта; *4* — бук; *5* — береза; *6* — дуб; *7* — ванг (ядро); *8* — ванг (заболонь); *9* — зе-до; *10* — шой-да; *11* — чес-тэа; *12* — шой (заболонь); *13* — муонг-ванг; *14* — шой (ядро); *15* — ре-мит; *16* — ранг-ранг: *17* — чам-чанг (ядро); *18* — шой-боп (заболонь); *19* — чам-чанг (заболонь); *20* — шой-боп (ядро); *21* — шон

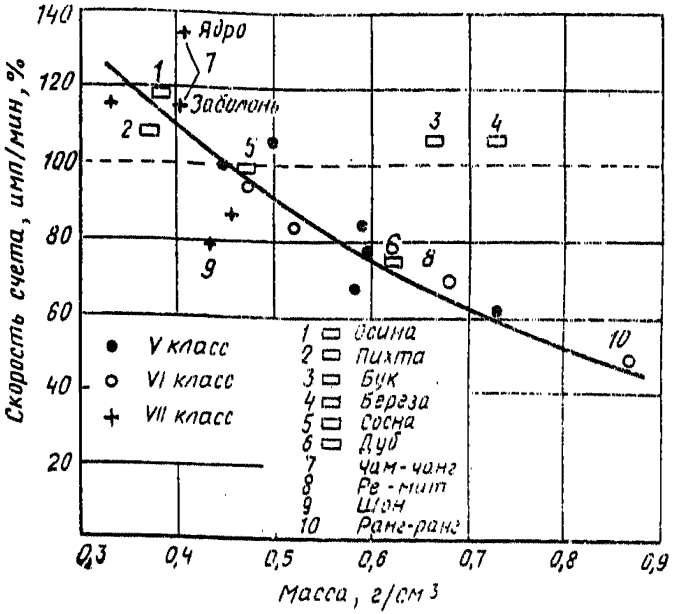


Рис. 55. Интенсивность поражения меченой культурой C. cerebella разных пород древесины в зависимости от их плотности (Ф. Ф. Мазур, Нгуен Минь Ту)

1 — осина; *2* — пихта; *3* — бук; *4* — береза; *5* — сосна; *6* — дуб; *7* — чам-чанг; *8* — ре-мит; *9* — шон; *10* — ранг-ранг

домовым грибом представлена на рис. 35. Из графиков рис. 35 видно, что применение метода меченых культур позволяет получить четкие количественные данные об интенсивности поражения разных пород древесины домовыми грибами.

Биостойкость древесных плит и строительных тканей

63. Сравнивались натурная древесина заболони сосны, твердая древесноволокнистая плита ДОКа № 4, древесностружечная плита ДОКа № 3, строительные ткани (войлочная и хлопчатобумажная основа линолеума) Мытищинского комбината Главмоспромстройматериалов. Из этих материалов были изготовлены образцы объемом 5,2 см³ в соответствии с уравнением

$$b = \frac{V}{L\,S}\,, \qquad (19)$$

где V — объем, см³;

L — длина образца, мм (42 мм);

S — толщина плиты, мм;

b — ширина образца, мм.

Степень биостойкости материалов, определенная методом меченых культур, представлена на рис. 56, а по потере массы — на рис. 57.

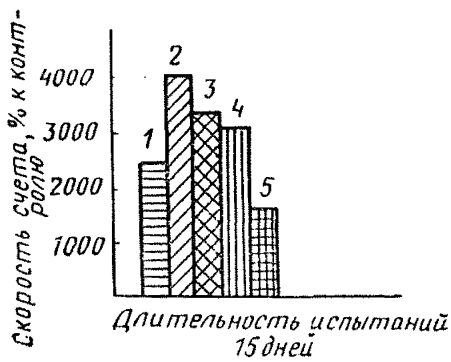


Рис. 56. Исследование методом меченых культур биостойкости древесных плит и строительных тканей — (Ф. Ф. Мазур, З. А. Туркова)

1 — древесина заболони сосны; *2* — древесностружечная плита; *3* — твердая древесностружечная плита; *4* — войлочная ткань; *5* — хлопчатобумажная ткань

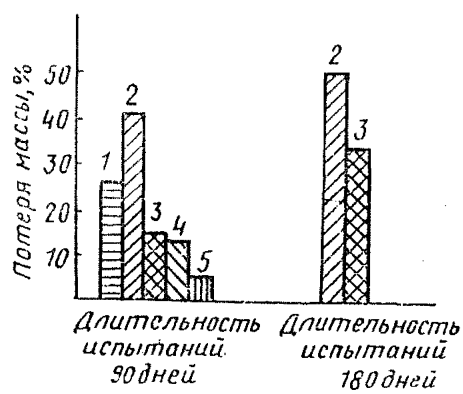


Рис. 57. Исследование весовым методом степени биостойкости (материалы те же, что на рис. 56) — (Ф. Ф. Мазур, З. А. Туркова)

1 — древесина заболони сосны; *2* — древесностружечная плита; *3* — твердая древесноволокнистая плита; *4* — войлочная ткань; *5* — хлопчатобумажная ткань

Диаграммы рис. 56 и 57 показывают сопоставимость данных, полученных этими разными методами для неантисептированной древесины, древесностружечной плиты, строительного войлока и ткани. Некоторым исключением явились опыты с твердой древесноволокнистой плитой, где сравнительно низкая потеря массы (около 15%) в опытах длительностью 90 дней наблюдалась при достаточно большом количестве внедрившегося в образцы плит мицелия гриба (3360 имп/мин). Однако, как видно из сопоставления рис. 56 и 57, в опытах длительностью 180 дней соотношение между потерей массы древесностружечной и древесноволокнистой плитами находится в такой же пропорции, как и количество внедрившегося в них мицелия гриба. Это свидетельствует о том, что для твердой древесноволокнистой плиты объемом 5,2 $см^3$ при оценке по весовому методу длительность испытаний 90 дн. является недостаточной.

Опыты также показали, что испытания по методу меченых культур в опытах длительностью 15 дней позволяют получить четкие количественные показатели о степени стойкости к пленчатому домовому грибу Coniophora cerebella натуральной древесины, древесных плит и строительных тканей.

Биостойкость линолеума

64. Линолеум — теплый, звукопоглощающий материал для полов. Пласты массы, используемые для его изготовления, готовят на основе окисленных растительных масел, жиров или их заменителей, синтетических смол, поливинилхлорида или кумаровой кислоты, пластификаторов и наполнителей. В качестве пластификаторов используется дибутилфталат, а наполнителей — пробковая и древесная мука, тальк, каолин, пигменты. Линолеум изготовляют в виде полотнищ, дорожек, ковров; он предназначен для отделки

полов в жилых и общественных зданиях, в железнодорожных вагонах, пароходах, вагонах метрополитена и т. п. В зависимости от назначения его выпускают на войлочной или тканевой основе или без основы.

Были выполнены две серии опытов. В первой испытывали поливинилхлоридный линолеум на хлопчатобумажной и джуто-кенафной основе. Степень повреждения его грибом оценивали визуальным наблюдением за обрастанием образцов мицелием гриба, изменением их внешнего вида и массы.

Из данных табл. 30 видно, что средняя потеря массы образцов линолеума на хлопчатобумажной основе была менее 1%, а на джуто-кенафной основе — менее 3%. Величины потери массы 1—3% не выходят за пределы операционных потерь весового метода и учитываться не могут, хотя, как показали биологические наблюдения, интенсивность обрастания образцов мицелием гриба была не менее 3—4 баллов. Однако после пребывания на культуре гриба образцы линолеума сильно изменили внешний вид: их поверхность потеряла блеск, перестала быть гладкой, основа стала темно-коричневой, трухлявой. Это свидетельствует о том, что метод оценки по потере массы в опытах длительностью 120 дней и менее не может характеризовать степень повреждения линолеума пленчатым грибом.

Таблица 30

Исследование степени биостойкости линолеума весовым методом (Ф. Ф. Мазур, З. А. Туркова) (опыты выполнялись в 10 повторностях, длительность 120 дней)

№ партии	Материал	Средняя масса образцов в абсолютно сухом состоянии до испытаний, г	Средняя влажность, %		Балл обрастания по 10-балльной системе	Средняя потеря массы образцов	
			до испытаний	после испытаний		г	%
I	Линолеум на хлопчатобумажной основе	1,784	1,15	12,1	4	0,005	0,24
II	Линолеум на джутокенафной основе	1,599	1,52	10,1	5	0,069	0,52
III	Линолеум на хлопчатобумажной основе	1,849	1,3	12,3	4	0,022	0,78
IV	Линолеум на джутокенафной основе	1,772	1,53	12	5	0,039	2,14
V	Линолеум на хлопчатобумажной основе	1,736	1,08	13,4	3	0,003	0,15
VI	Контроль — древесина заболони сосны	1,57	8,8	40	8	0,791	51

65. Результаты испытаний второй серии опытов длительностью 15 дней, выплненные методом меченых культур, представлены на рис. 58.

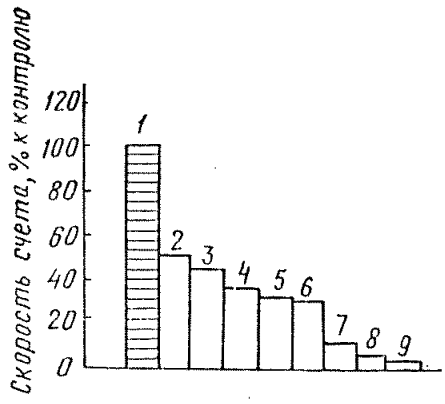


Рис. 58. Исследование методом меченых культур степени поражения линолеума

1 — контроль (древесина заболони сосны); *2* — линолеум на войлочной основе производства НРБ; *3, 4* — то же, производства СССР; *5* — линолеум на хлопчатобумажной основе с лавсаном (1 : 1); *6* — то же, на основе смеси капроновых и хлопчатобумажных нитей (1:1); *7* — то же, на хлопчатобумажной основе; *8* — трехслойный линолеум без основы; *9* — однослойный линолеум без основы

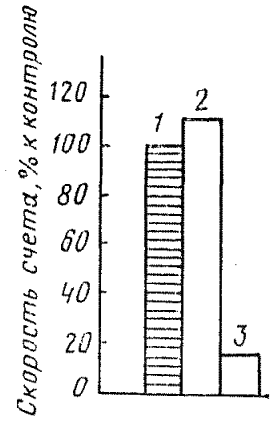


Рис. 59. Исследование биостойкости акмиграна методом меченых культур

1 — древесина заболони сосны (контроль); *2* — акмигран (без антисептика); *3* — то же, с борной кислотой (0,7%)

Биостойкость акустических плит акмигран

66. Эти плиты предназначены для декоративной звукопоглощающей облицовки стен и потолков уникальных общественных зданий. Они состоят из минераловатных гранул, органической связи — крахмала, бентонита, стеарина, гипса, талька и парафина. Объемный вес их равен 380±20 кг/м³, предел прочности — 6 кг/см³, размер 300×300×300 мм. Так же как и в опытах с линолеумом, биостойкость акмиграна определяли весовым методом и методом меченых культур; их длительность равнялась 120 и 15 дням соответственно.

Результаты некоторых испытаний, полученные весовым методом и методом меченых культур, представлены в табл. 31 и на рис. 59.

Цифровой материал, приведенный в табл. 31, свидетельствует о том, что в результате длительного воздействия гриба (120 дней) масса образцов акмиграна не уменьшилась, а увеличилась. Увеличение массы образцов через 120 дней после нахождения их на чистых культурах C. cerebella явилось, как показали опыты, результатом воздействия метаболитов гриба на минераловатные гранулы акмиграна и образования солей органических кислот (щавелевой, лимонной и др.), удельная масса которых значительно больше удельной массы акмиграна.

Таблица 31

Исследование степени биостойкости акмиграна и асбестоцементно-древесных материалов (опыты выполнялись в 10 повторностях, длительность испытаний по потере массы — 120 дней, методом меченых культур — 15 дней)

Материал	Балл обрастания по 10-ти балльной системе	Вес образцов в абсолютно сухом состоянии, г		Изменение массы образцов		Скорость счета	
		до испытаний	после испытаний	г	%	имп/мин	%
Контроль — древесина заболони сосны	8	1,64	0,8	—0,84	—51	2430	100
Акмигран без антисептика	8	1,58	2,11	+0,53	+33	2670	109,6
Асбестоцементные плиты с 5% древесного волокна	4	15,26	15,71	+0,45	+2,5	1215	50

Примечание. (—) — вес образцов после действия гриба уменьшился, (+) — увеличился.

Боистойкость минераловатных плит

67. Минераловатные плиты являются одним из основных тепло- и звукоизоляторов самонесущих крупнопанельных стен, полов 1-го этажа, междуэтажных и чердачных перекрытий. Они состоят из минерального волокна и органической (битумной, фенольной или крахмальной) связки.

В состав минеральных волокон входят окислы марганца, алюминия, кремния, магния, натрия, серы, калия и др. Их цвет зависит от состава и толщины волокна и цвета связки. В сухом состоянии они очень хрупкие и легко сминаются при незначительных нагрузках, а при смачивании водой склонны к гидратации. Разрушение нитей происходит с различной скоростью в зависимости от их структуры, химического состава и вида связки. При разделке плит на образцы (даже сравнительно большого объема — 50×50×50 мм) и взвешивании они теряют свой первоначальный вес и форму: из-за этого использовать весовой метод для определения степени поражения их грибом оказалось практически невозможным. Это было сделано путем визуального наблюдения и методом меченых культур.

Были исследованы полужесткие плиты на фенольной, крахмальной и битумной связках с объемной массой 0,106, 0,14 и 0,166 г/см^3 соответственно и жесткие плиты на битумной связке с удель-

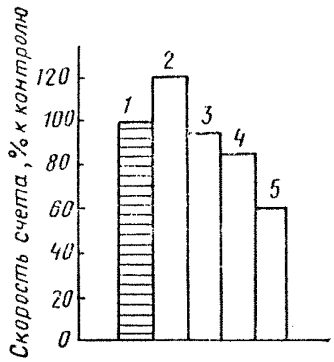


Рис. 60. Исследование степени поражения минераловатных плит на органических связях

1 — контроль (древесина заболони сосны); *2* — полужесткая минеральная плита на фенольной связке; *3* — то же, на крахмальной связке; *4* — то же, на битумной связке; *5* — жесткая плита на битумной связке

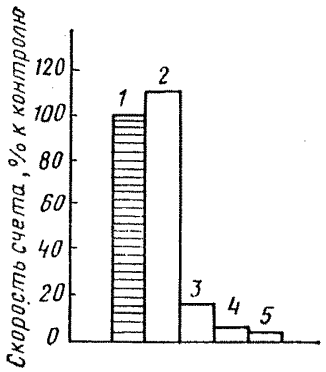


Рис. 61. Исследование методом меченых культур степени поражения асбестоцементных материалов

1 — контроль (древесина заболони сосны); *2* — древесноасбестоцементная плита; *3* — древесноасбестоцементная труба; *5* — асбестоцементная плита

ной массой 0,273 г/см³. Результаты испытаний представлены на рис. 60.

При проведении биологических наблюдений отмечено, что гриб, весьма активно внедряясь в толщу образцов, образовал лишь очень скудную воздушную грибницу.

