

У С П Е Х И Х И М И И

т. XXXII

1963 г.

Вып. 6

УДК 547.972 : 547.973 : 547.977

ПРИРОДНЫЕ КРАСЯЩИЕ ВЕЩЕСТВА

H. C. Вульфсон

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Введение	653
2. Красящие вещества алифатического и алициклического ряда	653
3. Красящие вещества ароматического ряда	654
4. Красящие вещества гетероциклического ряда	658

1. ВВЕДЕНИЕ

Природными красящими веществами называются сложные органические соединения, вырабатываемые живыми организмами и окрашивающие различные животные и растительные клетки и ткани, обуславливая все цветовое многообразие живой природы.

Уже со времен глубокой древности, на ранних ступенях цивилизации, человек для удовлетворения своих эстетических потребностей стал применять природные красящие вещества. До второй половины XIX века многие природные красители применяли для окраски текстильных изделий, кожи, бумаги, парфюмерных изделий, пищевых продуктов и др. С развитием промышленности органического синтеза, и особенно анилино-красочной промышленности, природные красящие вещества не выдержали конкуренции с синтетическими красителями и, в подавляющем большинстве случаев, утратили былое практическое значение. Однако значение природных красящих веществ не исчерпывается их практическим применением для целей крашения. Большинство из них играет существенную роль в жизни тех организмов, которыми они производятся. Многие природные красящие вещества обладают значительной физиологической и антибиотической активностью и часто применяются в качестве лечебных средств.

Красящие вещества весьма широко распространены в природе и в химическом отношении крайне многообразны¹. Классификация их возможна по различным признакам, например, по происхождению и нахождению в природе (красители животные, красители растительные, красители крыльев бабочек, красители цветов и плодов и т. д.). Однако во многих случаях в различных природных источниках встречаются одни и те же, или близкие по строению красящие вещества и поэтому наиболее целесообразной классификацией (принятой и в этой статье) является обычная классификация органических соединений по функциональному признаку².

2. КРАСЯЩИЕ ВЕЩЕСТВА АЛИФАТИЧЕСКОГО И АЛИЦИКЛИЧЕСКОГО РЯДА

Сюда в основном относятся так называемые полиеновые красители или каротиноиды³⁻⁵. Это соединения, содержащие длинные цепи углеродных атомов с системой сопряженных двойных связей, наличие которой и обуславливает их окраску. С увеличением длины сопряженной

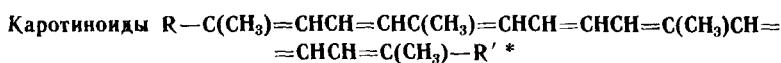
системы окраска углубляется. Среди красителей этой группы встречаются углеводороды (в том числе с алициклическими ядрами на концах углеродной цепи), спирты (иногда встречающиеся в виде сложных эфиров), кетоны, кетоспирты, альдегиды, кислоты, сложные эфиры, окиси и фураносокиси⁶ (табл. 1).

Каротиноиды встречаются как в растительном, так и в животном мире. Многие из них, как, например, каротин, обладают высокой физиологической активностью (провитамин А). К полиенам неустановленного строения относится ряд антибиотиков (калацидин, пентамицин, филиппин, медиоцидин, трихомицин и др.), продуцируемых различными видами *Streptomyces*⁷.

Большинство каротиноидов имеет полностью *транс*-конфигурацию, однако встречаются и частично изомеризованные (чаще всего по центральной двойной связи) *транс* — *цис*-изомеры⁸.

3. КРАСЯЩИЕ ВЕЩЕСТВА АРОМАТИЧЕСКОГО РЯДА

В основном эти красители представляют собой окси- и аллокси-замещенные непредельные кетоны, производные диароилметана: 4,4'-диоксицидинамоилметан, т. пл. 224°, желтого цвета; 4-оксицидинамоил-ферулоилметан, т. пл. 168°, оранжевого цвета, и диферулоилметан (куркумин), т. пл. 181—183°, красного цвета, встречающиеся в корнях *Cucurbita longa*, *C. tinctoria* и др.; халконы⁹ (I, табл. 2) и хиноны^{10, 11}: бензохиноны (II, табл. 3), нафтохиноны¹² (III, табл. 4), антрахиноны^{13, 14} (IV, табл. 5) и антроны: хризаробин (1,8-диокси-3-метилантрон-9), т. пл. 203,5—204°, желтый краситель древесины *Andira araroba* и эмодинантрон (1,6,8-триокси-3-метилантрон-9), т. пл. 250—258°, желтый краситель древесины *Rhamnus dahurica*. Многие из этих красителей в природе



Приложение 1 (к табл. 1)

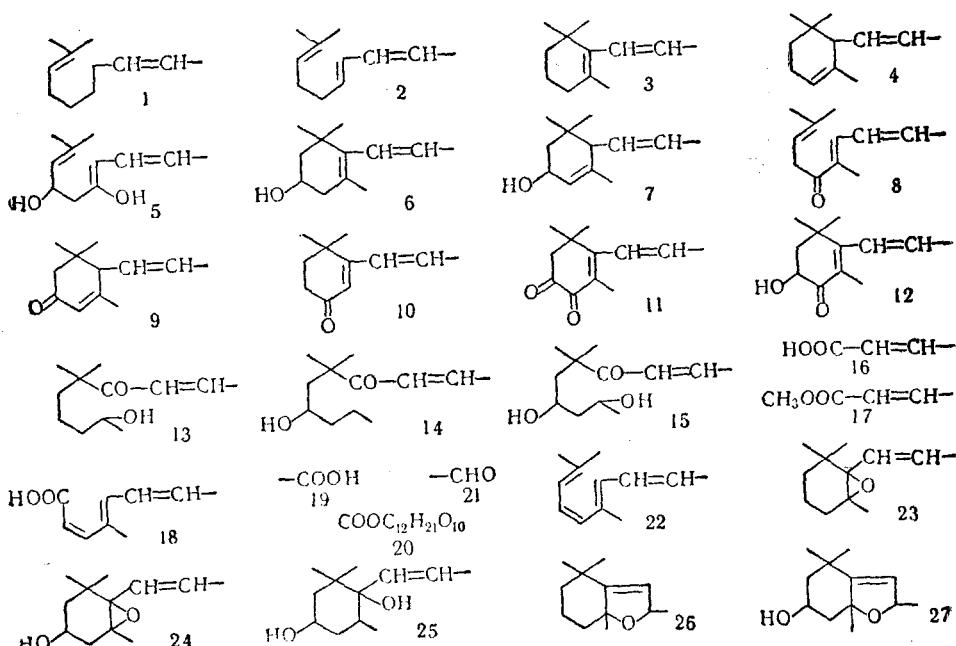


ТАБЛИЦА 1

R	R'	Наименование	Цвет	Т. пл., °C	Нахождение в природе
Углеводороды					
1	1	Нейропорин	оранжево-желтый	124	в грибках <i>Neorospora crassa</i> ; в мутантах красных дрожжей <i>Rhodotorula rubra</i>
2	2	Ликопин	красный	173	в плодах <i>Solanum lycopersicum</i> и мн. др.
3	3	β-Каротин	фиолетовый	181—184	широко распространен в растительном мире, микроорганизмах, грибах, водорослях, в желтке яиц, молоке и др.
3	4	α-Каротин	»	187—188	сопутствует β-каротину
2	3	γ-Каротин	»	176,5—178	сопутствует β-каротину
Спирты					
2	5	Ликоксантин	фиолетово-красный	168	в плодах <i>Solanum dulcamara</i> и др.
2	6	Рубиксантин	красный	160	в плодах <i>Rosa rubiginosa</i> и др.
2	22	Зелаксантин	темно-красный	204—210	в ягодах <i>Celastrus scandens</i> L.
3	6	Криптоксантин	красный	169	широко распространен в растительном мире (ягодах, плодах, цветах, лишайниках, грибах, микроорганизмах)
6	6	Зеаксантин	желтовато-красный	204—206	то же
6	7	Ксантофил	красный	192—193	в оперении птиц: <i>Chrysoena victor</i> , <i>Rupicola peruviana</i>
5	5	Ликофил	фиолетово-красный	179	то же, что и зеаксантин;
7	7	Эшшольтексантин	фиолетовый	185—190	в оперении птиц: <i>Emberiza citrinella</i> , <i>E. icterica</i> , <i>Oriolus oriolus</i>
Кетоны и кетоспирты					
3	8	Миксоксантин	фиолетовый	168—169	в водорослях <i>Rivularia nitida</i> и др.
9	9	Родоксантин	синевато-черный	219	в листьях <i>Cryptomeria japonica</i> , <i>Cupressus nainnocki</i> и др.
10	10	Кантаксантин		213	в оперении птиц <i>Phoenicircus nigricollis</i> , <i>Megalopreria magnifica</i>
					в грибах <i>Cantharellus cinnabarinus</i> ; в оранжевых мутантах <i>Corynebacterium michiganense</i>
11	11	Астацин	фиолетовый	240—243	в панцире омаря <i>Astacus gammarus</i> L.; в оперении птиц <i>Laniarius atrococcineus</i> , <i>L. barbatus</i> , <i>L. erythrogaster</i> и др.
12	12	Астаксантин	красный	215—216	в низших растениях и оперении птиц <i>Laniarius atrococcineus</i> , <i>L. erythrogaster</i> и др.
6	8	Капсантин	красный	175—176	в плодах <i>Capsicum annuum</i> L.;
14	14	Капсорубин	фиолетово-красный	201	в цветах <i>Tecoma radicans</i> и др.
15	15	Фукоксантин	коричнево-красный	166—168	в кожуре плодов <i>Capsicum annuum</i> L.
					в различных водорослях

ТАБЛИЦА 1 (продолжение)

R	R'	Наименование	Цвет	T. пл., °C	Нахождение в природе
Альдегиды, кислоты, эфиры					
6 16	21 17	β-Цитраурин Биксин	фиолетово-красный	147 198	в кожуре апельсинов в кожуре семян <i>Bixa orellana</i> L.
3 19	18 19	Торулародин Кроцетин	красный »	201—203 275—276	в дрожжах <i>Torula rubra</i> в плодах <i>Gardenia grandiflora</i> и др.
20	20	Кроцин	коричнево-красный	186 (разл.)	в <i>Crocus sativus</i> L.
Окиси					
3	23	β-Каротин-эпоксид	оранжевый	~160	в кожуре апельсинов
4	23	α-Каротин-эпоксид	»	175	в цветах <i>Tragopogon pratensis</i> и <i>Ranunculus acer</i>
4 24	24 6	Тролликсантин Антераксантин		155—156 205—207	в цветах <i>Trollius europaeus</i> в плодах и цветах <i>Capsicum annuum</i> и др.
24	24	Виолаксантин	коричнево-желтый	200	в цветах <i>Viola tricolor</i>
Фураноокиси					
3	26	Цитроксантин	желтовато-оранжевый	163—164	в кожуре апельсинов
4 2	26	Флавохром Рубихром	желтый красновато-фиолетовый	176—178 154	в цветах <i>Ranunculus acer</i> в цветах <i>Tagetes patula</i>
7	26	Флавоксантин	желтый		в цветах <i>Ranunculus acer</i> , <i>Ulex europaeus</i> и др.
27	27	Ауроксантин	»	203	в цветах <i>Viola tricolor</i>

* Значения R и R' см. приложение 1 на стр. 654.

встречаются в виде гликозидов (во всех таблицах приведены только агликоны). Антрахинонам близки по строению гиперицин (*V*, $R=CH_3$) и псевдогиперицин (*V*, $R=CH(OH)CH_3$), темно-фиолетовый и темно-красный красители цветов *Hypericum perforatum*, обладающие фотодинамическими свойствами¹⁵, и другие биантрахиноны¹⁶.

Среди природных красящих веществ ароматического ряда также имеются соединения, обладающие физиологической и антибиотической активностью (например, витамин К, куркумин, многие хиноны и др.). К частично гидрированным ароматическим природным красящим веществам относятся антибиотики группы тетрациклина, окрашенные в желтый цвет.

Несколько особняком от рассмотренных выше стоит желтый краситель аристолохин (10-нитро-8-метокси-3,4-метилендиоксифенантренкарбоновая-1 кислота), т. пл. 281—286°, выделенный из корней *Aristolochia clematitis*.

Многие природные красители ароматического ряда раньше широко применялись для целей крашения; например, ализарин (основное красящее вещество краппа, содержащего также пурпурин, ксантопурпурин, мунджистин и рубиадин), картамин, куркумин (применяемый и в настоящее время в качестве индикатора в ацидометрии), кошениль и др.

ТАБЛИЦА 2

Халконы I *

Заместители **	Наименование	Цвет	Т. пл., °C	Нахождение в природе
$R_1'=R_3'=R_5=OH$	Изоквиритигенин	желтый	200—204	в корнях <i>Glycyrrhiza glabra</i>
$R_1'=R_3=OH; R_3'=OCH_3$	2,4'-диокси-4-метоксихалкон	«	172—176	в смоле из <i>Xanthorrhoea australis</i>
$R_1'=R_3=R_2=R_5=OH$	Бутеин	«	214—215	в цветах <i>Butea frondosa</i> и др.
$R_1'=R_2'=OH; R_3'=R_4'=R_5'=OCH_3$	Педицин	оранжево-красный	143—145	в листьях <i>Didymocarpus pedicellata</i>
$R_1'=R_2'=R_3'=R_2=R_5=OH$	Оканин	оранжевый	235—240	в сердцевине дерева <i>Cyclcodiscus gabunensis</i> Harns., в цветах <i>Coreopsis maritima</i> , <i>C. gigantea</i>
$R_1'=R_3'=R_4'=R_2=R_5=OH$	Неоплатименин	«	232	в сердцевине дерева <i>Plathymenia reticulata</i> Benth.
$R_2'+R_3'=OCH_2O;$ $R_1=R_3=R_5=OH$	Гиссопин	«	265—270	в грибках <i>Capsella bursa-pastoris</i>
$R_1'=R_2'=R_3'=R_5'=R_6=OH$	Картамин	желтый	—	в пыльце цветов <i>Carthamus tinctorius</i> us

* Формулы соединений для всех таблиц и текста см. в приложении 2 стр. 668, 669.

** Во всех таблицах неуказанные $R=H$.

ТАБЛИЦА 3

Бензохиноны II

Заместители	Наименование	Цвет	Т. пл. °C	Нахождение в природе
$R_1=R_4=OCH_3$	2,6-Диметоксибензохинон	желтый	250—251	в стеблях <i>Adonis vernalis</i> L.
$R_1=R_3=OH; R_4=n-C_{11}H_{23}$	Эмбелин	оранжево-желтый	142—144	в ягодах <i>Embelia ribes</i> Burm. и др.
$R_1=R_3=OH; R_4=n-C_{13}H_{27}$	Рапанон	оранжевый	141—142	в корне и древесине <i>Rapanea maximowiczii</i> Koidz.
$R_1=R_3=OH; R_2=CH_3;$ $R_4=C_{19}H_{37}$	Мезахинон	оранжево-красный	122	в плодах <i>Maesa japonica</i> Moritzi
$R_1=R_3=OH; R_2=R_4=C_6H_5$	Полипоровая к-та	коричнево-фиолетовый	305	в грибах <i>Polyporus rutilans</i> и др.
$R_1=R_3=OH; R_2=R_4=p-C_6H_4OH$	Атроментин	коричневый		в грибах <i>Agaricus atrotomentosus</i> и др.
$R_1=OH; R_2=R_4=o-C_6H_4COOH;$ $R_3=CH=CHCH=CHCOOH$	Мускарупфин	оранжево-красный	275,5	в грибах <i>Amanita muscaria</i> L.