Исследование биостойкости асбестоцементных материалов

68. Асбестоцементные материалы характеризуются высокой пористостью и температуростойкостью. Асбест представляет собой минерал, способный расщепляться на отдельные тонкие, гибкие и эластичные волокна. В его состав входят SO_2, MgO, AlO, FeO_3, CaO. Асбестовое волокно придает прочность и обеспечивает эластичность материала, предотвращает образование трещин при вибрациях конструкций.

Из асбеста и цемента готовят теплоизоляционные плиты, трубы и подобные изделия. В настоящее время строительство испытывает острую потребность в асбестоцементных плитах и особенно трубах для подземной кладки кабелей связи. Недостаток труб тормозит строительство телефонных сетей в городах. В связи с этим делается попытка использования асбестоцементных труб с примесью органических веществ в виде древесного волокна. В состав таких труб входит 85% цемента, 10% асбеста и 5% древесного волокна от их веса.

Так как трубы с примесью древесного волокна могут быть использованы для подземных коммуникаций, возникла необходимость определить их биостойкость по отношению к микроорганизмам, и в первую очередь к Coniophora cerebella. Степень их биостойкости определяли по потере массы и методом меченых культур. В опытах длительностью 120 дней (см. табл. 31) потеря массы

образцов с опилками и без них составляла 1—3%, т. е. была в пределах ошибки опыта. С помощью метода меченых культур (рис. 61) удалось дифференцировать степень поражения этих материалов грибом в зависимости от наличия органического компонента.

Биостойкость комбинированных материалов с цементным вяжущим и органическим заполнителем

69. Конструкции из комбинированных строительных материалов на основе цементного вяжущего и органического заполнителя (арболита, королита, торфобетона и т. п.) широко применяются при строительстве зданий различного назначения, в том числе и с влажным режимом.

Цемент, используемый в качестве вяжущего в арболите, содержит многие жизненно необходимые элементы, стимулирующие развитие дереворазрушающих грибов: Al_2O_3, Fe_2O_3, MgO, CaO, SiO_2, SO_3 и др. Поэтому арболит, так же как и другие комбинированные строительные материалы, является хорошим питательным субстратом для дереворазрушающих, биржевых и плесневых грибов. Под воздействием ферментов, вырабатываемых грибами, основные компоненты заполнителя арболита — лигнин, целлюлоза и гемицеллюлоза — разрушаются до углекислоты и воды. Наличие окислов металлов и минералов усиливает этот процесс. Поэтому комбинированные материалы (арболит, королит и т. п.), состоящие из древесных отходов и минерального вяжущего, под действием грибов, так же как и акмигран, меняют химические, физические и технические свойства, но не уменьшаются в массе так как в связи с продолжающейся гидратацией цемента и химическим связыванием воды при этом, а также под действием ферментов и органических кислот, выделяемых грибом в процессе биологических испытаний, образуются соли органических кислот, масса которых компенсирует потери массы органической части комбинированных материалов, вызванные действием гриба. Кроме того, выделяющийся в процессе жизнедеятельности гриба углекислый газ вызывает карбонизацию цементного камня. Сравнительно малая весовая доля древесного заполнителя не дает возможности даже при длительных испытаниях определить потери массы разрушенной грибом древесины. Поэтому весовой метод не пригоден для исследования биостойкости арболита. Методы оценки результатов биологических испытаний, основанные на измерении усилия отрыва мицелия гриба от образца, представляют определенный интерес, но они не могут дать представления о глубине поражения арболита грибом. По причине большой макропористости арболита и невозможности получения образцов небольшой толщины (2—3 мм) для оценки степени его биостойкости не пригодны ни метод «тонких образцов», ни метод «факела».

Метод механических испытаний также не пригоден для исследования степени биостойкости комбинированных материалов, содержащих цементное вяжущее, так как под действием ферментов, выделяемых грибом в процессе биологических испытаний, происходит гидратация цемента, в результате которой прочность таких материалов возрастает (табл. 32).

Метод меченых культур является наиболее удобным при исследовании зависимости степени биостойкости арболита от вида органического заполнителя, количества введенного пентахлорфенолята натрия и других важных факторов.

Таблица 32

Влияние радиоактивного изотопа на изменение прочности на растяжение при изгибе арболита, вызываемое действием пленчатого домового гриба С. cerebella (Ф. Ф. Мизур, В. С. Подчуфаров)

Вид испытания	Количество исследованных образцов	Прочность на растяжение при изгибе,	
		МПа	%
Образцы выдерживались на культуре гриба с добавлением в питательную среду радиоактивных изотопов P^{32}	6	2,18	130
Образцы выдерживались на культуре гриба без добавления радиоактивных изотопов	6	2,18	130
Контрольные образцы, не подвергавшиеся воздействию гриба	6	1,68	100

Зависимость степени биостойкости арболита от вида органического заполнителя

70. Исследование влияния вида заполнителя на степень биостойкости арболита было проведено на образцах, изготовленных

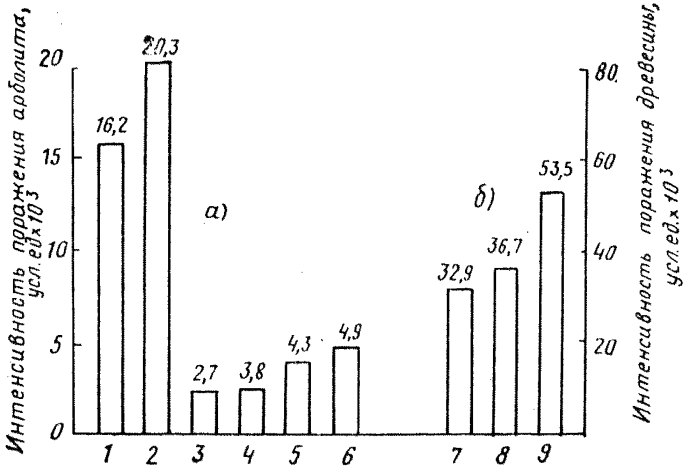


Рис. 62. Интенсивность поражения грибом (Ф. Ф. Мазур, В. С. Подчуфаров)

а — арболита с различным заполнителем; *б* — древесины; *1* — костра конопли; *2* — рисовая солома; *3* — еловая дробленка; *4* — сосновая дробленка; *5* — осиновая дробленка; *6* — березовая дробленка; *7* — ель; *8* — сосна; *9* — осина

из древесной дробленки разных пород (сосны, ели, осины и березы), костры конопли и рисовой соломы.

Результаты испытаний, приведенные на рис. 62, свидетельствуют о том, что арболит с заполнителем из древесной дробленки более биостоек по сравнению с арболитом на основе костры конопли и рисовой соломы. Для сравнения здесь же приведены данные о степени биостойкости древесины различных пород, полученных на образцах тех же размеров, т. е. 40×40×60 мм. Как видно из рис. 62, интенсивность поражения грибом арболита на порядок ниже интенсивности поражения древесины, используемой для его изготовления. При сравнении биостойкости различных пород древесины и арболита, изготовленного из дробленки этих пород, видна четкая зависимость степени биостойкости арболита от биостойкости заполнителя. Эта зависимость является определяющим фактором биостойкости арболита. Хотя комплекс мер, улучшающих степень гидратации цементного камня (оптимальный состав, эффективные химические добавки и др.), позволит несколько повысить степень биостойкости арболита, для ее кардинального повышения следует прежде всего повышать биостойкость органического заполнителя.

Степень биостойкости образцов арболита, защищенных антисептиками

71. Из большого количеста различных антисептиков, введенных в органический заполнитель, положительные результаты (без снижения прочности) достигнуты при применении пентахлорфенолята натрия и нафтената меди.

Технология применения пентахлорфенолята натрия заключается в обработке им заполнителя с последующим введением в него растворов сернокислого аммония и хлористого кальция при расходе их 2,04 и 6,8 кг/м³. Пентафенолят натрия, реагируя с древесиной и углекислотой воздуха, переходит частично (около 48%) в нерастворимые в воде соединения пентахлорфенола. Сернокис-

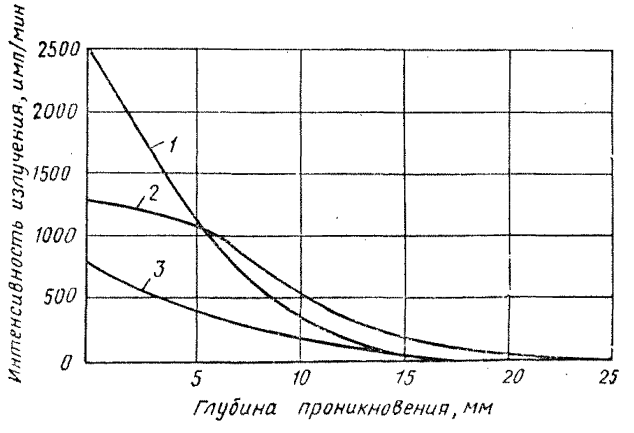


Рис. 63. Глубина поражения грибом образцов арболита при различном расходе пентахлорфенолята натрия.

1 — без антисептика; *2* — при расходе 2,04 кг/м³; *3* — то же 6,8 кг/м³

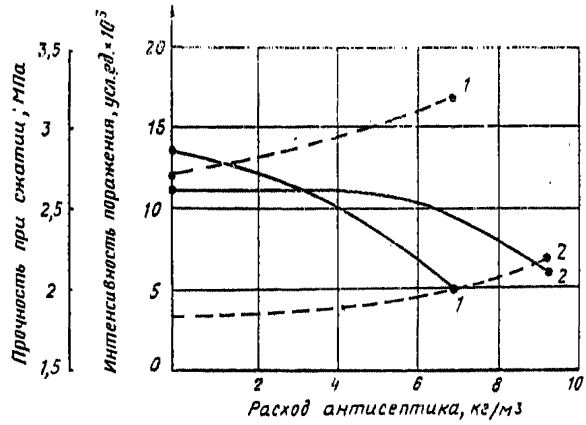


Рис. 64. Интенсивность биологического поражения арболита (пунктирная линия) и изменение его прочности (сплошная линия) в зависимости от расхода антисептика (В. С. Подчуфаров)
1 — пентахлорфенолята натрия; *2* — нафтената меди

лый алюминий резко ускоряет эту реакцию и одновременно связывает летучие фенолы, снижая токсичность получаемого материала для окружающей среды. Образующиеся при реакции соединения закрывают капилляры древесины и тем самым снижают воздействие на цемент водорастворимых экстрактных веществ древесины. Это обеспечивает лучшие условия гидратации цемента и ведет к повышению прочности арболита на 20% по сравнению с применением тех же добавок без антисептика.

Результаты биологических испытаний образцов с различным расходом пентахлорфенолята натрия представлены на рис. 63. На рис. 64 дан график изменения прочности при сжатии в зависимости от расхода антисептика. Как видно из очертания кривых рис. 62—64, интенсивность биологического поражения при расходе антисептика в количестве 6,8 кг/м³ снижается почти в 4 раза при одновременном повышении прочности на 20%.

Систематизация строительных материалов по степени биостойкости

72. Изложенные в данном разделе результаты исследований по определению степени биостойкости строительных материалов были получены методом меченых культур. В качестве радиоактивного индикатора использовали изотоп фосфора P^{32}, а в качестве тест-организма — пленчатый домовый гриб. Культуры гриба выращивали на сусло-агаровой среде, удельная активность которой составляла 0,1 мккюри/мл. Контролем служили образцы из древесины заболони сосны. Скорость счета от контрольных образцов, пораженных меченой культурой гриба, принято за 100%. Измерение радиоактивных излучений от исследуемых образцов проводилось на 14-й полочке установки типа Б-2 с помощью торцового газоразрядного счетчи-

Таблица 33

Примеры систематизации некоторых строительных материалов по степени биостойкости к домовым грибам из класса базидиомицетов

Материал	Средняя скорость счета, имп/мин, %	Класс материалов по степени биостойкости
Кирпичные, бетонные, железобетонные, асбестоцементные детали конструкций, модифицированная полимерами древесина: защищенные антисептиками в процессе промышленного изготовления акмигран и древесноволокнистые плиты, однослойный поливинилхлоридный линолеум без основы, травертон (производство США), асбестоцементные плиты	Менее 5 %	1
Линолеум однослойный поливинилхлоридный, акминит (производство Финляндии), акмигран, защищенный борной кислотой, травертон (производство США)	6—15	2
Линолеум на капроновой, джуто-кенафной или хлопчатобумажной и других основах; древесина ванг-там (ядро); древесина дуба	16—35	3
Ткань войлочная и хлопчатобумажная — основа для линолеума; асбестоцементные плиты и трубы с 5% древесного волокна; древесина лат (ядро); плита минераловатная жесткая на битумной связке	36—55	4
Ткань войлочная, иглопрошивная — основа для линолеума; плита минераловатная полужесткая на битумной связке; древесина ванг-там (заболонь)	55—86	5
Древесина сосны (заболонь); плита минераловатная полужесткая на крахмальной связке; акмигран без антисептика	86—105	6
Плита минераловатная полужесткая на фенольной связке; древесина ре (ядро); плиты древесноволокнистые и древесностружечные; древесина лат (заболонь); войлочная основа для линолеума	Свыше 105	7

ка БФЛ-25 с толщиной слюдяного окошечка 1,2 мг/см², при фоне 19 имп/мин и рабочем напряжении 1350 В.

Это позволило сгруппировать исследованные материалы и в зависимости от интенсивности поражения их грибом разбить на семь групп. Разбивка по группам была выполнена следующим образом. Образцы, средняя интенсивность радиоактивных излучений которых после исследования на меченой культуре гриба по сравнению с незащищенной древесиной (контролем) была менее 5%, отнесены к первому, наиболее биостойкому классу строительных материалов. К ним относятся, например, однослойный поливинилхлоридный линолеум без основы Мытищинского завода и асбестоцементные плиты.

Ко второй группе строительных материалов отнесены материалы, от образцов которых после испытаний на меченой P^{32} культуре гриба средняя скорость счета составляла от 6 до 15%. Это акмигран, защищенный борной кислотой, асбестоцементная труба без древесных добавок и др.

К третьей группе отнесены материалы, средняя скорость которых составляла от 16 до 35%; к четвертой — от 36 до 55%; к пятой — от 56 до 80%, к шестой — 81 до 105% и к седьмой — свыше 105% (табл. 33).

Систематизация по степени биостойкости исследованных материалов, выполненная на основе данных, полученных методом меченых культур, представлена на рис. 35.

Как видно из данных табл. 11—17 и рис. 35, 54—64, преимущество метода меченых культур перед другими методами биологических испытаний заключается в том, что с его помощью можно получить четкие количественные данные о степени биостойкости не только разных пород древесины, древесных плит и строительных тканей, но и комбинированных материалов на основе органического заполнителя и неорганического вяжущего (типа арболита, королита и т. п.), а также органического вяжущего и неорганического заполнителя (типа акмиграна, акминита, травертотана, линолеума и др.).

Влияние различных факторов на результаты испытаний

Общие методические указания

73. При определении токсичности антисептиков и биостойкости древесины, древесных плит и комбинированных строительных деталей из органических материалов получаемые результаты зависят от многих факторов. Большое значение имеют факторы внутренней и внешней среды.