ТАБЛИЦА 4

Нафтохиноны III

Заместители	Наименование	Цвет	Т. пл., °C	Нахождение в природе
R ₁ =OH	Лаусон	светло-желтый	192—195	в листьях <i>Lawsonia inermis</i> L.
R ₃ =OH	Юглон	коричнево-красный	153—154	в оболочке грецкого ореха <i>Juglans regia</i>
R ₁ =OCH ₃	2-Метокси-нафтохинон-1,4	желтый	183,5	в листьях <i>Impatiens balsamina</i> L.
R ₁ =CH ₃ ; R ₂ =OH	Фтиакол	»	173—175	пигмент туберкулезных бактерий
R ₁ =CH ₃ ; R ₃ =OH	Плюмбагин	золотисто-желтый	76—78	в корнях <i>Plumbago europaea</i> L. и др.
R ₁ =CH ₃ ; R ₂ =R ₃ =OH	Дрозерон	желтый	178—181	в корнях <i>Drosera peltata</i>
R ₁ =CH ₃ ; R ₂ =R ₃ =R ₄ =OH	Оксидрозерон	красный	192—193	в клубнях <i>Drosera whittakerii</i>
R ₁ =OH; R ₂ =CH ₂ CH=C(CH ₃) ₂	Лапахол	желтый	139—142	в сердцевине дерева <i>Avicennia tomentosa</i>
R ₁ =CH(OH)CH ₂ CH=C(CH ₃) ₂ ;	Алкандин	коричнево-	147—149	в корнях <i>Anchusa tinctoria</i> и др.
R ₃ =R ₄ =OH		красный		
R ₁ =OH; R ₂ =CH ₂ CH=C(CH ₃)CH ₂ OH	Ломатиол	желтый	127—128	в семенах <i>Lomatia illicifolia</i> и др.
R ₁ =CH ₃ ; R ₂ =фитил	Витамин K	»	масло	в <i>Alfalfa</i> и других зеленых растениях

4. КРАСЯЩИЕ ВЕЩЕСТВА ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКОГО РЯДА

a. *Кислородсодержащие гетероциклы*. Сюда относятся желтый краситель понгамол (4-метокси-5-ацетилбензоилбензофуран), т. пл. 128—129°, выделенный из корня *Tephrosia lanceolata* и усниновая кислота (7,81диокси-2-кето-3,8-диацетил-4а,6-диметил-2,4-а-дигидробензофуран), т. пл. 203°,— желтый краситель, встречающийся во многих лишайниках, например, в *Usnea barbata*. К производным дигидрофурана относится лактон пульвиновой кислоты (VI, R=H), т. пл. 221—222°, светло-желтый краситель лишайника *Sticta coronata* и др., салицин (VI, R=OH), т. пл. 244—245°, оранжево-красный краситель лишайника *Calycium chrysoccephalum* и др., дигидрофураноны (VII, табл. 6), а также кумараноны⁹, пятичленные циклические изомеры халконов и флавононов (VIII, табл. 7).

Наиболее широко представлены в природе красители, производные хромана¹⁷. К ним относятся флавоноиды^{18—25}: флавоны²⁶ (IX, X=H; табл. 8), флавонолы (IX, X=OH, OCH₃, OSO₃K, табл. 9), флаваноны (X, X=H; табл. 10) и флавананол (X, X=OH; табл. 10), антоцианы^{27—29} (XI, табл. 11) и изофлавоны^{30, 31} (XII, табл. 12). К группе изофлавонов относятся также желтые красители: осейин (XIII, R=H), т. пл. 189°, и полифорин (XIII, R=OH), т. пл. 200,5°, содержащиеся в плодах *Maclura pomifera* Raf. Хромановое кольцо содержит также тем-

ТАБЛИЦА 5

Антрахиноны IV

Заместители	Наименование	Цвет	Т. пл., °C	Нахождение в природе
$R_2=OH$	2-оксиантрахинон	желтый	302—306	в корнях <i>Oldenlandia umbellata</i> L.
$R_1=R_2=OH$	Ализарин	оранжево-красный	289—290	в корнях <i>Rubia tinctorum</i>
$R_1=OCH_3; R_2=OH$	α -Метиловый эфир ализарина	оранжевый	178—179	в корнях <i>Oldenlandia umbellata</i> L.
$R_2=OCH_3; R_3=OH$	Монометиоловый эфир гистазарина	желтовато-оранжевый	232—235	То же
$R_1=R_3=OH$	Пурпуроксантиин (ксанто-пурпурин)	желтый	268—270	в корнях <i>Rubia tinctorum</i> , <i>R. sikkimensis</i>
$R_1=R_2=R_3=OH$	Антрагаллол	оранжевый	310—314	в коре <i>Coprosma lucida</i>
$R_1=R_3=OH; R_2=OCH_3$	2-Метиловый эфир антрагаллола	желтый	218—220	в коре <i>Coprosma lucida</i>
$R_1=R_2=OCH_3; R_3=OH$	1,2-Диметиловый эфир антрагаллола	»	230—232	в коре <i>Coprosma lucida</i> , <i>Oldenlandia umbellata</i> L.
$R_1=R_3=OCH_3; R_2=OH$	1,3-Диметиловый эфир антрагаллола	»	209	в коре <i>Oldenlandia umbellata</i> L.
$R_1=R_2=R_4=OH$	Пурпурин	оранжево-желтый	253—259	в коре <i>Rubia tinctorum</i>
$R_2=CH_3$	Тектохинон	светло-желтый	175—177	в древесине <i>Tectona grandis</i>
$R_2=CH_3; R_3=OH$	3-окси-2-метилантрахинон	желтый	302	в коре <i>Coprosma lucida</i>
$R_1=R_3=OH; R_2=CH_3$	Рубиадин	желтый	297	в корнях <i>Rubia tinctorum</i> , в коре <i>Coprosma lucida</i>
$R_1=OCH_3; R_2=CH_3; R_3=OH$	1-метиловый эфир рубиадина	золотисто-желтый	290—291	в корнях <i>Morinda longiflora</i>
$R_1=OCH_3; R_2=OH; R_3=CH_3$	Дигитолютеин	желтый	222	в листьях <i>Digitalis lutea</i> , <i>D. purpurea</i>
$R_1=R_8=OH; R_3=CH_3$	Хризофановая кислота	золотисто-желтый	193—196	в корнях <i>Rumex patientia</i> , <i>R. obtusifolius</i>
$R_1=R_6=OH; R_2=CH_3$	Соранядиол	оранжево-желтый	287—289	в коре корневища <i>Morinda umbellata</i> , <i>M. citrifolia</i>
$R_1=R_4=R_5=OH; R_2=CH_3$	2-Метил-1,4,5-триоксиантрахинон	темно-красный	218	в мицелиях <i>Penicillium islandicum</i> Sopp.
$R_1=R_5=R_6=OH; R_2=CH_3$	Мориндон	оранжево-красный	281—284	в коре корневища <i>Morinda umbellata</i>
$R_3=R_5=R_6=OH; R_2=CH_3$	Хризарон	золотисто-желтый	165—166	в корнях <i>Rheum rhabonticum</i> L.
$R_3=R_5=R_8=OH; R_2=CH_3$	Рабабберон	оранжево-желтый	212	в корнях <i>Rheum palmatum</i> , <i>R. officinale</i>
$R_4=R_5=R_7=OH; R_2=CH_3$	Эмодин	оранжево-красный	254—256	в коре <i>Rhamnus purshiana</i> , в корнях <i>Rheum palmatum</i>
$R_4=R_5=OH; R_7=OCH_3; R_2=CH_3$	Фисцион	оранжево-желтый	203—207	в лишайнике <i>Parmelia parietina</i>
$R_4=R_5=R_8=OH; R_2=CH_3$	Гельминтоспорин	красновато-коричневый	226—227	в мицелиях <i>Helminthosporium gramineum</i> Rabenhorst

ТАБЛИЦА 5 (продолжение)

Заместители	Наименование	Цвет	Т. пл., °С	Нахождение в природе
$R_1=R_4=R_5=OH; R_2=CH_3$	Исландицин	красный	218	в мицелиях различных штаммов <i>Penicillium islandicum</i> Sopp.
$R_1=R_4=R_5=R_7=OH; R_2=CH_3$	Катенарин	красный	246	в мицелиях <i>Helminthosporium gramineum</i> Rabenhorst
$R_1=R_4=R_5=OH; R_7=OCH_3; R_2=CH_3$	Эритроглауцин	красный	205—206	в мицелиях <i>Penicillium glaucum</i>
$R_1=R_4=R_5=R_8=OH; R_2=CH_3$	Цинодоитин	красновато-коричневый	260	в мицелиях <i>Helminthosporium cynodontis</i> Marignoni
$R_1=R_5=R_6=OH; R_2=CH_3$	Копареолатин	темно-красный	298	в коре <i>Coprosma areolata</i>
$R_1=R_8=OH; R_3=CH_2OH$	Алоэ-эмодин (ротлерин)	оранжево-желтый	223—225	в коре <i>Rhamnus purshiana</i>
$R_1=R_3=OH; R_2=CH_2OH$	Люцидин	желтый	>330	в коре <i>Coprosma lucida, C. acerosa</i>
$R_4=R_5=R_7=OH; R_2=CH_2OH$	Цитреорозеин	темно-оранжевый	288	в мицелиях <i>Penicillium cyclopium</i>
$R_5=R_7=OH; R_4=OCH_3; R_1=CH_2OH$	Карвиолин	желтый	280 (разл.)	в мицелиях <i>Penicillium carmine-violaceum</i>
$R_4=R_5=OH; R_7=OCH_3; R_2=CH_2OH$	Феллацин	желтовато-коричневый	245—248	в лишайнике <i>Xanthoria fallax</i> Arc.
$R_3=R_4=R_5=R_6=R_7=OH; R_2=CH_2OH$	Аспертецин	оранжево-красный	—	в мицелиях <i>Aspergillus quadrilineatus</i>
$R_4=R_5=OH; R_7=OCH_3; R_2=C_3H_6OH$	Налжиовензин	оранжевый	199—200	в мицелиях <i>Penicillium naglioensis Laxa</i>
$R_1=Cl; R_4=R_5=OH; R_7=OCH_3; R_2=C_3H_6OH$	Налжиолаксин	желтый	248—248,5	То же
$R_1=OCH_3; R_2=CHO; R_3=OH$	Дамнаканталь	оранжево-желтый	208	в корнях <i>Damnacanthus major, D. indicum</i>
$R_4=R_5=OH; R_2=COOH$	Ренин	оранжевый	321	в корнях <i>Rheum palmatum</i>
$R_1=R_3=OH; R_2=COOH$	Мунжистин	оранжево-желтый	231	в корнях <i>Ribia munjista</i>
$R_1=R_2=R_4=OH; R_3=COOH$	Псевдопурпурин	красный	220—224 (разл.)	в корнях <i>Rubra cordifolia</i>
$R_4=R_5=R_7=OH; R_2=COOH$	Эмодиновая кислота	оранжево-желтый	363—365 (разл.)	в мицелиях <i>Penicillium cyclopium Westling</i>
$R_1=R_6=R_8=OH; R_2=COOH; R_3=CH_3$	Эндокроцин	оранжевый	318 (разл.)	в лишайнике <i>Nephromopsis endocrocea Asachina</i>
$R_1=R_3=R_6=R_8=OH; R_2=COOCH_3; R_7=CH_2OH$	Родокладоная кислота	рубиново-красный		в плодах ряда <i>Cladonia</i>
$R_1=R_3=R_4=R_6=OH; R_8=CH_3; R_5=COOH; R_2=CO(CH_2OH)_4CH_3$	Карминовая кислота	красный		красящее вещество кошенили
$R_1=R_3=R_4=R_6=OH; R_8=CH_3; R_5=COOH; R_2=COCH_3$	Кермесовая кислота	красный		То же

ТАБЛИЦА 6

Дигидро- α -фураноны VII

Заместители	Наименование	Цвет	Т. пл., °C	Нахождение в природе
$R_1=OH$	Пульвиновая кислота	желтый	215—217	в лишайнике <i>Sticta coronata</i>
$R_1=NHCH(COOC_2)CH_2-CH(CH_3)_2$	Епанофин	»	135—136	в лишайнике <i>Lecanora epanora</i> Aci
$R_1=NHCH(COOC_2)CH_2-C_6H_5$	Ризокарповая кислота	лимонно-желтый	177—179	в лишайнике <i>Rhizocarpon geographicum</i>
$R_1=OCH_3$	Вульпиновая кислота	желтый	146—148	в лишайнике <i>Cetraria vulpina</i>
$R_1=OC_2H_5$	Каллопизминовая кислота	лимонно-желтый	127—128	в лишайнике <i>Callopisma vitellinum</i> Ehrhardt
$R_1=R_3=OCH_3$	Пинастриновая кислота	золотисто-желтый	203—205	в лишайнике <i>Cetraria pinastri</i>
$R_1=R_2=OCH_3$	Лепрапиновая кислота	»	159—160	в лишайнике <i>Leparia citrina</i>

ТАБЛИЦА 7

Кумараноны VIII

Заместители	Наименование	Цвет	Т. пл., °C	Нахождение в природе
$R_2=R'_1=R'_2=OH$	Сульфуретин	желтый	280—285	в цветах <i>Cosmos sulphureus</i>
$R_2=R_3=R'_1=R'_2=OH$	Ауреусидин	желтый	270—275	аглюкон красителя цветов <i>Oxalis cernua</i> и др.
$R_1=R_2=R'_1=R'_2=OH$	Маритиметин	»	—	в цветах <i>Coreopsis maritima</i>
$R_2=R'_1=R'_2=OH$ $R_1=OCH_3$	Лептозидин	оранжево-желтый	252—254	в лепестках <i>Coreopsis grandiflora</i>

но-красные красители дракородин (XIV, $R=CH_3$, $R'=H$), т. пл. 168—169° (с разложением), содержащийся в смоле *Deamorops draco* и караюрин (XIV, $R=OH$, $R'=OCH_3$), т. пл. 205—207°, встречающийся в листьях *Bignonia chica*; красный краситель дракорубин (XV), т. пл. 315°, содержащийся в смоле *Deamorops draco*, и другие бифлаваноидные красители^{32, 33}, желтый краситель ротлерин (XVI), т. пл. 200—207°, и изоротлерин (XVII), т. пл. 182°, содержащиеся в плодах *Rotlera tinctoria* Roxb³⁴, дегидродегуелин (XVIII, $R=H$), т. пл. 232—233°, встречающийся в семенах *Tephrosia vogelii* и дегидротоксикарол (XVIII, $R=CH_3$), т. пл. 234°, встречающийся в корнях растений семейства *Derris*.