К факторам внутренней среды относятся наследственные свойства организма, возрастные изменения, последствия прошлых воздействий условий культивирования, а именно: температура и влажность воздуха, возраст культуры, от которой отбирается инокулят, состав питательной среды и др. Штаммы грибов отличаются один от другого по своим физиологическим свойствам и морфологическим признакам, передающимся из поколения в поколение. При определении токсичности антисептиков и сравнении их между собой необходимо пользоваться одними и теми же штаммами грибов. Возраст, происхождение и качество посевного материала сильно влияют на следующее развитие культуры. Мно-

гочисленные исследования показали, что следует пользоваться молодым посевным материалом, находящимся в стадии активного размножения, так как старые клетки начинают размножаться обычно не сразу, а лишь через определенное время после того, как они попали в новую питательную среду. Состав питательной среды, на которой культивировался посевной материал, и температура его хранения должны быть такими же, как и при проведении эксперимента. Установлено, что температура хранения посевного материала влияет на скорость клеточного деления в полученных из него культурах. Грибы, культивируемые в течение длительного времени при определенной температуре, постепенно привыкают к ней. Перенесенные в другие температурные условия, они оказываются в течение некоторого времени менее приспособленными, чем организмы, постоянно живущие в этих условиях.

Еще более сильное влияние на результаты биологических испытаний оказывает различие в составе питательной среды для выращивания опытных культур гриба и условиях проведения экспериментов, обусловленных факторами внешней среды, такими как влажность древесины и питательной среды, температура и влажность воздуха, интенсивность аэрации и др. Немалое значение имеют также размер и форма опытных образцов, способ заражения и укладка образцов на культуру гриба, длительность испытаний, умение сохранить чистую культуру гриба в лабораторных условиях в активном жизнедеятельном состоянии и пр. Наиболее сложным является вопрос о роли питательной среды, поэтому он и будет рассмотрен в первую очередь.

Влияние питательной среды

74. Наибольшее распространение получили три питательные среды, а именно: сусло-агаровая, среда из садовой земли с добавкой 10% сосновых опилок и опилочная среда с добавкой 5% овсяной муки. Сравнительные экспериментальные исследования указанных питательных сред с целью выбора питательной среды, обеспечивающей получение активной жизнедеятельной культуры гриба Coniophora cerebella, показали, что наиболее интенсивный рост гриба и ассимиляция древесины наблюдались в опытах, где источником питания служила сусло-агаровая среда. В колбах с питательной средой из опилок влажность древесины в конце опыта была значительно выше, чем в опытах на двух других средах, а потеря массы древесины в 3—4 раза ниже. Чтобы избежать увлажнения образцов за счет контакта с питательной средой, под образцы помещали подкладки из стекла. В этом случае наиболее активными по отношению к древесине сосны и березы оказались культуры, выращенные на сусло-агаровой среде, а по отношению к древесине ели — культуры на овсяно-опилочной среде.

Проведено также сравнительное испытание этих же питательных сред по методике, полностью исключающей контакт образцов с питательной средой и их увлажнение за счет влаги питательной среды, обеспечивающей однородную влажность воздуха (Ф. Ф. Мазур).

Испытание проводили в вакуум-эксикаторах диаметром 19 см, емкостью 3,5 л. На дно наливали стерильную воду, а поверх фарфоровых вкладышей устанавливали стаканчики с питательной средой диаметром 30 мм, емкостью 15 мл (см. рис. 15). Отверстия

в крышке эксикатора закрывали ватной пробкой. В эксикатор ставили 8 стаканчиков. Наличие воды на дне экскикатора обеспечило однородную влажность воздуха, близкую к 100%, независимо от того, испытывалась ли питательная среда из опилок, увлажненных до 300%, или же из садовой земли с влажностью 30%.

75. Испытывали три питательные среды, а именно: овсяно-опилочную, среду из садовой земли и сусло-агаровую. В овсяно-опилочную среду было добавлено количество влаги, обеспечивающее увлажнение до 100, 175, 250, 350 и 450%. Среда из садовой земли была увлажнена до 30, 50, 75 и 90%. Сусло-агаровая среда была изготовлена из неохмеленного пивного сусла, плотность которого равнялась 16 баллингам, а pH — 5,9; к суслу был добавлен промытый и вымоченный в течение суток агар-агар в количестве 2, 4, 5, 7 и 9%.

Сухие компоненты первой и второй питательных сред помещали в стаканчики и стерилизовали в бюксах в сушильном шкафу при температуре 100±1°С. После этого к ним добавляли заранее рассчитанное количество стерильной воды, обеспечивающее заданное увлажнение, заражали чистой культурой гриба и выдерживали в термостате при температуре воздуха 22±2°. Инокулятом служили отрезки древесины (2×2×3 мм), зараженные грибом за 10 дней до начала опыта. Сусло-агаровые среды подвергали дробной стерилизации. При помещении питательных сред в стаканчики особое внимание обращали на то, чтобы их уровень был на 3—4 мм ниже верхнего края стаканчика. Стаканчики покрывали образцами толщиной 3 мм (по длине волокна) и площадью 30×40 мм. Их готовили из древесины, объемная масса которой была равна 0,46 г/см³, а в 1 см было 10 годичных слоев, подбирали по текстуре и равномерно распределяли по вариантам опытов. Средняя влажность древесины перед помещением на культуру гриба составляла 8,3±0,5%.

На культуре гриба образцы выдерживали в первой серии опыта 15 дней, а во второй — 45 дней. Оценку результатов проводили по потере массы древесины, которая равнялась разнице между абсолютно сухой массой образца до и после действия гриба, а также по интенсивности внедрения гиф гриба в толщу древесины, что определялось по усилию, необходимому для удержания гифами гриба образца (весом 1,5 г), стаканчика с питательной средой (40—45 г) или груза (более 50 г).

76. В опытах продолжительностью 15 дней наиболее активными оказались культуры, выращенные на сусло-агаровой среде. К этому времени образцы древесины были покрыты плотным бархатистым мицелием, клеточные стенки ее, как показало микроскопирование, были частично деформированы, а гифы гриба удерживали груз весом более 100 г.

Потеря массы древесины под воздействием гриба зависела от количества агара в питательной среде. В опытах, где применялась сусло-агаровая среда с 7% агара, она была максимальной и достигала в среднем 16,33% (табл. 34).

За это же время максимальная потеря массы образцов древесины под действием культур, выращенных на среде из садовой земли, составляла в среднем 6,55%, а на овсяно-опилочной среде — всего 4,1%, т. е. была значительно меньше (табл. 35).

В опытах с древесными опилками образцы древесины были покрыты тонким, довольно рыхлым мицелием. Культуры на садовой земле были более плотными: гифы гриба выдерживали массу

Таблица 34

Исследование дереворазрушающей среды культуры C. cerebella в зависимости от концентрации агара в сусло-агаровой среде

Длительность опыта, дни	Содержание агара в питательной среде, %	Средняя потеря массы древесины M, %	Число образцов в опыте	σ, %	m	v, %	p, %
15	2	10,87	8	0,42	0,15	3,88	1,37
15	5	15,97	8	1,03	0,36	6,42	2,27
15	7	16,33	8	0,89	0,31	5,44	1,92
15	9	9,63	8	1,37	0,48	14,2	5,02
45	2	34,85	8	0,87	0,31	2,33	0,89
45	4	33,53	8	0,91	0,32	2,71	0,96
45	5	33,07	8	1,38	0,49	4,17	1,48
45	7	28,42	8	1,57	0,56	5,36	1,96

Таблица 35

Исследование активности культуры C. cerebella в зависимости от состава и влажности питательных сред

Длительность опыта, дни	Питательная среда	Начальная влажность питательной среды, %	Средняя потеря массы древесины M, %	Число образцов в опытах	σ, %	m	v, %	p, %
15	Овсяно-опилочная	100	1,68	8	0,99	0,35	58,68	20,75
15	То же	175	4,1	8	1,68	0,59	40,91	14,46
15	»	250	4,1	8	1,83	0,65	44,61	15,78
15	»	325	3,49	8	2,07	0,73	59,20	20,94
15	»	400	2,96	8	1,95	0,69	65,95	23,41
15	Из садовой земли	30	6,55	8	1,49	0,53	22,78	8,05
15	То же	60	5,90	8	2,35	0,83	39,87	14,1
15	»	75	3,14	8	2,33	0,83	74,28	26,26
15	»	90	4,53	8	1,34	0,57	29,48	10,42
45	Овсяно-опилочная	100	22,22	8	1,17	0,42	5,27	1,87
45	То же	175	23,17	8	1,24	0,44	5,18	1,90
45	»	250	30,72	8	1,6	0,57	5,22	1,85
45	»	325	33,07	8	2,14	0,76	6,47	2,29
45	»	400	34,13	8	2,69	0,95	7,87	2,2
45	Из садовой земли	30	38,22	8	1,26	0,44	3,29	1,16
45	То же	45	38,44	8	3,18	1,13	3,87	2,92
45	»	60	37,05	8	2,57	0,91	6,95	2,46
45	»	75	29,31	8	2,06	0,73	7,04	2,49

образца при опрокидывании стаканчика, а иногда и вес стаканчика. Внешний вид древесины также был различным: наиболее разрушенными выглядели образцы, подвергнутые действию культур, выращенных на сусло-агаровых средах.

77. Достоверность разницы потери массы в опытах с разными питательными средами определяли по формуле (20). Были взяты попарно максимальные величины потери массы в опытах с сусло-агаровой и овсяно-опилочной средами, а также с сусло-агаровой средой и средой из садовой земли:

$$\frac{M_1 - M_2}{\pm\sqrt{m_1^2 + m_2^2}} \geqslant 3 + \frac{6}{n-4}, \qquad (20)$$

где M — среднее арифметическое потери массы;

m — средняя ошибка среднего арифметического:

$$\frac{16{,}33 - 4{,}10}{\pm 0{,}89^2 + 0{,}59^2} \geqslant 3 + \frac{6}{8-4};$$

$$\frac{16{,}33 - 6{,}55}{\pm 0{,}89^2 + 0{,}53^2} \geqslant 3 + \frac{6}{8-4}$$

Как видно из уравнений, проверка достоверности разницы показала положительный результат. Установлено также, что в опытах с овсяно-опилочной средой и средой из садовой земли продолжительностью 15 дней начальная влажность сред не оказывала существенного влияния на дереворазрушающую активность гриба, тогда как повышение содержания агара в сусло-агаровой среде увеличило активность культуры.

78. В опытах, где древесина подвергалась действию культур в течение 45 дней (см. табл. 35), начальная влажность овсяно-опилочной среды и среды из садовой земли существенно влияла на активность Coniophora cerebella. Так, при влажности овсяно-опилочной среды 325—400% потеря массы древесины составляла в среднем 33,1—34,1%, а при начальной влажности 100—175% — только 22,2—23,1%. Увеличение начальной влажности садовой земли с 45 до 75% также снизило дереворазрушающую активность гриба, так как в первом случае потеря массы составляла в среднем 38,44%, а во втором — только 29,31%. Что же касается сусло-агаровой среды, то увеличение содержания агара с 2 до 5% мало сказалось на активности культуры, а в опытах с 7% агара чувствовался явный недостаток влаги, так как к концу испытания агар на дне баночек подсох и растрескался. Максимальная потеря веса наблюдалась в опытах, где использовалась среда с 2% агара. Она составляла в среднем 35% и была, таким образом, на 0,49% выше, чем в опытах с овсяно-опилочной средой и на 3,19% меньше, чем в опытах с садовой землей. Внешний вид образцов также был схож.

При длительных испытаниях на дереворазрушающую активность гриба значительно сильнее влияет начальная влажность питательных сред, чем различия в их составе. Если пригодность их рассматривать только с точки зрения дереворазрушающей активности культуры, то в длительных испытаниях может быть с одинаковым успехом использована любая из этих трех питательных

сред. Однако при выборе питательной среды необходимо учитывать возможность воспроизводимости биологических испытаний в разных лабораториях или в той же лаборатории, но через некоторое время. В основе воспроизводимости опыта лежит идентичность основных условий испытания, в первую очередь стандартность питательной среды, т. е. постоянство ее физических и биохимических свойств. Должна быть учтена также возможность сокращения продолжительности испытаний. Рассмотрим с этой точки зрения пригодность каждой из питательных сред.

79. Биохимический состав садовой земли (так же как и лесной) обусловлен природными химическими веществами и структурой почвы, а также наличием в ней растений, насекомых, грибов, бактерий, продуктов их жизнедеятельности и распада. Он меняется в разные времена года и зависит от метеорологических условий. Содержание в почве белков, аминокислот, витаминов и других органических и неорганических соединений не может быть постоянным не только в разных географических зонах, но и в одном и том же месте в разные времена года, так как оно тесно связано с температурой и влажностью воздуха, количеством выпавших осадков, случайных загрязнений и т. д. Поэтому садовая, так же как и лесная, земля не может быть стандартным источником питания дереворазрушающих грибов, тем более что, как показали приведенные выше исследования, для ускоренных испытаний она не пригодна и ее, так же как и среду из опилок, можно использовать только для длительных опытов.

Среда из древесных опилок обладает тем преимуществом, что ее готовят в основном из древесины — естественного источника питания дереворазрушающих грибов — и состав ее для одной и той же породы и возраста по сравнению с землей более однороден, хотя условия произрастания и место отбора проб в стволе оказывают также заметное влияние на химический состав древесины. Неудобство работы с опилочной средой состоит в том, что культуры грибов разрастаются на ней значительно медленнее, чем на агаровых средах.

80. В отличие от земляной и опилочной сред нестандартного состава сусло-агаровую среду готовят из продукта, изготовленного в соответствии с ТУ 6—09—10—238—7.

Культуры, выращенные на сусло-агаровой среде в опытах продолжительностью 15 дней, оказались во много раз активнее, чем на других средах. Если бы в 45-дневных опытах наблюдалось то же самое, то эту среду следовало бы признать наиболее подходящей для определения биостойкости древесины и других строительных материалов, тем более что работать на ней значительно проще и удобней, чем на других средах, а культура гриба растет очень быстро. Но в продолжительных опытах сусло-агаровые культуры были лишь немного активнее опилочных и слабее культур, выращенных на садовой земле. Это указывает на недостаточность в них каких-то жизненно необходимых соединений или элементов, имеющихся в садовой земле.

Влияние витаминов

81. Витамины в ничтожных дозах способствуют росту микроорганизмов. Поступая с пищей, они служат звеньями построения биокатализаторов (коферментов), а не структурных элементов

клетки. Если организмы не могут синтезировать недостающие звенья, то в отсутствие витаминов выпадают соответствующие ферментативные реакции и возникает расстройство обмена веществ — авитаминоз. Пирофосфорный эфир тиамина (кокарбоксилаза) является коферментом регулятора углеводородного обмена — карбоксилазы. При недостатке тиамина пировиноградная кислота многих грибов не превращается в углекислоту и ацетальдегид, а накапливается в клетке и питательной среде, вызывая авитаминоз.

Мицелий Lenzites trabea на средах с витамином B_1 (тиамином) достигает максимума развития за 20 дней, без него — за 40. Многие грибы нуждаются одновременно в нескольких витаминах.