К производным кумарина относятся желтые красители: дафнетин — 7,8-диоксикумарин, т. пл. 255—256°, аглюкон глюкозида дафнина, содержащегося в коре *Daphne alpina*; еллаговая кислота (XIX, $R=OH$), широко распространенная в древесине многих пород, например, в *Quercus colorado*, ее диметиловый эфир (XIX, $R=OCH_3$), т. пл. 337—338°, встречающийся в корнях *Euphorbia formosana* Hay; лютеновая кислота (XX), т. пл. 338—342° (с разложением), красный краситель плодов

ТАБЛИЦА 6

Флавоны IX, X=H

Заместители	Наименование	Цвет	Т. пл., °C	Нахождение в природе
$R_1=R_4=OH$	Приметин	желтый	230—231	в листьях <i>Primula modesta</i>
$R_1=R_3=OH$	Хризин	»	275	в сердцевине дерева <i>Pinus strobus</i> и др.
$R_1=OH; R_3=OCH_3$	Тектохризин	»	163	в сердцевине дерева <i>Pinus strobus</i> и др.
$R_1=R_2=R_3=OH$	Байкалеин	желтовато-коричневый	264—265	в корне <i>Oroxylum indicum</i> Vent.
$R_1=R_3=OH; R_2=OCH_3$	Ороксилин А	желтый	231—232	То же
$R_1=R_3=OH; R_4=OCH_3$	Вогонин	»	199—201	в корне <i>Scutellaria baicalensis</i>
$R_1=R_3=OH; R_2=R'_3=OCH_3$	Пектолинаригенин	»	215—219	агликон красителя цветов <i>Linaria vulgaris</i> L.
$R_1=R_3=R'_2=R'_3=OH$	Лютеолин	»	328—330	в цветах <i>Reseda luteola</i> L. и др.
$R_1=R_3=R'_3=OH; R'_2=OCH_3$	Хризоэриол	»	330—331	в ботве <i>Eriodictyon glutinosum</i> Benth.
$R_1=R_3=R'_2=R'_3=OH;$ $R_2=n\text{-HOC}_6\text{H}_4\text{CH}-\text{CHCO}$	Фукугетин	»	288—290	в коре <i>Garcinia spicata</i>
$R_1=R_2=R_3=R_4=R'_2=R'_3=$ $=OCH_3$	Нобилетин	»	134—137	в кожуре <i>Citrus nobilis</i> Lour.
$R_1=R_3=R'_1=R'_3=OH$	Лотофлавин	»	—	агликон красителя из <i>Lotus arabicus</i> L.
$R_1=R_3=R'_2=R'_3=R'_4=OH;$ $R_4=OCH_3$	Акраммерин	коричневый	335—340	в стручках <i>Gleditschia triacanthos</i>
$R_1=R_3=R'_3=OH; R'_2=R'_4=$ $=OCH_3$	Трицин	желтый	191—192	в листьях <i>Triticum dicoccum</i>

Terminalia chebula и др. К этой же группе относятся ксантоны (XXI; табл. 13). Кислородсодержащим гетероциклическим соединением оказалась также телефоровая кислота (XXII), черно-фиолетовый краситель многих видов *Thelephora*, которому ранее приписывалось строение производного фенантрена. Несколько особняком стоят бразилин (XXIII, R=H) и гематоксилин (XXIII, R=OH), выделенные из древесины красного дерева (семейство *Leguminosae*) и кампешевого дерева (*Haematoxylon campechianum*). Эти вещества, будучи сами бесцветными, широко применялись для крашения хлопка по проправе (синевато-красные и фиолетовые выкраски).

Многие красители рассмотренных выше групп встречаются в виде гликозидов (некоторые исключительно) ^{31, 35}. Чаще всего углеводом является глюкоза, но встречается также рамноза, галактоза, арабиноза и др.

б. Азотсодержащие гетероциклы. Производные индола. К числу самых старых природных красящих веществ, применявшимся человеком

ТАБЛИЦА 9
Флавонолы IX

Заместители	Наименование	Цвет	Т. пл., °C	Нахождение в природе
X=OH				
R ₁ =R ₃ =OH	Галангин	желтый	216—221	в корнях <i>Alpinia officinarum</i> Hance
R ₁ =OH; R ₃ =OCH ₃	Изальпинин	»	195	в семенах <i>Alpinia chinensis</i> Rosc.
R ₁ =R ₃ =R' ₁ =OH	Датисцетин	»	268—273	агликон красителя из листьев <i>Datisca cannabina</i> L.
R ₁ =R ₃ =R' ₃ =OH	Кемферол	»	275—277	в листьях <i>Delphinium consolida</i> и др.
R ₁ =R' ₃ =OH; R ₃ =OCH ₃	Рамноцитрин	»	221—222	в ягодах <i>Rhamnus cathartica</i>
R ₁ =R ₃ =OH; R' ₃ =OCH ₃	Кемферид	»	225—229	в корне <i>Alpinia officinarum</i> Hance
R ₁ =R ₄ =R' ₃ =OH	Пратолетин	»	285	в цветах <i>Trifolium pratense</i>
R ₁ =R ₃ =R ₄ =R' ₃ =OH	Гербацетин	»	280—283	в цветах <i>Gossypium indicum</i>
R ₁ =R ₃ =R' ₃ =OH; R ₄ =OCH ₃	Тамбулетин	»	269—271	в семенах <i>Xanthoxylum acanthopodium</i>
R ₁ =OH; R ₃ =R ₄ = =R' ₃ =OCH ₃	Тамбулин	»	205	в плодах <i>Xanthoxylum acanthopodium</i>
R ₃ =R' ₂ =R' ₃ =OH	Физетин	»	330 (разл.)	в древесине <i>Rhus cotinus</i> L. и др.
R ₁ =R ₃ =R' ₂ =R' ₃ =OH	Кверцетин	»	312—316 (разл.)	в ботве <i>Erica vulgaris</i> и мн. др.
R ₂ =R ₃ =R' ₃ =OH; R ₁ =OCH ₃	Азалеатин	»	~320	в цветах <i>Rhododendron mucronatum</i>
R ₁ =R ₂ =R' ₃ =OH; R ₃ =OCH ₃	Рамнетин	»	220—295	в ягодах <i>Rhamnus tinctoria</i> и др.
R ₁ =R ₃ =R' ₃ =OH; R' ₂ =OCH ₃	Изорамнетин	»	~305 (разл.)	в лепестках <i>Cheiranthus cheiri</i> и др.
R ₁ =R' ₃ =OH; R ₃ =R' ₂ = =OCH ₃	Рамназин	»	214—218	агликон красителя из ягод <i>Rhamnus</i>
R ₁ =R' ₂ =OH; R ₃ =R' ₃ = =OCH ₃	Омбуин	желтовато-коричневый	229—230	агликон красителя из листьев <i>Phytolacca dioica</i> L.
R ₁ =R ₂ =R ₃ =R' ₂ =R' ₃ =OH	Кверцетагенин	желтый	316—320	в цветах <i>Tagetes patula</i> и др.
R ₁ =R ₃ =R' ₂ =R' ₃ =OH; R' ₁ =OCH ₃	Патулетин	»	262—264	в цветах <i>Tagetes patula</i>
R ₁ =R' ₃ =OH; R ₂ =R ₃ = =OCH ₃	Хризосплентин	»	158—159	агликон красителя из ботвы <i>Chrysosplenium japonicum</i>
R ₁ =R ₃ =R ₄ =R' ₂ =R' ₃ =OH	Госсипетин	»	311—313	в цветах <i>Hibiscus sabdariffa</i> и др. агликон красителя цветов сем. <i>Gossypium</i>

ТАБЛИЦА 9 (продолжение)