82. ЦНИИСК им. Кучеренко изучено значение витаминов для дереворазрушающей активности пленчатого домового гриба в 18 вариантах опытов, каждый в 8 повторностях при идентичных исходных материалах — сусла и агара, образцах древесины, а также температурно-влажностных условиях. Посевной материал одинакового возраста культивировали в одинаковых условиях. Заражение сред, укладку образцов и снятие их с культур гриба производили в один день для всех вариантов. Отличительные черты методики — отсутствие контакта между питательной средой и образцами материалов и не зависящая от состава питательной среды постоянная влажность воздуха — позволили выявить зависимость роста дереворазрушающей активности гриба от состава среды.

Влияние витаминов на культуры оценивали по потере массы; одновременно учитывали скорость обрастания образцов древесины мицелием гриба, выращенного на средах с витаминами и без них. Сусло-агаровую 3%-ную среду очищали от витаминов, а затем добавляли в нее навески тех или иных витаминов. Особое внимание обращали на чистоту препаратов посуды и ватных пробок; для экстрагирования витаминов их промывали дистиллированной водой, выдерживали в ней 20 ч, промывали 5%-ным пиридином, снова дистиллированной водой и выдерживали в ней еще 4 ч. Обезвитаминенное сусло получали добавкой к 1 л неохмеленного пивного рижского сусла 2 г активированного угля; смесь подогревали до 95°, встряхивали 1 ч и фильтровали через складчатый фильтр. После стерилизации и охлаждения сред их заражали выращенной на среде без витаминов культурой гриба*. Использовали кристаллические витамины ВНИИ витаминной промышленности и Института биохимии АН СССР: тиамин (B_1), биотин (H), инозит, пиридоксин, цианкобаламин (B_{12}), пантотеновую и никотиновую кислоты. Испытали также богатые витаминами естественные источники — сухие пивные дрожжи и дрожжевой автолизат.

Результаты испытаний представлены в табл. 36.

83. Из данных табл. 36 видно, что отсутствие витаминов тормозило активность культуры, особенно на первой стадии роста гриба и поражения древесины. Позже внешние различия интенсивности поражения почти исчезали. О влиянии витаминов на деятельность гриба стало возможным судить только по потере массы древесины.

---

* На сусло-агаровую среду без витаминов культуру пересевали 2 раза, опытные среды заражали второй популяцией.

Таблица 36

Влияние витаминов на дереворазрушающую способность C. cerebella (длительность опытов —15 дн.)

Количество витаминов в 1 л среды	№ опыта	Количество образцов	Потеря массы, %
Сусло-агаровая среда 2%-ная (контроль)	1	8	13,2±0,8
Сусло-агаровая среда 2%-ная, очищенная от витаминов	2	8	9,6±1,07
То же, с добавками:			
тиамина 100 мкг, биотина 5 мкг, инозита 5 мг	3	8	10,6±0,8
тиамина 20 мкг, биотина 20 мкг, инозита 20 мг	4	8	11,4±0,39
тиамина 20 мкг, биотина 20 мкг, инозита 100 мг	5	8	13,8±0,25
То же, с добавками:			
пиридоксина 10 мкг	6	8	13,5±1,11
пиридоксина 50 мкг	7	8	13,3±0,83
пиридоксина 100 мкг	8	8	13,2±0,78
пантотеновой кислоты 100 мг	9	8	15,3±1,76
пантотеновой кислоты 10 мг	10	8	13,8±0,31
никотиновой кислоты 10 мг	11	7	13,7±0,58
никотиновой кислоты 50 мг	12	8	15,6±0,31
никотиновой кислоты 100 мг	13	8	17,1±0,76
цианкобаламина 10 мкг	14	8	14,7±0,74
цианкобаламина 50 мкг	15	8	16,2±0,77
цианкобаламина 100 мкг	16	8	17,8±0,76
сухих дрожжей 2 г	17	8	19,2±1,08
дрожжевого автолизата 110 мл	18	8	20,99±0,49

Выявлено также благоприятное влияние некоторых витаминов на ферментативную деятельность гриба в начальной стадии его развития. Как видно из рис. 65, наиболее эффективными стимуляторами оказались цинкобаламин, дрожжевой автолизат, сухие пивные дрожжи. Последние испытаны в 2-месячном опыте (табл. 37).

Таблица 37

Влияние витаминных добавок к 2%-ной сусло-агаровой среде на дереворазрушающую активность Coniophora cerebella (длительность опыта — 60 дней)

Витаминные добавки	Средняя потеря массы древесины, %
Сухие пивные дрожжи и витамин B_{12}	59,6±1,31
Отсутствуют	46,3±0,97

84. Стойкость к антисептикам определяли сравнением действия сланцевого шпалопропиточного масла на культуры грибов Coniophora cerebella. Культуры выращивали на 2%-ной сусло-агаровой среде и такой же среде, но обогащенной витаминами путем введения перед стерилизацией 2 г/л сухих пивных дрожжей, 500 мкг/л витамина B_{12}.

Масло представляло собой смесь камерной, генераторной и тоннельных смол с удельной массой 1,03 при 20°С, температурой воспламенения в открытом тигле 135°С, содержанием не растворенных в бензоле веществ 1,1%. Из него изготовили в ацетоне марки ЧДА девять растворов возрастающей концентрации.

Растворами пропитывали воздушно-сухие образцы заболони сосны размером 30×30×40 мм, контрольные образцы — чистым ацетоном. Перед пропиткой определяли вес образцов в воздушно-сухом и абсолютно сухом состоянии. Пропитку вели при +20 ±2°С в закрытых эксикаторах методом горяче-холодных ванн.

Определения токсичности антисептика с помощью культур пленчатого домового гриба, выращенных на обычной 2%-ной сусло-агаровой среде, свидетельствуют об удовлетворительной дереворазрушающей активности гриба; контрольные (без антисептика) образцы потеряли в среднем за месяц испытаний 47,2% массы; так как заболонь сосны содержит 63—64% целлюлозы, гриб усвоил 74% целлюлозы.

На пропитанных 10%-ным раствором масла в ацетоне (поглощение 16,1 кг/м³) образцах дереворазрушающая активность

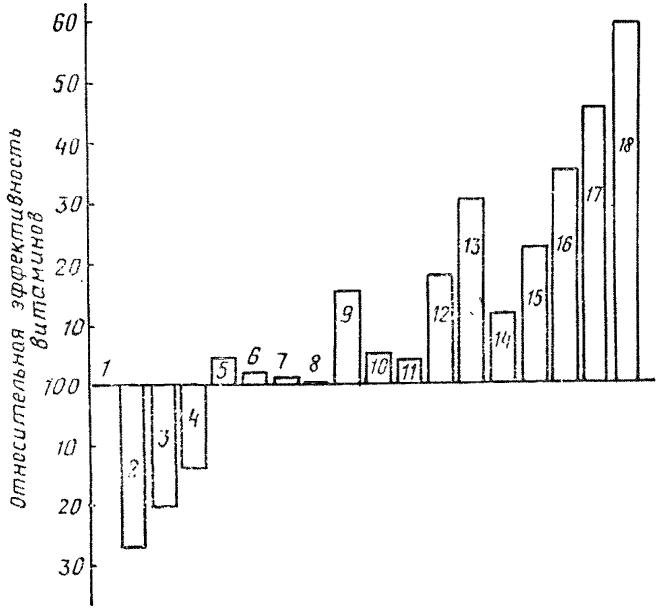


Рис. 65. Дереворазрушающая активность пленчатого домового гриба в зависимости от витаминов; активность культур, выращенных на 2%-ной сусло-агаровой среде, принята за 100% (длительность испытаний 15 дней) значения 1—18 см. в табл. 37 (Ф. Ф. Мазур)

гриба снизилась: образцы потеряли массу в среднем на 7% меньше. Для образцов, пропитанных 3%-ным раствором масла (поглощение 28 кг/м³), потеря массы составляла 16,4%, 5%-ный раствор масла (поглощение 45 кг/м³) остановил дереворазрушающую деятельность гриба. Потеря массы, равная 0,9%, не превышала операционных потерь, составляющих для весового метода 5%.

Выращенные на витаминизированной питательной среде культуры обладали более высокой дереворазрушающей активностью в случае неантисептированной древесины и более высокой устойчивостью к действию яда. Пропитанные чистым ацетоном контрольные образцы потеряли 59,4% массы, т. е. на 12% больше потери массы образцами без витаминов. В пересчете на целлюлозу это составляет 92%.

Образцы, пропитанные 1%-ным раствором, содержали 16,1 кг/м³ масла; они потеряли на 18% больше массы, чем в таких же опытах со средами без витаминных добавок. По мере увеличения концентрации масла в древесине интенсивность разрушения ее грибами в опытах с витаминами падает медленнее, и кривая падения более пологая (рис. 66). Аналогичные данные были получены и в опытах с белым домовым грибом Coriolus vaporarius Bond.

Таким образом, результаты биологических испытаний по определению токсичности антисептиков зависят от агрессивности (активности) тест-организмов; последняя тесно связана с наличием

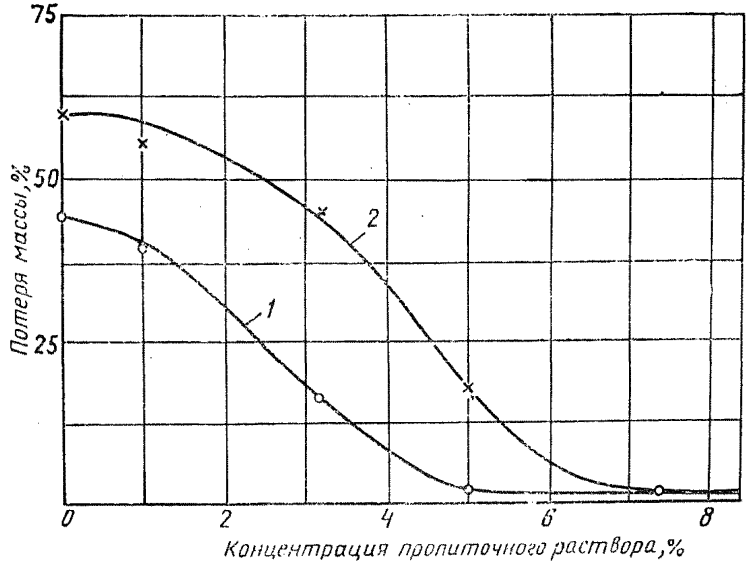


Рис. 66. Влияние витаминов на интенсивность разрушения пленчатым домовым грибом пропитанных сланцевым шпалопропиточным маслом образцов древесины (Ф. Ф. Мазур)

1 — гриб, культивированный на обычной сусло-агаровой среде; *2* — то же, на витаминизированной среде

или отсутствием в питательной среде витаминов. Выращенные на обогащенной витаминами сусло-агаровой среде культуры пленчатого и белого домовых грибов являются более агрессивными, чем культуры тех же грибов, выращенные на обычной сусло-агаровой среде.

Влияние размера и формы образцов

85. При разработке и усовершенствовании методов биологических испытаний строительных деталей из древесных материалов вопрос о форме и размерах образцов длительное время являлся второстепенным и влияние этого фактора на интенсивность разрушения древесины грибами не учитывалось.

В связи с этим размеры и форма образцов древесины менялись в зависимости от условий опыта, способов оценки результатов испытаний, формы и размеров опытных сосудов и других факторов, ни в коей мере не связанных с оптимальными условиями роста грибов.

Таблица 38

Зависимость потери массы древесины от расположения волокон в образце (Ф. Ф. Мазур)

Длительность опыта, дни	Размеры образцов, мм: вдоль волокон	радиальные	тангенциальные	Средняя влажность в конце опыта, %	Потеря массы M, %	Количество образцов n	δ	v, %	m	p, %
Торцовые образцы										
3	3	35	40	39,8	—	8	—	—	—	—
6	3	35	40	42,1	4,1	8	0,693	16,9	0,24	5,85
9	3	35	40	40	8,1	8	0,989	12,2	0,34	4,19
15	3	35	40	41,8	12,7	8	1,608	12,66	0,56	4,4
45	3	35	40	57	33,2	8	1,591	4,76	0,56	1,68
Тангенциальные образцы										
3	40	3	35	30,3	—	8	—	—	—	—
6	40	3	35	38,1	—	8	—	—	—	—
9	40	3	35	45,5	1,8	8	—	—	—	—
15	40	3	35	39,2	63	8	1,189	19,8	0,44	7,33
45	40	3	35	56	18,4	8	2,977	16,12	1,05	5,7
Радиальные образцы										
3	40	35	3	29,59	—	8	—	—	—	—
6	40	35	3	33,38	—	8	—	—	—	—
9	40	35	3	41,5	—	8	—	—	—	—
15	40	35	3	40	5,7	8	0,6	10,52	0,21	3,63
45	40	35	3	48,7	15,3	8	6,652	42,82	2,35	15,35

Интенсивность гниения тесно связана с объемом образцов. Например, в опыте длительностью 45 дней на образцах объемом 0,6 см³ она составляла 47,1%, а объемом 6 см³ — вдвое меньше. Близкое соотношение наблюдалось и в опытах длительностью 20 дней, где в первом случае потеря массы достигла 26,3%, а во втором — 11,8%.

Таблица 39

Зависимость ассимиляции грибом Coniophora cerebella древесноволокнистой плиты от размера образцов и продолжительности опытов (Ф. Ф. Мазур)*

Объем образца, см³	Размер образца, мм	Средняя потеря массы, %			
		Продолжительность опыта, дни			
		15	30	60	90
1,8	15×30×4	6	12	22,1	41,6
3,5	30×30×4	4,3	7,8	15,6	35,1
7,8	60×30×4	2,9	5,1	13,6	30,5
10,8	90×30×4	1,2	4,5	10,3	26,9

* Испытание проводилось на образцах древесноволокнистой плиты Московского завода.

Таблица 40

Зависимость ассимиляции грибом Coniophora cerebella древесных плит от размеров образца (Ф. Ф. Мазур)

Длительность опыта, дни	Плита древесностружечная			Плита древесноволокнистая			
	объем образца, см³	размер образца, мм	средняя потеря массы, %	объем образца, см³	размер образца, мм	средняя потеря массы, %: плита Архангельского завода древесноволокнистых плит	средняя потеря массы, %: плита Московского завода древесноволокнистых плит
90	1,62	3,2×30,4×16,7	41,5	1,8	15×30×4	46,4	41,6
90	4,15	8,2×30,4×16,7	36,2	3,6	30×30×4	36.6	35,1
90	6,7	13,2×30,4×16,7	30	7,8	60×30×4	31,2	30,5
90	10,75	21,×30,4×16,7	24,6	10,8	90×30×4	27,7	26,9
90	20,3	40×30,4×16,7	14,4	—	—	—	—

Объем и форма образцов существенно влияют на интенсивность разрушения древесины грибами, причем малые образцы разрушаются грибом значительно быстрее, чем большие. Поэтому определение токсичности антисептика и контроль биостойкости древесных плит следует производить на небольших образцах с одинаковым расположением волокон, строго определенного размера; длительность испытаний должна быть всегда одна и та же (табл. 38—40).

Влияние влажности древесины

86. Влажность оказывает большое влияние на процесс разрушения древесины домовыми грибами. Воздушно-сухая древесина и древесина, достигшая полного водопоглощения, грибами фактически не разрушается. Вода в древесине может находиться в виде свободной или капиллярной влаги, заполняющей полости клеток, крупных и мелких сосудов, межклетников, сердцевидных лучей, даже клеточных стенок, а также в виде гигроскопической влаги, поглощаемой стенками клеток. Для древесины, употребляемой в строительстве, существенно ее взаимодействие с влагой, близкой к гигроскопической точке, так как она находится в определенной зависимости от относительной влажности и температуры окружающего воздуха.

Кроме свободной капиллярной влаги в полостях древесины и адсорбированной оболочками клеток источником влаги для дереворазрушающих грибов является и сама древесина (целлюлоза, лигнин, гемицеллюлоза), которая под действием ферментов и кислот, выделяемых микроорганизмами, разрушается до углекислоты и воды.

Влияние начальной влажности древесины на жизнедеятельность гриба Coniophora cerebella и интенсивность разрушения древесины под его воздействием исследовались на образцах древесины, высушенных до абсолютно сухого состояния или увлажненных до 25, 35 и 55% (с последующим выдерживанием в течение нескольких суток в бюксах для равномерного распределения влаги в объеме образца). Образцы были изготовлены из одного бруска древесины, подобраны по текстуре, равномерно распреде-

Таблица 41

Влияние начальной влажности древесины на дереворазрушающую активность Coniophora cerebella (Ф. Ф. Мазур)

Влажность древесины перед помещением на культуру гриба, %	Абсолютно сухая масса образца, г		Влажность образца после опыта, %	Потеря массы древесины M под действием гриба		Количество исследуемых образцов N	σ	m	v, %	p, %
	до опыта	после опыта		г	%					
Абсолютно сухая	1,5716	1,3234	44,9	0,2481	15,8	8	2,78	0,98	17,63	6,2
25	1,4894	1,1112	52,9	0,366	24,7	8	3,31	1,13	13,4	7,15
35	1,4391	1,1069	57,6	0,3328	23	8	2,76	0,97	11,99	4,21
55	1,5523	1,3463	48,4	0,406	13,4	8	3,79	1,34	28,31	10

лены по указанным вариантам и уложены на хорошо разросшиеся культуры гриба.

Начальная влажность древесины оказала значительное влияние на дереворазрушающую активность гриба. Как видно из табл. 41, потеря массы древесины в образцах, высушенных перед началом опыта до абсолютно сухого состояния, а также увлажненных до 55—60%, была значительно меньше, чем в образцах древесины, увлажненных до 25—35%.

В первом случае потеря массы составляла от 13 до 15%, а во втором — от 23 до 24,7%. Была сделана проверка достоверности разницы между опытами. Взяты образцы попарно: абсолютно сухие и с начальной влажностью 25%, а затем с начальной влажностью 35 и 55%. Получены соответственно цифры 5,9; 5,8, превышающие 3 и, таким образом, показывающие достоверность разницы.

Таким образом, наибольшее разрушение древесины грибом подучено при начальной влажности ее около 25—35%, т. е. вблизи точки насыщения волокна, составляющей для древесины сосны около 30%. Сушка древесины перед началом опыта до абсолютно сухого состояния, так же как и увлажнения до 55%, т. е. выше точки насыщения волокна, тормозит жизнедеятельность гриба и интенсивность разрушения древесины.

На основании проведенного исследования установлено, что начальная влажность древесины оказывает существенное влияние на дереворазрушающую активность гриба. Поэтому биологические испытания образцов древесины и древесных плит рекомендуется проводить на образцах, содержащих одинаковое количество влаги.

Влияние температуры и влажности воздуха

87. Температура является одним из факторов внешней среды, непосредственно влияющих на микроорганизмы. Роль тепловой энергии в жизнедеятельности дереворазрушающих грибов очень велика. Содержание влаги в воздухе и субстрате, за счет которого они питаются, так же как и интенсивность испарения ее, за-

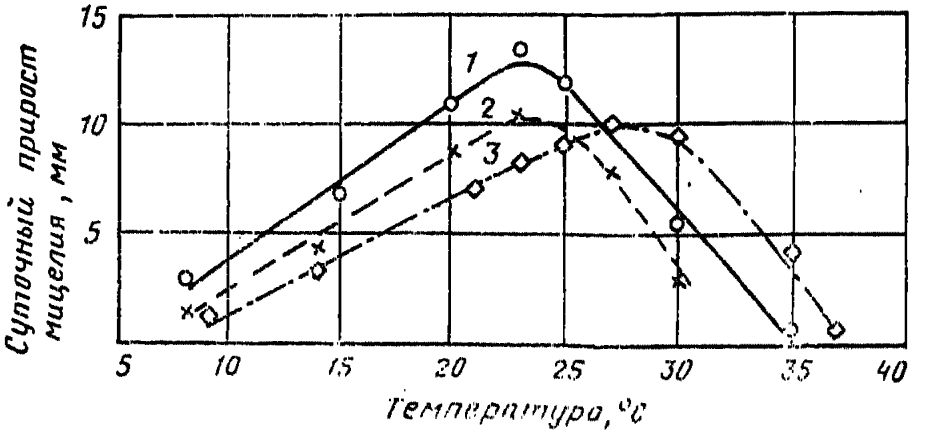


Рис. 67. Зависимость суточного прироста от температуры воздуха (Снелл)

1 — гриб Coniophora cerebella штампа Ideweiche; *2* —гриб C. cerebella; *3* —гриб Lentinus lepideus

висит от температуры, поэтому помимо непосредственного действия она оказывает на них еще и косвенное влияние. Скорость роста мицелия, как видно из рис. 67, а также образование ферментов, дыхание, все процессы обмена веществ и другие жизненные отправления тесно связаны с температурой. Каждый вид гриба способен развиваться лишь в определенных температурных пределах, причем оптимальная температура часто не всегда одинакова даже для различных моментов развития одного и того же вида гриба, т. е. для роста грибницы и интенсивности разрушения древесины (табл. 42).

Таблица 42

Влияние температуры на скорость роста гриба Coriollus vaporarius (Fr.) Bond, syn. Polyporus vaporarius Fr., syn. Poria vaporaria Bres. Hym. и интенсивность разрушения древесины

Температура, °С	Скорость роста гриба, мм	Потеря массы древесины, %	Температура, °С	Скорость роста гриба, мм	Потеря массы древесины, %
0,2	0	0	20,8	139±1,4	18,6
3,1	11±0,7	0,4	24	165∓1,4	21,7
5,8	17±0,4	1,6	26,7	177±0,5	20,6
9	31±0,5	7	30,1	148±2,2	13,9
12,3	73±1,9	15,8	33,1	42∓5,6	0,8
15	94±1,2	15,8	35,8	0	0,6
18,1	121±1,4	17,2			

Установлена тесная зависимость между температурой и влажностью воздуха. Максимальное разрушение древесины грибом Coniophora cerebella происходит при температуре +22±2°С, если влажность воздуха близка к 93±2%. Именно при этой оптимальной для гриба температуре и влажности воздуха рекомендуется выращивать опытные культуры и посевной материал, а также проводить биологические испытания антисептиков и обработанных ими строительных деталей органического происхождения.

В соответствии с ГОСТ 9048—75 плесневые грибы рекомендуется выращивать при более высокой температуре (29—30°) и влажности (93%).

Влияние аэрации

88. Для жизни грибов необходимы не только источники питания, но и кислород. Клеточное тело грибов в отличие от древесины содержит сравнительно мало балластных веществ оболочки и мертвых клеток, которые повышают массу организма, не принимая непосредственного участия в его метаболизме. Поэтому энергия дыхания грибов, которую измеряют по количеству поглощенного кислорода и выделенной углекислоты, является весьма значительной, хотя, конечно, она меняется в зависимости от возраста гриба и условий внешней среды: температуры, источников питания и т. д. Высокая энергия дыхания у грибов объясняется еще и тем, что подготовительная стадия диссимиляции целлюло-

зы, лигнина, сахаров и др. происходит не только в клетках гриба, а и в окружающей гриб среде.

Как известно, воздух содержит приблизительно 21% кислорода и 0,3% углекислоты. Непосредственное определение показало,

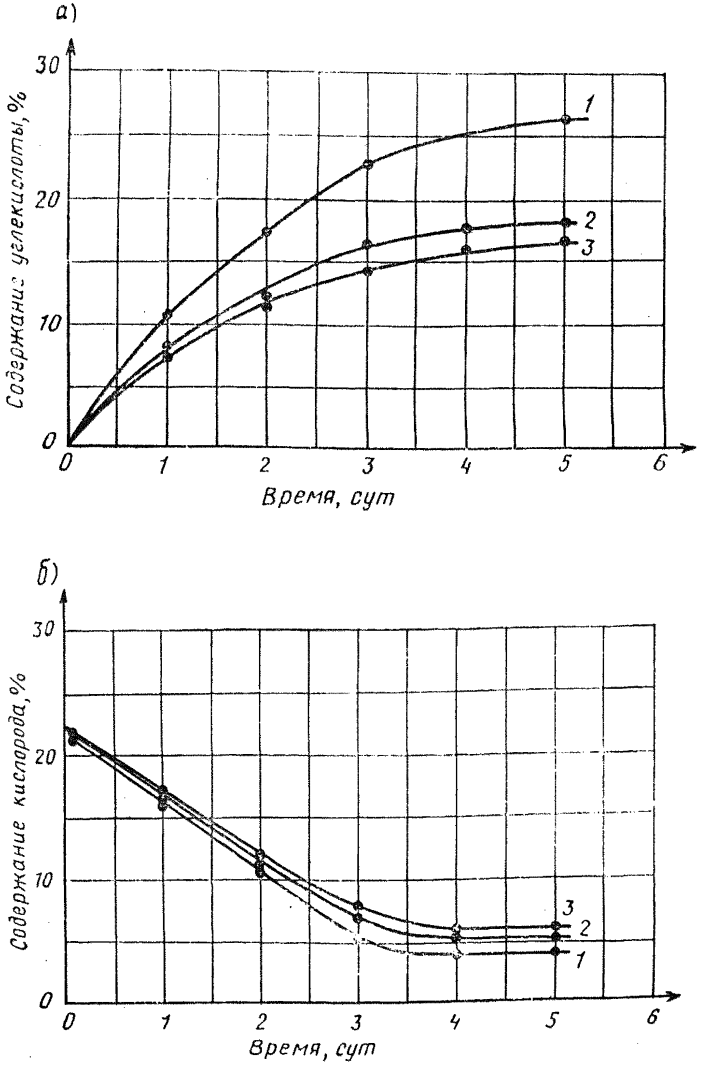


Рис. 68. Изменение концентрации углекислоты (*а*) и кислорода (*б*) в культуральном сосуде в зависимости от длительности испытаний и возраста культуры Coniophora cerebella (Ф. Ф. Мазур)

Возраст культуры: *1* — 10 дней; *2* — 20 дней; *3* — 30 дней

что при культивировании в конической плоскодонной колбе емкостью 750 мл, закрытой ватной пробкой, 10-дневная культура Coniophora cerebella за 24 ч снизила содержание кислорода в воздухе колбы до 16%, а за 5 сут — до 4% и повысила содержание углекислоты до 11 и 26% соответственно (рис. 68).

И все же, несмотря на сравнительно малое количество кислорода в культуральном сосуде, рост гриба и его функциональные отправления (поглощение кислорода и выделение углекислоты), а следовательно, ассимиляция источников питания, хотя и в замедленном темпе, продолжались еще в течение некоторого времени (табл. 43).

Таблица 43

Количество кислорода и углекислоты в воздухе колб с чистой культурой гриба C. cerebella, % (Ф. Ф. Мазур)

Возраст культуры, дни	Вид газа	Пробы воздуха через					
		10 мин	24 ч	2 сут	3 сут	4 сут	5 сут
10	Углекислота	0,2	10,6	17,4	22,6	—	26,2
10	Кислород	20,8	16,2	11	5	—	4
20	Углекислота	0,2	8,5	12	14,2	18	18
20	Кислород	21	17,5	10,6	7,8	5,2	5
45	Углекислота	0,2	—	10,4	16,8	17	17,6
45	Кислород	21	—	10	6,6	6	6

Указанная способность жить и развиваться при пониженном содержании кислорода в окружающей атмосфере имеет для дереворазрушающих грибов немаловажное биологическое значение как средство борьбы с инородной микрофлорой. Если учесть, что по сравнению с исходным образуется колоссальное количество углекислоты, которая на многие бактерии и плесневые грибы оказывает консервирующее действие, станет очевидным, что приспособление к малокислородным условиям имеет немаловажное значение в природных условиях существования дереворазрушающих грибов. В то же время хорошо известно, что домовые грибы не развиваются в древесине, насыщенной водой, и поэтому бедной кислородом.

Это говорит о том, что при проведении биологических испытаний, хотя и можно допустить некоторую недостаточность кислорода и избыток углекислоты, эта недостаточность не должна превышать указанной выше нормы.

Практический вывод из изложенного должен заключаться в создании таких условий выращивания опытных культур гриба, при которых был бы возможен газообмен воздуха, а в культуральном сосуде имелось бы достаточное количество кислорода. Поэтому выращивание посевного материала и особенно опытных культур надо производить в сравнительно больших культуральных сосудах, закрытых рыхлыми ватными пробками, препятствующими проникновению в культуральный сосуд инородных микроорганизмов, но не мешающих газообмену внутреннего воздуха с наружным.

Таблица 44

Повидовая устойчивость чистых культур грибов к действию ионизирующей радиации кобальта (Co^{60}) (А. С. Фрейдин, С. М. Горшин, И. Г. Крапивина)

Экологические группы	Название грибов	Интегральная доза, мфэр*					
		0	0,21	0,32	0,425	0,53	0,64
Складские грибы	Penicillium meleagrinum	+	+	+	+	Не испытывались	—
	P. divergens	+	+	—	—		—
	Aspergillus candidus	+	—	—	—		—
	Verticillum glaucum	+	+	+	+		—
	Byssochlamys fulva	+	+	—	—		—
	Trichoderma lignorum	+	+	+	+		—
	Ophiostoma acoma	+	+	—	—		—
	O. comatun	+	+	+	+		—
	O. coeruleum	+	+	—	—		—
	O. pini	+	+	—	—		—
	O. piceae	+	+	—	—		—
	Alternaria humicola	+	+	+	+		+
	Discula brunneo — tingens	+	+	+	+		—
	Phialophora fastigiata	+	—	Не испытывались	—		—
	Corticium laeve	+	+		+		Не испытывались
	Stereum hirsutum	+	+		+		
	S. sanguinolentum	+	+		+		
	Polystictus abietinus	+	+		+		
	P. zonatus	+	+		+		
	Schizophyllum commune	+	+		+		
	Lenzites sepiaria	+	—		—		
	L. betulina	+	+		+		
	Daedalea quercina	+	+		—		
Домовые грибы	Fomes roseus	+	+	Не испытывались	—	—	Не испытывались
	Coniophora cerebella штамм 1	+	—		—	—	
	C. cerebella (штамм 2)	+	+		—	—	
	Poria vaporaria	+	—		—	—	
	P. vailantii	+	—		—	—	
	P. obliqua	+	+		+	—	
	Peniophora gigantea	+	+		—	—	
	Merulius pinastri (штамм 1)	+	—		—	—	
	Merulius pinastri (штамм 2)	+	—		—	—	

* (+) — рост; (—) — отсутствие роста.