Заместители	Наименование	Цвет	Т. пл., °C	Нахождение в природе
$R_1=R_3=R'_3=OH$	Морин	светло-желтый	286—290	в древесине <i>Morus tinctoria</i> L.
$R_3=R'_2=R'_3=R'_4=OH$	Робинетин	желтый	324—334	в древесине <i>Robinia pseudacacia</i>
$R_1=R_3=R'_2=R'_3=R'_4=OH$	Мирицетин	»	350—357	в коре <i>Myrica nigri</i> и др.
$R_1=R_3=R_4=R'_2=R'_3=R'_4=OH$	Гибисцетин	»	340—350	в цветах <i>Hibiscus sabdariffa</i>
$X=OCH_3$				
$R_2=R_3=OH; R_1=R_2=R_4=OCH_3$	Каликоптерин	желтый	224	в листьях <i>Digitalis thapsi</i>
$R_1=R'_2=OH; R_3=R'_3=OCH_3$	Аянин	оранжево-желтый	172—173	в сердцевине дерева <i>Distemonanthus benthamianus</i>
$R_1=R_2=R'_2=OH; R_3=R'_3=OCH_3$	Оксиаянин B	желтый	208—209	То же
$R_1=OH; R_2=R_3=R'_2=R'_3=OCH_3$	Артемитин	»	261—264	в <i>Artemisia absinthium</i>
$R_1=R'_3=OH; R_3=R'_4=R'_2=OCH_3$	Тернатин	»	210—210,5	в коре <i>Melicope ternata</i> , <i>M. simplex</i>
$R_1=R_3=OH; R_2=R_4=R'_2=OCH_3$	Эриантин	»	161	в <i>Blumea eriantha</i>
$R_1=R'_2=R'_3=OH; R_3+R_4=OCH_2O$	Варангин	»	277—278	в коре <i>Melicope ternata</i>
$R_1=OH; R_2=R_3=OCH_3; R'_2+R'_3=OCH_2O$	Мелисимплин	»	234—236	в коре <i>Melicope simplex</i>
$R_1=R'_2=R'_5=OH; R_3=R'_3=OCH_3$	Оксиаянин A	»	229—230	в сердцевине дерева <i>Distemonanthus benthamianus</i>
$R_1=OH; R_2=R_4=R'_2=R'_3=R'_4=OCH_3$	Гарденин	»	163—164	в смолистом выделении <i>Gardenia lucida</i> Roxb.
$X=OSO_3K$				
$R_1=R_3=R'_3=OH; R'_2=OCH_3$	Персикарин	желтый	280 (разл.)	в листьях <i>Polygonum hydropiper</i> L.
$R_1=R'_3=OH; R_3=R'_2=OCH_3$	7-Метиловый эфир персикарина	»	212—213	в листьях <i>Polygonum Hydropiper</i> L.

ТАБЛИЦА 10

Флаванолы X, X=H

Заместители	Наименование	Цвет	Т. пл., °C	Нахождение в природе
$R_1=R_2=R_3=R'_3=OH$	Картамидин	желтый	218	агликон красителя цветов <i>Carthamus tinctorius</i>
$R_1=R_2=R'_1=R'_2=OH$	Гомоэриодиктиол	»	223—225	в ботве <i>Eriodictyon glutinosum</i> Benth.
$R_2=R'_1=R'_3=OH; R_3=OCH_3$	Метоксибутин	»	195—197	в лепестках <i>Coreopsis grandiflora</i> Nutt.
$R_1=R_2=R'_1=OH; R'_2=OCH_3$	Гесперитин	»	224—225	агликон красителя цитрусовых
Флаванонол, X, X=OH				
$R_1=R_2=OH$	Пинобанксин	»	177—178	в сердцевине дерева <i>Pinus strobus</i> и др.

ТАБЛИЦА 11

Антоцианы XI

Заместители	Наименование	Цвет	Т. пл., °C	Нахождение в природе
$R_2=R_3=R'_2=OH$	Апигенидинхлорид	красный	>300	агликон красителя лепестков <i>Gesneria fulgens</i>
$R_1=R_2=R_3=R'_2=OH$	Пеларгонидинхлорид	красно-коричневый	>300	агликон красителя лепестков <i>Pelargonium zonale</i> и др.
$R_1=R_2=R_3=R_4=R'_2=OH$	Цианидинхлорид	»	>300	агликон красителя цветов <i>Chrisanthemum indicum</i> L., <i>Aster chinensis</i> L., <i>Centaurea cyanus</i> L. и др.
$R_1=R_2=R_3=R'_2=OH;$ $R'_1=OCH_3$	Пеонидинхлорид	коричневый	>300	агликон красителя цветов <i>Viola tricolor</i> , ягод <i>Oxycosos macrocaprus</i> Pers. и др.
$R_1=R_2=R_3=R'_1=R'_2=$ $=R'_3=OH$	Дельфинидинхлорид	темно-фиолетовый	>300	агликон красителя цветов <i>Viola tricolor</i> , <i>Salvia patens</i> , ягод <i>Empetrum nigrum</i> и др.
$R_1=R_2=R_3=R'_1=R'_2=$ $=OH; R'_3=OCH_3$	Петунидинхлорид	серо-коричневый	>300	агликон красителя цветов <i>Petunia hybrida</i> и др.
$R_1=R_2=R_3=R'_2=OH;$ $R'_1=R'_3=OCH_3$	Мальвидинхлорид	темно-коричневый	>300	агликон красителя цветов <i>Cyclamen persicum</i> Mill., <i>Primula polyantha</i> , <i>Iris ensata</i> и др.
$R_1=R_2=R'_2=OH; R'_1=$ $=R'_3=OCH_3$	Гирсутидинхлорид	фиолетовый	>300	агликон красителя цветов <i>Primula hirsuta</i>

ТАБЛИЦА 12

Изофлавоны XII

Заместители	Наименование	Цвет	Т. пл., °C	Нахождение в природе
$R_3=R'_2=OH$	Дейдзein	светло-желтый	315—323 (разл.)	аглюкон красителя из <i>Soja hispida</i>
$R_1=R_3=OH; R'_2=OCH_3$	Биоханин А	»	212—216	в <i>Cicer arietinum</i>
$R_1=R_3=R'_2=OH; R_2=OCH_3$	Текторигенин	»	227—230	аглюкон красителя из <i>Iris tectorum</i>
$R_1=R_3=R'_1=R'_2=OH$	Оробол (сантол)	»	270,5	аглюкон красителя из <i>Orobus tuberosus L.</i>
$R_1=R'_1=R'_2=OH; R'_3=OCH_3$	Сантал	желтый	223	в древесине <i>Pterocarpus santalinus L.</i>
$R_1=R_3=R'_1=OH; R_2=R'_2=R'_3=OCH_3$	Иригенин	»	185	агликон красителя из <i>Iris florentina</i>

ТАБЛИЦА 13

Ксантоны XXI

Заместители	Наименование	Цвет	Т. пл., °C	Нахождение в природе
$R_1=R_7=OH$	Эуксантон	желтый	236—240	в сердцевине дерева <i>Platonia insignis Mart.</i>
$R_1=R_7=OH; R_3=OCH_3$	Гентизин	»	267—274	в корне <i>Gentiana lutea</i>
$R_1=R_3=OH; R_7=OCH_3$	Изогентизин	»	241	То же
$R_1=R_3=R_8=OH; R_5=OCH_3$	Свертианол	»	263—267	в <i>Swertia japonica</i>
$R_1=R_8=OH; R_3=R_5=OCH_3$	Свергирин	»	185—186	в стеблях <i>Swertia chirata</i>
$R_1=R_2=OH; R_6=R_8=OCH_3$	Свертинин	»	217	в стеблях <i>Swertia decussata</i>
$R_1=OH; R_2=R_6=R_8=OCH_3$	Декусатин	»	149—150	в цветах и корнях <i>Swertia decussata</i>
$R_1=R_4=R_8=OH; R_3=CH_3$	Равенелин	»	267—268	в мицелиях <i>Helminthosporium ravenelli Curtius</i>
$R_2=R_8=OH; R_1=OCH_3; R_7=CH_3$ или $R_2=R_3=OH; R_8=OCH_3; R_7=CH_3$	Руброфузарин	оранжево-красный	240—241	в мицелиях <i>Fusarium culmorum Sacc.</i>
$R_1=OH; R_2=R_8=OCH_3; R_7=CH_3$ или $R_2=OH; R_1=R_8=OCH_3; R_7=CH_3$ или $R_8=OH; R_1=R_2=OCH_3; R_7=CH_3$	Асперксантон	желто-красный	203	в мицелиях различных штаммов <i>Aspergillus niger</i>

для крашения, относятся индиго³⁶ и пурпур древних (античный пурпур). Индиго добывали из листьев тропического растения *Indigofera tinctoria*, а также *Isatis tinctoria* и *Polygonum tinctorium*, произрастающих в Западной Европе и на юге СССР. В растениях содержится не само индиго, а глюкозид индоксила — индикан, распадающийся при гидролизе на глюкозу и индоксил, окисляющийся кислородом воздуха в индиго. Ему сопутствует изомер индирубин (также образующийся из индоксила) и другие красящие вещества (в том числе кемферол). Пурпур древних, содержащийся в моллюсках *Murex bandaris*, является 6,6'-дигроминдиго. К производным индола относятся также высокомолекулярные пигменты — меламины³⁷.

Производные пиррола. Сюда относятся три важнейших группы природных пигментов: пигменты крови, хлорофиллы и желчные пигменты. Все они содержат скелет, состоящий из четырех пиррольных ядер, связанных метиновыми мостиками, только в первых двух группах система замкнута в так называемый порфириновый цикл, а в последних — расположена линейно. Гемоглобин крови является железосодержащим комплексом протопорфирина IX и белка — глобина³⁸. Сама простетическая группа гемоглобина — гем, — содержащая двухвалентное железо, при окислении легко превращается в гематин, дающий с кислотами соли (например гемин). Встречающиеся в природе порфирины (XXIV)³⁹ приведены в табл. 14. Близок по строению к протопорфирину (одна винильная группа заменена на формильную) хлорокруоропорфирин — простетическая группа пигмента хлорокруорина из *Spirographis*.

В хлоропластах зеленых частей растений, наряду с каротином и ксантофиллом, содержатся в соотношении 3:1 два пигмента, близких по строению к пигментам крови, сине-зеленый хлорофилл «а» (XXV, R=CH₃) и желто-зеленый хлорофилл «б» (XXV, R=CHO), играющие важную роль в протекающем в растении фотосинтезе. Кроме того, в

ТАБЛИЦА 14
Порфирины XXIV

Заместители	Наименование	Нахождение в природе
R ₁ =R ₅ =CH ₃ ; R ₂ =CH=CH ₂ ; R ₃ =R ₄ = =CH ₂ CH ₂ COOH	Протопорфирин IX	Простетическая группа гемоглобина и цитохрома (другой белок), в кале, в дрожжах, в салате, шпинате, картофеле и др., в оперении птиц. В виде Mg-комплекса в мутантах <i>Chlorella vulgaris</i> в кале, в амбре
K ₁ =R ₅ =CH ₃ ; R ₂ =C ₂ H ₅ ; R ₃ =R ₄ = =CH ₂ CH ₂ COOH	Мезопорфирин IX	в кале
R ₁ =R ₅ =CH ₃ ; R ₂ =H; R ₃ =R ₄ = =CH ₂ CH ₂ COOH	Дейтеропорфирин IX	в мутантах <i>Chorella vulgaris</i>
R ₁ =R ₅ =CH ₃ ; R ₂ =CH(OH)CH ₃ ; R ₃ = =R ₄ =CH ₂ CH ₂ COOH	Гематопорфирин IX	в моче, дрожжах, оперении птиц.
R ₁ =R ₄ =CH ₃ ; R ₂ =R ₃ =R ₅ = =CH ₂ CH ₂ COOH	Копропорфирин I	To же
R ₁ =R ₅ =CH ₃ ; R ₂ =R ₃ =R ₄ = =CH ₂ CH ₂ COOH	Копропорфирин III	»
R ₁ =R ₄ =CH ₂ COOH; R ₂ =R ₃ =R ₅ = =CH ₂ CH ₂ COOH	Уропорфирин I	»
R ₁ =R ₅ =CH ₂ COOH; R ₂ =R ₃ =R ₄ = =CH ₂ CH ₂ COOH	Уропорфирин III	»

растениях содержитсяprotoхлорофилл «а» (XXV, $R=C_2H_5$), у которого кольцо А дегидрировано⁴⁰.

К этой же группе природных красящих веществ относится широко распространенный в природе витамин B_{12} , содержащий комплексно-связанный кобальт.

К группе желчных пигментов относится билирубин (XXVI, $R=CH=CH_2$), мезобилирубин (XXVI, $R=C_2H_5$) и уробилин, отличающийся от последнего тем, что ядра А, Б и В гидрированы⁴¹. К производным пиррола относится также продигиозин — красный пигмент бактерий *Serratia marinorubra* (XXVII), т. пл. 151—152°.

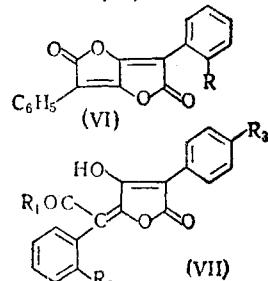
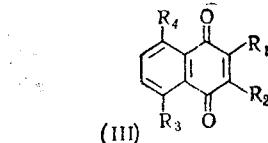
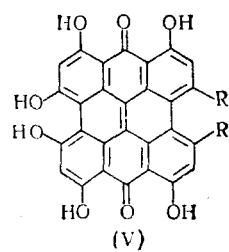
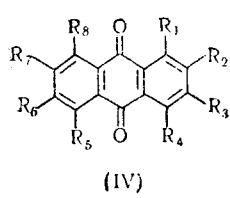
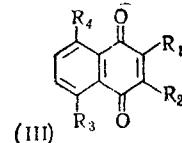
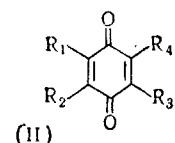
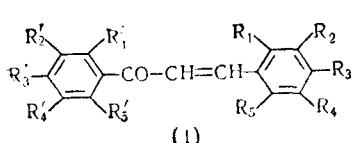
Производные феназина. Сюда относятся: гемипиоцианин — 1-оксибензодифенил, т. пл. 158°; феназинкарбоновая кислота, т. пл. 242°, и пиоцианин — 1-окси-9-метилфеназин, т. пл. 242°, темно-синего цвета, содержащиеся в *Pseudomonas rufocyanea* и *P. aureofaciens*. К этой группе природных красителей примыкает также широко распространенный в природе витамин B_2 (лактофлавин, рибофлавин) — рибитил-6,7-диметилизоаллоксазин.