Влияние ионизирующей радиации

89. Микроорганизмы весьма устойчивы к действию ионизирующего излучения. Для инактивации 50% клеток Saccharomyces cerevisia Sacch. ludwigli, Endomyces magnesii нужны дозы порядка нескольких десятков тысяч рентген. Изучение морфологии лучевой болезни этих грибов показало, что при дозах в несколько десятков тысяч рентген значительных структурных изменений современными микроскопическими методами обнаружить не удается, только дозы в несколько сот тысяч рентген дают изменение в структурной организации клеток, но при этих дозах облучения выживают доли процента. Клетки, получившие смертельную дозу, все же могут в течение нескольких дней довольно энергично дышать и проявлять попытки к росту. Доза в несколько сот тысяч рентген вызывает резкое движение протоплазмы и массовое разбухание клеток. Некоторые из них лопаются, наблюдается уплотнение ядра. Тормозится способность микробов к размножению, делению и почкованию при продолжающемся росте микроорганизмов. Возникают клетки гигантских размеров. Наступает ожирение клеток, свидетельствующее об изменениях ферментной системы.

Такими же высокими явились дозы, стерилизующие древесину, пораженную Coniophora cerebella и другими дереворазрушающими грибами. Для стерилизации образцов древесины размером 20×20×25 мм доза излучения от Co^{60} составляет от 500 до 1500 тыс. рентген. Стерилизация древесины гамма-лучами убивает возбудителя гниения, но не предохраняет древесину от последующего заражения грибом. Изучение повидовой устойчивости лесных, складских и домовых грибов (табл. 44) показало наличие избирательной способности. Разные виды грибов различно реагируют на одинаковые дозы даже одного и того же вещества, не говоря уже о реакции на различные радиоактивные вещества.

Поглощение радиоактивных излучений в образцах древесины и других исследуемых материалов

90. В образцах древесины заболони сосны толщиной 3 мм при использовании источника излучения P^{32} активностью 3100 имп/мин поглощается 64% бета-частиц, а в образцах из ядровой древесины той же породы — на 10% больше. При тех же условиях измерений и толщине образцы из ядровой древесины вьетнамской породы лат (рис. 69) поглотили уже 90% излучений. Довольно высокая величина поглощения бета-лучей в древесине требует определенной тщательности и внимания при изготовлении образцов, а также введения соответствующих пересчетов (в случае невозможности избежать существенных отклонений от толщины образца, принятой за стандарт). Например, при определении токсичности антисептиков методом меченых культур таким стандартом являются образцы из заболони сосны толщиной 3±0,1 мм; для испытания степени биостойкости лакокрасочных покрытий стандартными являются образцы древесины толщиной 5±0,2 мм и т. п. При отклонении толщины образца от указанного размера или использовании и сравнении образцов из разных пород или частей древесины в результате измерений интенсивности пораже-

ния образцов меченой культуры гриба должны быть введены соответствующие поправки.

Для уменьшения величины поглощения радиоактивного излучения в толще образцов измерение интенсивности поражения последних меченой культурой гриба следует производить после их высушивания до воздушно-сухого состояния. Сравнивать результаты испытаний между собой можно на основании данных, полученных от образцов одинаковой формы и толщины, массы и влажности.

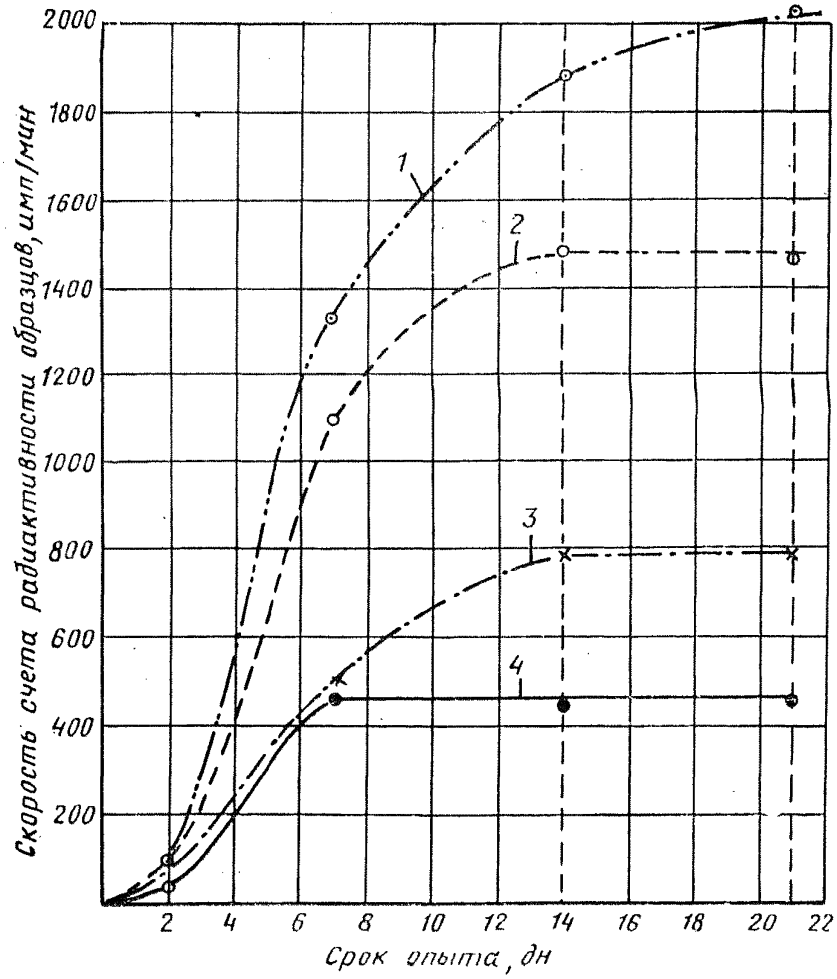


Рис. 69. Зависимость пропускания P^{32} от породы древесины и длительности биологических испытаний (Ф. Ф. Мазур, Мгуен Куанг)

1 — древесина породы ре (ядро); *2* — сосна (заболонь); *3* — лат (ядро); *4* — сосна — (ядро)

Случайные и систематические ошибки

91. Степень тождественности и воспроизводимости биологических испытаний при исследовании токсичности антисептиков и оп-

ределении биостойкости древесины, древесных плит и других строительных материалов органического происхождения помимо описанных определяется еще рядом факторов, основными из которых являются:

использование для опытов свободной от посторонней инфекции сильной жизнедеятельной культуры гриба;

одинаковый возраст посевного материала и культур, используемых для опыта, и одинаковая длительность испытаний:

использование чувствительных и стабильных методов оценки результатов испытаний, т. е. реакции гриба на действие яда;

одновременное проведение нескольких параллельных опытов;

одинаковая математическая и графическая обработка полученного в эксперименте цифрового материала и др.

Следует иметь в виду, что даже при весьма тщательной работе и выполнении перечисленных условий опыты сопровождаются некоторыми погрешностями или ошибками, которые сказываются на результатах.

Ошибки бывают случайные и систематические. Случайные ошибки — это погрешности, которые неизбежны при наблюдении показаний измерительных приборов (весов, радиометров и т. д.). Эти ошибки называются случайными, так как не имеют какой-либо закономерности и при каждом измерении одинаково возможны как в сторону увеличения измеряемой величины, так и в сторону ее уменьшения.

Полностью исключить случайные ошибки при опытах невозможно, но на основе теории вероятности разработаны приемы математической (статистической) обработки цифровых данных, полученных в эксперименте, которые позволяют произвести оценку пределов влияния этих ошибок.

В отличие от случайных систематические ошибки подчинены определенным закономерностям, которые позволяют обнаруживать и иногда исключать такие погрешности.

92. Систематические ошибки могут возникать при использовании ослабленных и загрязненных культур и посевного материала или культур разного возраста, а также при выращивании культур на неоднородных питательных средах. Неоднородные условия факторов внешней среды, таких, как начальная влажность исследуемых образцов, аэрация, температура и влажность воздуха, также способствуют возникновению систематических ошибок. Изменение увлажнения исследуемых образцов за счет конденсационной влаги или влажности питательной среды мешает получению достоверных воспроизводимых данных. Например, сильное влияние на гриб Polyporus vaporarius оказывает температура окружающего воздуха. Лучше всего этот гриб растет при температуре 22—24°С. Поэтому культуры гриба при определении токсичности антисептиков выдерживают в указанном интервале температур. Если по какой-либо причине для определения токсичности какого-либо антисептика приходится использовать опыты, проведенные при разной температуре, например при +12 и +24°С, при этом возникает систематическая ошибка, подчиненная определенной закономерности, заключающейся в увеличении дереворазрушающей активности гриба при повышении температуры с +12 до +24°С (см. табл. 42). Зная эту закономерность, можно ввести поправку на указанную систематическую ошибку и таким образом исключить ее влияние. Для этого в результаты опыта, выполненного при

+12°С, необходимо внести поправку, вычисленную на основании данных табл. 42.

Использование образцов из древесины разных пород или одной породы, но из разных частей ствола (ядра и заболони), а также из плит, приготовленных из разных компонентов, имеющих соответственно неоднородный состав, объемную массу и другие химико-физические и технологические показатели, при проведении серийных испытаний является также нежелательным, так как не только затрудняет анализ полученных в эксперименте данных, но и может явиться источником систематических ошибок, расшифровку которых сделать почти невозможно. Это приведет к тому, что по большой и трудоемкой работе будут сделаны неверные выводы, которые рано или поздно будут опровергнуты другими исследователями.

При разработке схемы испытаний и техники работ, связанных с определением токсичности антисептиков и контролем биостойкости антисептированной древесины и древесных плит, полимерных и комбинированных материалов, основное внимание было обращено на создание таких условий экспериментирования, при которых было бы исключено появление систематических ошибок, вызываемых факторами внутренней и внешней среды, а также на меры, обеспечивающие выращивание и сохранение в лабораторных условиях активной жизнедеятельной культуры гриба и изыскание чувствительных и стабильных методов оценки реакции гриба на действие яда.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ С МЕЧЕНЫМИ КУЛЬТУРАМИ ГРИБОВ

Безопасные правила работы с радиоактивными изотопами и мечеными культурами грибов

1. Работа с радиоактивными веществами в открытом виде, при несоблюдении изложенных требований техники безопасности, может сопровождаться воздействием радиоактивных аэрозолей, газов, внешнего облучения, радиоактивным загрязнением рук одежды, поверхностей помещения и оборудования, а также попаданием радиоактивных веществ внутрь организма.

Степень возможной опасности при работе с радиоактивными веществами определяется рядом факторов, основными из которых являются следующие: физическое состояние радиоактивного вещества, вид и энергия излучения, активность, период полураспада, относительная радиотоксичность вещества; количество радиоактивного вещества и его среднегодовая потребность, характер технологического процесса использования радиоактивного вещества.

2. Радиоактивные вещества по степени радиотоксичности делятся на четыре группы: А, Б, В, Г (табл. 45). Принадлежность

Таблица 45

Группы радиотоксичных веществ

Группа радиотоксичности	Степень радиотоксичности	Примеры изотопов, принадлежащих к данной группе	Диапазон ПДК в воздухе рабочих помещений, кюри/л
А	Особо высокая	Sr^{90}, Po^{210}, Pb^{210}, Ra^{226}	$1 \cdot 10^{-13}$ и менее
Б	Высокая	Na^{22}, Ca^{45}, Co^{60}, Sr^{83}, Ru^{105}, Ag^{110}, I^{131}, Cs^{134}, Ce^{144}	$1 \cdot 10^{-12}$—$1 \cdot 10^{-11}$
В	Средняя	Na^{24}, Be^{7}, Si^{31}, P^{32}, S^{35}, Cl^{36}, K^{42}, Ca^{47}, Mn^{52}, Fe^{55}, Sc^{46}, Co^{57}, Ni^{59}, Ni^{63}, Cu^{64}, Zn^{65}, Ac^{73}, Ac^{75}	$1 \cdot 10^{-11}$—$1 \cdot 10^{-9}$
Г	Наименьшая	H^{3}, C^{11}, C^{14}, N^{13}, N^{17}, F^{18}, Cl^{38}	Не ограничивается

к группе радиотоксичности определяется в зависимости от предельно допустимых концентраций (ПДК) радиоактивных веществ в воздухе рабочих помещений, приведенных в табл. 46. Радиоактивные изотопы, рекомендуемые для определения токсичности антисептиков, относятся к средней группе токсичности (группе В).

Таблица 46

Предельно допустимые концентрации радиоактивных веществ в воде и воздухе

Изотопы		ПДК, кюри/л			
		в воде открытых водоемов и источников водоснабжения	в воздухе		
символ	название		рабочих помещений	санитарно-защитных зон	населенных пунктов
C^{14}	Углерод-14	$2 \cdot 10^{-7}$	$4 \cdot 10^{-9}$	$4 \cdot 10^{-10}$	$4 \cdot 10^{-11}$
F^{18}	Фтор-18	$П \cdot 10^{-7}$	$3 \cdot 10^{-9}$	$3 \cdot 10^{-10}$	$3 \cdot 10^{-11}$
Na^{22}	Натрий-22	$9 \cdot 10^{-9}$	$9 \cdot 10^{-12}$	$9 \cdot 10^{-13}$	$9 \cdot 10^{-14}$
Na^{24}	Натрий-24	$8 \cdot 10^{-9}$	$1 \cdot 10^{-10}$	$1 \cdot 10^{-11}$	$1 \cdot 10^{-12}$
Si^{31}	Кремний-31	$6 \cdot 10^{-8}$	$1 \cdot 10^{-9}$	$1 \cdot 10^{-10}$	$1 \cdot 10^{-11}$
P^{32}	Фосфор-32	$5 \cdot 10^{-9}$	$7 \cdot 10^{-11}$	$7 \cdot 10^{-12}$	$7 \cdot 10^{-13}$
S^{35}	Сера-35	$7 \cdot 10^{-9}$	$3 \cdot 10^{-10}$	$3 \cdot 10^{-11}$	$1 \cdot 10^{-12}$
Cl^{36}	Хлор-36	$7 \cdot 10^{-9}$	$2 \cdot 10^{-11}$	$2 \cdot 10^{-12}$	$2 \cdot 10^{-13}$
Cl^{38}	Хлор-38	$1 \cdot 10^{-7}$	$2 \cdot 10^{-9}$	$2 \cdot 10^{-10}$	$2 \cdot 10^{-11}$
Ca^{45}	Кальций-45	$3 \cdot 10^{-11}$	$3 \cdot 10^{-11}$	$3 \cdot 10^{-12}$	$3 \cdot 10^{-13}$
Ca^{47}	Кальций-47	$1 \cdot 10^{-8}$	$2 \cdot 10^{-10}$	$2 \cdot 10^{-11}$	$2 \cdot 10^{-12}$
Cr^{51}	Хром-51	$5 \cdot 10^{-7}$	$2 \cdot 10^{-9}$	$2 \cdot 10^{-10}$	$2 \cdot 10^{-11}$
Fe^{55}	Железо-55	$3 \cdot 10^{-8}$	$3 \cdot 10^{-10}$	$3 \cdot 10^{-11}$	$1 \cdot 10^{-12}$
Fe^{59}	Железо-59	$1 \cdot 10^{-8}$	$3 \cdot 10^{-11}$	$3 \cdot 10^{-12}$	$3 \cdot 10^{-13}$
Co^{60}	Кобальт-60	$1 \cdot 10^{-8}$	$9 \cdot 10^{-12}$	$9 \cdot 10^{-13}$	$9 \cdot 10^{-14}$
Cu^{64}	Медь-64	$6 \cdot 10^{-8}$	$1 \cdot 10^{-9}$	$1 \cdot 10^{-10}$	$1 \cdot 10^{-11}$
As^{74}	Мышьяк-74	$2 \cdot 10^{-8}$	$1 \cdot 10^{-10}$	$1 \cdot 10^{-11}$	$1 \cdot 10^{-12}$

Примечания: 1. Приведенные в таблице ЦДК радиоактивных веществ в воздухе для санитарно-защитных зон относятся также ко всем зданиям, находящимся в их пределах.

2. Для перевода концентраций, выраженных в кюри/л, в распады за 1 мин в 1 л необходимо приведенные в этой таблице значения умножить на $2{,}2 \cdot 10^{-12}$.

3. По степени возможной радиоактивной опасности работы с радиоактивными веществами в зависимости от их активности на рабочем месте и относительной радиотоксичности делятся на три класса (табл. 47).

Таблица 47

Активность на рабочем месте, мккюри

Группа радиотоксичности	Класс работы с радиоактивными веществами		
	I	II	III
А	Свыше 10	0,01—10	0,0001—0,01
Б	» 100	0,1—100	0,001—0,1
В	» 1000	1—1000	0,01—1
Г	» 10000	10—10000	0,1—10

Примечание. Настоящая классификация установлена исходя из опасности для работающих, связанной с возможностью радиоактивного загрязнения воздуха помещений, без учета характеристики вещества как источника внешнего облучения.

4. Ранее указывалось, что удельная активность питательной среды с фосфором P^{32} не должна превышать 0,2 мккюри/мл, а с серией S^{35} 0,6 мккюри, так как такая активность вполне достаточна для получения четких результатов в опытах с P^{32} длительностью 3—2 мес, а с S^{35} — 4—6 мес.

При работе одного сотрудника на рабочем месте рекомендуется иметь не более 350 опытов с радиофосфором или 100 опытов с радиосерой. При таком объеме работ активность на рабочем месте не превышает 1 мкюри, поэтому эти работы по степени возможной радиационной опасности относятся к III классу. Общая активность фосфора P^{32} к началу проведения такого опыта должна равняться 0,2 мккюри·13 мл·350 стаканчиков=840 мккюри=0,8 мкюри, а S^{35} — 0,6 мккюри·12 мл·100 стаканчиков= =720 мккюри=0,72 мкюри, что не выходит за пределы работ III класса. При испытании в процессе работы следует следить за тем, чтобы активность на рабочем месте не превышала 1 мкюри (1000 мккюри), т. е. на рабочем месте стояло не более 350 стаканчиков с питательной средой, содержащей 0,2 мккюри/мл P^{32}, и не более 100 стаканчиков со средой, содержащей 0,6 мккюри/мл S^{35} (табл. 48).

В том случае, если удельная активность питательной среды с P^{32} не превышает 0,1 мккюри/мл, общая активность опыта может остаться такой же (840 мккюри), но количество стаканчиков с питательной средой, а следовательно, и количество опытов увеличится вдвое. Такая удельная активность питательной среды с P^{32} может быть рекомендована для систематически повторяемых опытов при хорошо отработанной методике с образцами древесноволокнистых и древесностружечных плит, акмиграна, строительных тканей и т. п.

Таблица 48

Предельно допустимые количества питательной среды на рабочем месте при использовании разных радиоактивных изотопов

Радиоактивный изотоп		Активность 1 мл питательной среды, мккюри	Активность 1 стаканчика, мккюри	Допустимая суммарная активность питательной среды на рабочем месте, мккюри	Допустимое количество питательной среды на рабочем месте		Категория лаборатории	Класс работ
название	символ				мл	стаканчиков		
Фосфор	$_{15}P^{32}$	0,2	2,4	900	4500	350	3	III
Сера	$_{16}S^{35}$	6	7,2	900	1500	120	3	III

5. По степени вредности работы с мечеными культурами относятся к III классу. Согласно санитарным нормам, они могут проводиться в отдельных помещениях, оборудованных в соответствии с требованиями, предъявляемыми к химическим лабораториям.

Простые операции с растворами нелетучих и неэманирующих веществ могут выполняться на отдельных рабочих столах. Прочие работы следует выполнять в вытяжных шкафах. Столешницы вытяжных шкафов и рабочие столы следует покрывать гладким непористым материалом (стеклом, пластиком, глазурованной и полистирольной плитками). Металлические и деревянные конструкции вытяжных шкафов следует окрашивать кислотоупорными лаками.

Кроме правильного выбора расположения лаборатории, отделки и оборудования помещения и рабочих мест к числу основных мероприятий, снижающих облучение, относится также соблюдение образцовой чистоты в лаборатории и строгого порядка работы с радиоактивными материалами. Работающие сами обязаны поддерживать в лаборатории порядок и соблюдать такие меры предосторожности, которые исключают возможность загрязнения лаборатории радиоактивными веществами. Они обязаны работать в халатах и шапочках. Рекомендуемые комплекты спецодежды для рабочих и служащих, занятых на работах с радиоактивными веществами III класса, приведены в табл. 49. Аппаратура и посуда, в которой ведутся работы с радиоактивными веществами, не должны находиться вместе с той, которая применяется для обычной работы. Мытье такой посуды надо производить особо тщательно, лучше всего кислотами. Недопустима передача загрязненной посуды и аппаратуры из радиологической лаборатории в другие лаборатории.

Таблица 49

Предельно допустимые уровни загрязненности поверхностей бета-частицами

Объект загрязнения	Загрязненность со 150 см² поверхности в 1 мин	
	до очистки	после очистки
Руки	5000	Фон
Спецбелье и полотенца	5000	Фон
Спецодежда хлопчатобумажная	25000	5000
Пленочная одежда	25000	10000
Перчатки с наружной стороны	25000	5000
Спецобувь с наружной стороны	25000	5000
Рабочие поверхности и оборудование	25000	5000

Примечание. Загрязненность тела не допускается.

Используемые приборы и аппаратуру необходимо тщательно проверять как с точки зрения пригодности для работы, так и на отсутствие на них радиоактивных загрязнений, которые могут исказить результаты исследований.

При работе с концентрированными растворами, сухими препаратами, излучающими бета-частицы, рекомендуется применять переносные экраны (см. рис. 14) из оргстекла, плексигласа и других материалов с малым атомным весом, с толщиной стенок, ослабляющих излучение до величин, не превышающих предельно допустимые.

Все химические операции с радиоактивными веществами должны быть предварительно отработаны (обязательно проведение «холодного» опыта, т. е. опыта без радиоактивных веществ, воспроизводящего все детали «горячего» опыта с радиоактивными веществами).

6. В помещениях, где проводится работа с радиоактивными веществами, категорически запрещается набирать любые жидкости в пипетки ртом. Для набора жидкости следует пользоваться пипетками, снабженными резиновыми грушами, специальными поршневыми микронасосами, сифонами, шприцами и т. д. Все предметы (пинцеты, шприцы и пр.), которые постоянно подвергаются возможности заражения от соприкосновения с радиоактивными веществами, а также вся загрязненная ими посуда должны быть промаркированы и храниться отдельно от чистых предметов. С растворами радиоактивных веществ следует работать в посуде из жароупорного химически стойкого стекла типа «пирекс» и из йенского стекла. Кварцевая посуда легко разрушается при действии радиоактивных излучений, поэтому она не рекомендуется.

В целях максимального снижения радиоактивной загрязненности рабочих помещений при выполнении некоторых общих наиболее употребительных операций необходимо:

производить вскрытие запаянных ампул с радиоактивными веществами и отбор проб из контейнера следует в специальных за-

щитных камерах, а кипячение и выпаривание радиоактивных веществ — в вытяжных шкафах в охранных сосудах из некорродирующего материала;

покрывать гидрофобным лаком или вазелином края наружных поверхностей сосудов для устранения потерь при переливании растворов радиоактивных веществ;

вести прокаливание радиоактивных препаратов в охранном тигле с крышкой, в укрытиях, оборудованных вентиляцией, а высушивание радиоактивных препаратов и образцов производить в специально отведенных для этого сушильных шкафах;

производить фильтрование высокоактивных препаратов за соответствующей защитой; в тех случаях, когда это возможно, фильтрование рекомендуется заменять центрифугированием;

пользоваться для экстрагирования радиоактивных растворов, например, эфиром, спиртом, ацетоном и другими растворителями не делительными колонкамии, а специальными экстракторами;

при пользовании вакуумом во время измерения открытых препаратов, при возгонке их, при фильтровании активных растворов и других работах перед насосом должна быть поставлена ловушка с последующим выбросом загрязненного воздуха после фильтрации в вентиляционные устройства лаборатории;

при растирании сухого растительного материала необходимо ступку с растираемым материалом и пестиком помещать в прозрачный пластмассовый или целлофановый мешочек; отверстие мешочка следует закрепить вокруг пестика резиновым кольцом так, чтобы вся ступка оказалась заключенной в закрытом пространстве; органы дыхания работающих (нос и рот) необходимо защитить респиратором типа ШБ-1 «Лепесток»;

посуда из-под радиоактивных веществ малой активности не должна соприкасаться с посудой и аппаратурой из-под веществ больших активностей; мойка их во избежание перекрестного загрязнения должна проводиться в разных моечных бачках;

по окончании работы каждый работающий должен убрать свое рабочее место и дезактивировать рабочую посуду и инструмент до предельно допустимых величин.

Санитарно-технические требования к оборудованию лаборатории 3-й категории для работы с радиоактивными изотопами

7. Работы, относящиеся к III классу, могут производиться в общих помещениях, оборудованных в соответствии с требованиями, предъявляемыми к химическим лабораториям, однако их предпочтительно производить в отдельных помещениях.

К планировке этих помещений особых требований не предъявляется.

Оборудование и рабочая мебель в лабораториях, учреждениях, предприятиях, в которых применяют радиоактивные вещества, в открытом виде должны иметь гладкую поверхность и конструкцию, позволяющие их дезактивацию. Наружные поверхности необходимо окрашивать нитроэмалями или маслянистыми красками светлых тонов, рабочие поверхности покрывать пластиком или стеклом. Применение мягкой мебели запрещается. Мебель и оборудование должны быть закреплены за помещениями каждого класса работ и соответственно маркированы.

При работах III класса простые операции с растворами неле-

тучих и неэманирующих веществ могут выполняться на отдельных рабочих столах. Прочие работы выполняются в вытяжных шкафах. Столещницы вытяжных шкафов и рабочие стволы следует покрывать гладким непористым материалом (стеклом, пластикатом, глазурованной или полистирольной плиткой). Металлические и деревянные конструкции вытяжных шкафов следует окрашивать кислотоупорными лаками.

Требования к вентиляции и отоплению состоят в том, чтобы в помещениях для работ III класса была возможность в течение 1 ч осуществить трехкратный обмен воздуха.

В лабораториях 3-й категории должна быть хозяйственно-фекальная канализация.

Меры индивидуальной защиты и личной гигиены при работах методом меченых культур:

работающие должны быть обеспечены халатами, шапочками, резиновыми перчатками, тапочками и при необходимости — средствами защиты органов дыхания;

в помещениях должны быть вделаны шкафы для хранения спецодежды;

в лабораториях целесообразно предусмотреть душевую;

при выходе из помещений необходимо снять спецодежду, перчатки и другие средства индивидуальной защиты, тщательно вымыть руки и проверить чистоту их на радиометрическом приборе, например ТИСС (рис. 70).

Способы дезактивации лабораторного оборудования и рук

8. В помещениях, где производятся работы с радиоактивными веществами в открытом виде, следует производить ежедневную влажную уборку. В случае загрязнения радиоактивными веществами помещений или их отдельных участков (полов, стен, столов) необходимо немедленно приступить к дезактивации.

Если загрязняющим является сухое вещество, то его следует собрать слегка увлажненной тряпкой, не размазывая по чистым участкам. Если загрязняющим является раствор радиоактивных веществ, то его следует собрать сухими, легковпитывающими тряпками или фильтровальной бумагой, не размазывая по чистым участкам.

Большое количество пролитых радиоактивных жидкостей следует засыпать сухими опилками.

После того как основное количество радиоактивного вещества будет удалено, оставшееся загрязнение устраняется обработкой поверхности специальными моющими растворами (дезактивация) по нижеприводимым режимам. Дезактивацию загрязненных поверхностей производят с помощью мягких тряпок, щеток или тампонов, смоченных моющими растворами, или смыванием.

При дезактивации поверхностей, покрытых пористыми или легкосмачиваемыми материалами (керамическими плитами, цементом), не следует оставлять моющий раствор на обрабатываемой поверхности на длительное время во избежание впитывания материалом радиоактивного вещества вместе с моющим раствором.

Если загрязненная поверхность представляет собой сплошное покрытие без швов и стыков (пластикат, линолеум и т. п.), то обработку можно также производить обильным смачиванием ее дезактивирующим раствором (поливанием, пульверизацией).

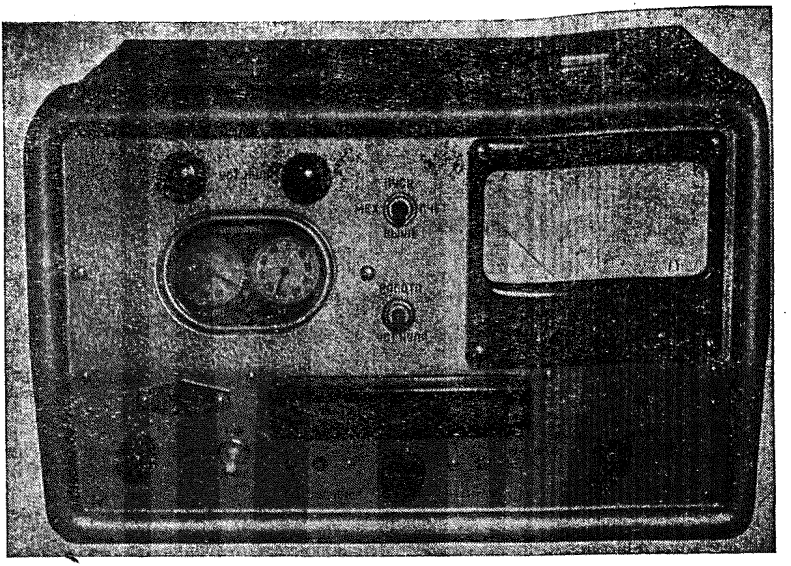


Рис. 70. Радиометрический прибор ТИСС для измерения радиологической чистоты рук и рабочих поверхностей

Обрабатываемую поверхность после дезактивации специальными моющими растворами промывают водой и протирают сухой чистой тряпкой, после чего контролируют чистоту поверхности соответствующим радиометрическим прибором.

Использованные загрязненные тряпки и щетки собирают в пластиковые мешки или другие емкости и удаляют как радиоактивные отходы в соответствии с санитарными правилами.