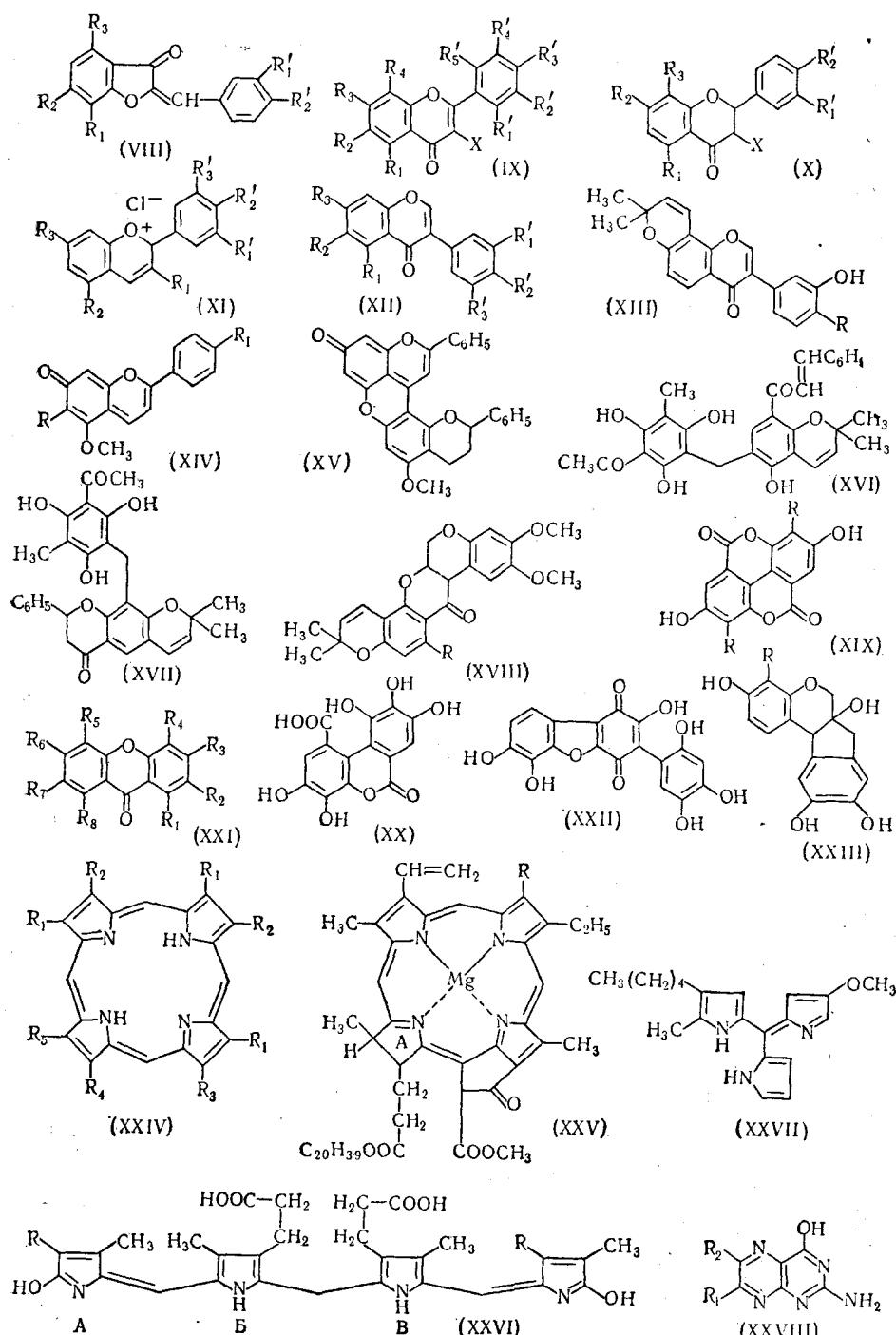
К производным оксазинов относятся пигменты группы оммохромов⁴⁴.

ТАБЛИЦА 15
Птерины XXVIII

Заместители	Наименование	Цвет	Нахождение в природе
$R_2=OH$	Ксантоптерин	желтый	в крыльях бабочки-лимонницы <i>Gonopteryx rhamni</i> , в скорлупе краба <i>Cancer pagurus</i> , в ацидиях <i>Microcosmus polymorphus</i>
$R_1=R_2=OH$	Лейкоптерин	белый	в крыльях бабочки-капустницы <i>Pieris brassica</i>
$R_1=CH_3$; $R_2=OH$	Хризоптерин	желтый	в крыльях бабочки <i>Gonopteryx rhamni</i>
$R_1=C(OH)=C(OH)CH_2OH$; $R_2=OH$	Эритроптерин	красный	в крыльях бабочки <i>Gonopteryx rhamni</i>
$R_2=CH(OH)CH(OH)CH_3$	Биоптерин	желтый	в пивных дрожжах

Приложение 2





Также довольно широко распространенной группой природных пигментов оказались производные птеридина⁴⁵⁻⁴⁷ (XXVIII), впервые обнаруженные в пыльце крыльев бабочек. Некоторые из них оказались физиологически активными, а также структурно близкими к фолиевой кислоте.

ЛИТЕРАТУРА

1. W. Karrer, Konstitution und Vorkommen der organischen Pflanzstoffe (exclusive Alkaloide), 1958.
2. Ф. Майер, Естественные органические красящие вещества, Госхимиздат, 1940.
3. L. Zechmeister, Carotinoide, 1934; Р. Каррер, Carotinoide, 1948.
4. E. Inhoffen, В сб. L. Zechmeister, Fortschritte der Chemie organischer Naturstoffe, 1952, B. 9, 1—41.
5. O. Isler, R. Rueegg, P. Schudel, В сб. Recent Progress in the Chemistry of Natural and Synthetic Colouring Matters and related Fields, 1962, 39—57.
6. P. Karrer, См.⁴, 1948, B. 5, 1—19.
7. D. Bhate, См.⁵, 1962, 341—345.
8. L. Zechmeister, См.⁴, 1960, B. 18, 223—349.
9. M. Shimokoriyama, В сб. T. Geissman, The Chemistry of Flavonoid Compounds, 1962, 286—316.
10. K. Venkataraman, Химия синтетических красителей, Госхимиздат, 1957, 2, 914—918.
11. O. Hoffnen-Ostenhof, См.⁴, 1950, B. 6, 154—241.
12. L. Fieser, См.⁵, 1962, 115—126.
13. K. Venkataraman, Химия синтетических красителей, Госхимиздат, 1957, 2, 950—954.
14. B. Joshi, См.⁵, 1962, 127—136.
15. H. Brockmann, См.⁴, 1957, B. 14, 141—185.
16. S. Shibata, См.⁵, 1962, 147—166.
17. H. Schmid, См.⁴, 1954, B. 11, 124—179.
18. T. Geissman, См.⁹, 1962, 1—5.
19. T. Seshadri, Там же, стр. 6—13.
20. M. Seikel, Там же, стр. 34—69.
21. K. Venkataraman, Там же, стр. 70—106.
22. L. Jurd, Там же, стр. 107—155.
23. T. Sechadri, Там же, стр. 156—196.
24. B. Whalley, Там же, стр. 441—467.
25. E. Philbin, T. Wheeler, См.⁵, 1962, 167—176.
26. J. Gripenberg, См.⁹, 1962, 406—440.
27. J. Clark-Lewis, Там же, 1962, 217—247.
28. K. Hayashi, Там же, 1962, 248—285.
29. J. Clark-Lewis, См.⁵, 1962, 211—220.
30. W. Ollis, См.⁹, 1962, 353—405.
31. L. Farkas, См.⁵, 1962, 279—285.
32. N. Kawano, Там же, 1962, 177—185.
33. W. Baker, Там же, 1962, 187—205.
34. W. Riedl, Там же, стр. 77—97.
35. S. Hattori, См.⁹, 1962, 317—352.
36. K. Venkataraman, Химия синтетических красителей, Госхимиздат, 1957, 2, 1148.
37. R. Thomson, См.⁵, 1962, 99—113.
38. W. Schroeder, См.⁴, 1959, B. 17, 322—378.
39. L. Lemberg, Там же, 1954, B. 11, 299—349.
40. A. Stoll, E. Wiedemann, Там же, 1938, B. 1, 159—254.
41. W. Siedel, Там же, 1939, B. 3, 81—144.
42. H. Rudy, Там же, 1939, B. 2, 61—102.
43. K. Venkataraman, Химия синтетических красителей, Госхимиздат, 1957, 2, 892—893.
44. A. Butenandt, W. Schäfer, См.⁵, 1962, 13—38.
45. A. Albert, См.⁴, 1954, B. 11, 350—405.
46. Н. С. Вульфсон, Усп. химии, 17, 249 (1948).
47. В. М. Березовский, Там же, 22, 191 (1953).

Институт химии природных соединений
АН СССР