В качестве моющих растворов для дезактивации помещений может применяться один из следующих составов.

Состав № 1

Контакт Петрова, мл	300
Вода, л	до 1

Состав № 2

Контакт Петрова, мл	300
Щавелевая кислота, г	10
Поваренная соль, г	50
Вода, л	до 1

Состав № 3

Стиральный порошок «Новость», г	10
Соляная кислота (100%) при удельном весе 1,18:	
г	40
мл	100
Гексаметафосфат натрия, г	4
Вода, л	до 1

Загрязненные поверхности, не поодлежащие отмывке вышеуказанными составами, подвергаются дополнительной обработке моющим составом № 4.

Состав № 4

Марганцовокислый калий, г	40
Серная кислота, г	5
Вода, л	до 1

После дезактивации поверхности составом № 4 (в течение 10—15 мин) проводится обработка составом № 2.

Если загрязненный материал нестоек к кислотам (корродирует ся или растворяется), то рекомендуется обрабатывать его щелочными растворами состава № 5.

Состав № 5

Едкий натр, г	10
Трилон Б, г	10
Вода, л	до 1

Ценное оборудование, приборы следует дезактивировать раствором лимонной или щавелевой кислоты следующего состава.

Состав № 6

Лимонная или щавелевая кислота, г	10—10
Вода, л	до 1

Их следует дезактивировать также тринатрийфосфатом или гексаметафосфатом натрия следующего состава.

Состав № 7

Тринатрийфосфат или гексаметафосфат натрия, г	10—20
Вода, л	до 1

Работающему необходимо тщательно следить за чистотой кожных покровов, особенно рук, так как это может явиться причиной занесения радиоактивных веществ внутрь организма. При очистке кожных покровов от радиоактивных загрязнений следует помнить, что она будет тем эффективнее, чем раньше к ней приступят, так как длительная задержка радиоактивных загрязнений на коже приводит к большей фиксации их и затрудняет очистку.

Для более успешной очистки рук надо коротко стричь ногти и следить за эластичностью кожи, так как сухая кожа, наличие трещин и мозолей ухудшают ее очистку. Царапины и порезы могут также способствовать проникновению радиоактивных веществ в организм. В большинстве случае руки достаточно хорошо отмываются теплой водой с применением щетки и мыла. При этом поверхность кожи надо очищать, начиная с пальцев, пространства между ними и затем ладони. Мыть руки нужно 3—5 мин с повторным обмыванием кистей рук.

При более высоких уровнях загрязнения, когда хозяйственное мыло не дает должного эффекта, следует применять различные специальные составы: адсорбенты, комплексообразователи и растворители. Однако различные физико-химические свойства многочисленных радиоактивных элементов не дают возможности рекомендовать универсальные средства. Поэтому спецсоставы имеют весьма ограниченное применение.

Так, при загрязнении рук торием и фосфором рекомендуется применять мыло с добавкой трилона Б, гексаметафосфата, порошка «Новость». В ряде случаев рекомендуется применение 1—2%-ных растворов лимоннокислого натрия, углекислого натрия, марганцовокислого калия, мыла ОП-10 и др. Все перечисленные средства в ряде случаев не дают полного дезактивирующего эффекта, и обработка должна проводиться повторно.

Приготовление моющих растворов

9. Состав № 1: к 700 мл воды постепенно добавляют 300 мл контакта Петрова и хорошо перемешивают.

Состав № 2: 50 г поваренной соли растворяют в 700 мл воды, добавляют 10 г щавелевой кислоты, к полученному раствору добавляют 300 мл контакта Петрова и хорошо перемешивают.

Состав № 3: 4 г гексаметафосфата растворяют в 400 мл воды при нагревании до 60—70°С; полученный раствор охлаждают до комнатной температуры, отдельно растворяют 10 г порошка «Новость» в 500 мл воды и смешивают с раствором гексаметафосфата. Затем добавляют 100 мл соляной кислоты (удельный вес 1,18), что эквивалентно 40 г 100%-ной кислоты, и полученный раствор хорошо перемешивают.

Состав № 4: 40 г марганцовокислого калия растворяют в 1 л воды при нагревании до 60°С, охлаждают и к охлажденному раствору добавляют 5 г серной кислоты (удельный вес 1,84). Полученный раствор хорошо перемешивают.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

УСЛОВИЯ ЗАКАЗА И ПОЛУЧЕНИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

Радиоактивные изотопы фосфора, серы и других радиоактивных веществ поставляют по заказам организаций всесоюзное объединение «Изотоп» государственного треста Союзреактив (Москва, Ленинский проспект, 70).

В соответствии с Основными санитарными правилами работы с радиоактивными веществами и источниками ионизирующих излучений (ОСП-72), а также Инструкцией по работе с радиоактивными веществами в научно-исследовательских учреждениях Госстроя СССР заявки организаций должны быть согласованы с городскими или районными органами Государственного санитарного надзора (СЭС).

Такое согласование возможно при наличии специально оборудованной лаборатории, подготовленной к приему, хранению и работе с радиоактивными веществами, а также если инженерно-техническому персоналу известны безопасные методы работы с этими веществами.

Лаборатория для работ с радиоактивными веществами должна быть принята комиссией в составе представителей администрации, органов санитарного надзора, местной профсоюзной организации и других заинтересованных лиц и учреждений. Приемка лаборатории оформляется актом на право работ с радиоактивными веществами. В нем указывают категории и назначение лаборатории, а также класс работы (в зависимости от активности на рабочем месте), который разрешается в них проводить. На основании акта приемки органы Государственного санитарного надзора оформляют санитарный паспорт лаборатории.

Паспорт выдается на срок не более 3 лет. Только при наличии такого паспорта организация может получить разрешение на приобретение радиоактивных веществ в Госсанинспекции и направить

Таблица 50

Заказ-заявка

на поставку радиоактивных веществ и других источников ионизирующих излучений на ——— г.

Регистрационный номер ———

Наименование и почтовый адрес поставщика: Московское отделение в/о «Изотоп», 117261, Москва, Ленинский проспект, 70/11

Наименование и почтовый адрес заказчика:

Наименование лаборатории, учреждения, для которого производится заказ:

Предмет заказа: натрия фосфат-32 для инъекций

Наименование источника	Единица измерения	Активность расфасовки	Количество единиц на год	В том числе по месяцам												Общее количество на год (по активности	Сумма, руб.
				I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
Итого	мкюри	1															

Гарантии оплаты: расчетый счет

Приобретение заказных источников излучений разрешается

Руководитель предприятия ——— (подпись)

Гл. бухгалтер ——— (подпись)

заявку и реквизитный лист на необходимое радиоактивное вещество во всесоюзное объединение «Изотоп». Форма заявки дана в табл. 50.

Совместно с заявкой должен быть направлен реквизитный лист. Заявку и всю прочую документацию следует направлять во всесоюзное объединение «Изотоп» в двух экземплярах до 1 июля того года, который предшествует году поставки. Заявки, поступившие после указанного срока, удовлетворяются в количествах и в сроки, возможные для этого учреждения. В последнем случае заявки на последующий месяц следует подавать до 10 числа текущего месяца.

В заявках, подаваемых в объединение «Изотоп», должны быть указаны наименования источников излучений, тип соединений, необходимые количества, размеры порций и их фасовка, желаемые сроки поставки (помесячно). При составлении заявок на радиоактивные изотопы фосфора и серы рекомендуется пользоваться Временными техническими условиями на серийную поставку соединений и препаратов, меченых радиоактивными изотопами, а также каталогами на радиоактивные изотопы. Изменение поставок препаратов по срокам и количествам может быть произведено при условии заблаговременного уведомления об этом поставщика. Для соединений, содержащих изотоп фосфора P^{32}, уведомление об изменении заказа должно направляться за 3 мес, а для остальных препаратов — не менее чем за 5 мес.

Доставка радиоактивных изотопов заказчику производится трестом Союзреактив силами соответствующих транспортных организаций.

Санитарный паспорт №
на право хранения и проведения в учреждении работ
с применением радиоактивных веществ в открытом виде

Учреждение
Министерство, ведомство
Подразделение
Разрешается проведение работ III класса с применением радиоактивных веществ в открытом виде в количестве до 10 кюри/год с активностью на рабочих местах:

фосфер-32—1 мкюри,
сера-35—1 мкюри.

Разрешается одновременное хранение радиоактивных веществ в хранилищах в количестве до 10 кюри.
Паспорт выдан на основании акта обследования от (дата)
Действителен сроком до (дата)
Главный санитарный врач санитарно-эпидемиологической станции
———»————19—г.

Реквизитный лист

Наименование организации
Адрес почтовый
Фамилия, имя, отчество, должность лица, ответственного за приобретение и хранение изотопов
Образец печати для оформления и приемки изотопов

Образец подписи ответственного за приемку и хранение изотопов
Часы работы учреждения
Часы обеденного перерыва
Плательщик, его наименование (реквизиты), расчетный счет
Дата
Руководитель (или его заместитель) учреждения
Главный бухгалтер

В учреждениях радиоактивные вещества должны приниматься ответственным лицом, хорошо знающим физико-химические и токсические свойства этих веществ, в соответствии с Инструкцией по работе с радиоактивными веществами в научно-исследовательских учреждениях Госстроя СССР и ОСП-72, а также настоящими Рекомендациями.

Дирекция учреждения, в котором производится работа с радиоактивными веществами, назначает ответственное лицо, в обязанности которого должна входить ответственность за правильное получение, хранение и использование радиоактивных веществ и своевременное оформление необходимой документации. Назначение ответственного лица оформляется приказом по учреждению.

Поставщику необходимо сообщить фамилию, имя, отчество, занимаемую должность и служебный телефон ответственного лица, образец его подписи и образец печати учреждения. Принятые радиоактивные вещества записывают в приходно-расходный журнал.

Радиоактивные вещества должны использоваться в экспериментах только с разрешения руководителя лаборатории или группы. Расход радиоактивных веществ желательно фиксировать в виде акта. Одновременно хранить их разрешается только в количествах, не превышающих годовую потребность. Они должны храниться, как правило, в специальных хранилищах (сейфах).

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

Предисловие 3

1. **ОБЩАЯ ЧАСТЬ** 5

2. **ПОДГОТОВКА ОБРАЗЦОВ К ИСПЫТАНИЮ** 6

Размеры и форма образцов для токсикологических испытаний 6

Определение влажности и абсолютно сухой массы образцов 9

Приготовление пропиточных растворов 11

Пропитка образцов древесины и расчет количества поглощенного антисептика 12

Образцы для определения качества антисептирования древесины 14

Образцы для контроля степени биостойкости древесных плит 15

Образцы для определения степени биостойкости лакокрасочных покрытий по древесине 16

Образцы для определения степени биостойкости комбинированных и других строительных материалов 16

3. **ПОДГОТОВКА ЧИСТЫХ КУЛЬТУР ДОМОВЫХ ГРИБОВ К ИСПЫТАНИЮ** 17

Рекомендуемые виды домовых грибов 17

Получение, выращивание и хранение чистых культур домовых грибов 18

Приготовление питательных сред для домовых грибов 22

Заражение питательных сред домовыми грибами . . . 27

4. **ПОДГОТОВКА ЧИСТЫХ КУЛЬТУР ПЛЕСНЕВЫХ ГРИБОВ И ИХ СМЕСИ К ИСПЫТАНИЮ** 27

Получение, выращивание и хранение чистых культур плесневых грибов 27

Рекомендуемые виды плесневых грибов и методы испытаний на них 29

Приготовление питательных сред для плесневых грибов 30

Меры, способствующие предохранению чистых культур грибов от загрязнения инородными микроорганизмами 32

5. **ПОЛУЧЕНИЕ МЕЧЕНЫХ КУЛЬТУР ГРИБОВ И ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ НА НИХ** 35

Рекомендуемые радиоактивные индикаторы и их свойства 35

Удельная активность питательной среды 37

Расчет поправки на радиоактивный распад 37

Технология изготовления питательной среды с радиоактивным индикатором 49

Стр.
Выращивание меченых культур грибов 55
Укладка образцов на меченые культуры грибов . . . 57
Наблюдения в процессе биологических испытаний . . . 60
Снятие образцов с меченых культур грибов и их подготовка к радиометрическим измерениям 62
6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОРАЖЕНИЯ ОБРАЗЦОВ МАТЕРИАЛОВ ПО ИНТЕНСИВНОСТИ РАДИОАКТИВНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ 64
Единицы радиоактивных и ионизирующих излучений . . 64
Измерение абсолютной и относительной радиоактивности препаратов 65
Условия максимальной эффективности газоразрядного счетчика 67
Подготовка радиометрической аппаратуры к измерениям и ее краткая характеристика 77
Измерение интенсивности радиоактивных излучений образцов, пораженных меченой культурой гриба 81
Авторадиография образцов, пораженных меченой культурой гриба 89
Оформление результатов биологических испытаний . . . 92
7. ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ МЕТОДОМ МЕЧЕНЫХ КУЛЬТУР ГРИБОВ 95
Определение предельной дозы и порогового поглощения антисептиков 95
Определение степени биостойкости разных пород древесины и других строительных материалов 97
Классификация исследованных методом меченых культур материалов по степени биостойкости 98
Приложение 1. Терминология 100
Приложение 2. Особенности метода меченых культур и условий его применения для биологических испытаний 102
Анализ существующих методов 102
Метод меченых культур 116
Условия применения радиоактивных индикаторов . . . 121
Сущность метода меченых культур 123
Характерные отличия метода меченых культур при работе с базидиальными и плесневыми грибами и комплексом почвенных микроорганизмов 129
Токсичность антисептиков, определенная методом меченых культур 129
Определение предельной дозы и порового поглощения методом меченых культур 132

Стр.
Авторадиографирование 136
Степень биостойкости разных пород древесины и других строительных материалов, определенная методом меченых культур 136
Биостойкость древесины разных пород 139
Биостойкость древесных плит и строительных тканей . . 143
Биостойкость линолеума 144
Биостойкость акустических плит акмигран 146
Биостойкость минераловатных плит 147
Исследование биостойкости асбестоцементных материалов 148
Биостойкость комбинированных материалов с цементным вяжущим и органическим заполнителем 149
Зависимость степени биостойкости арболита от вида органического заполнителя 150
Степень биостойкости образцов арболита, защищенных антисептиками 151
Систематизация строительных материалов по степени биостойкости 152
Влияние различных факторов на результаты испытаний . 154
Общие методические указания 154
Влияние питательной среды 155
Влияние витаминов 159
Влияние размера и формы образцов 164
Влияние влажности древесины 160
Влияние температуры и влажности воздуха 167
Влияние аэрации 168
Влияние ионизирующей радиации 172
Поглощение радиоактивных излучений в образцах древесины и других исследуемых материалов 172
Случайные и систематические ошибки 173
Приложение 3. Техника безопасности при работе с мечеными культурами грибов 176
Безопасные правила работы с радиоактивными изотопами и мечеными культурами грибов 176
Санитарно-технические требования к оборудованию лаборатории 3-й категории для работы с радиоактивными изотопами 181
Способы дезактивации лабораторного оборудования и рук 182
Приложение 4. Условия заказа и получения радиоактивных изотопов 185

gost.e-ecolog.ru