

# Лёгкие

Воздухоносные пути.

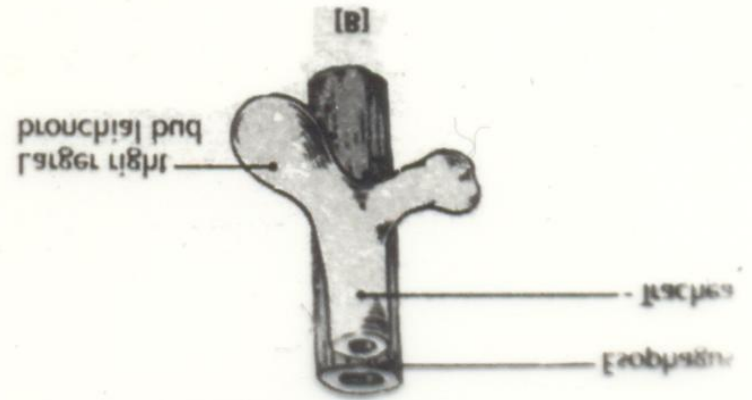
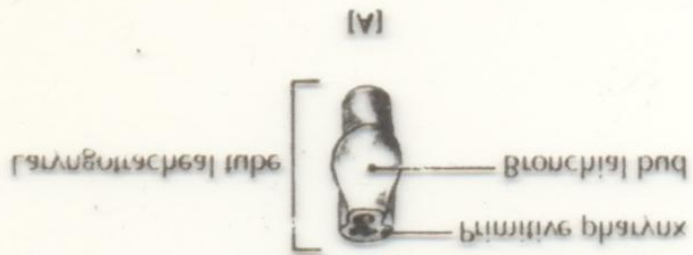
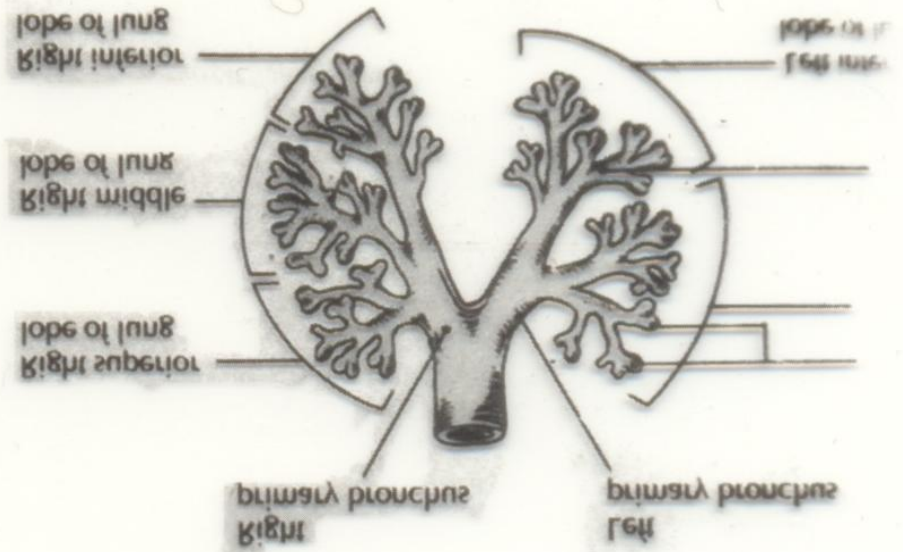
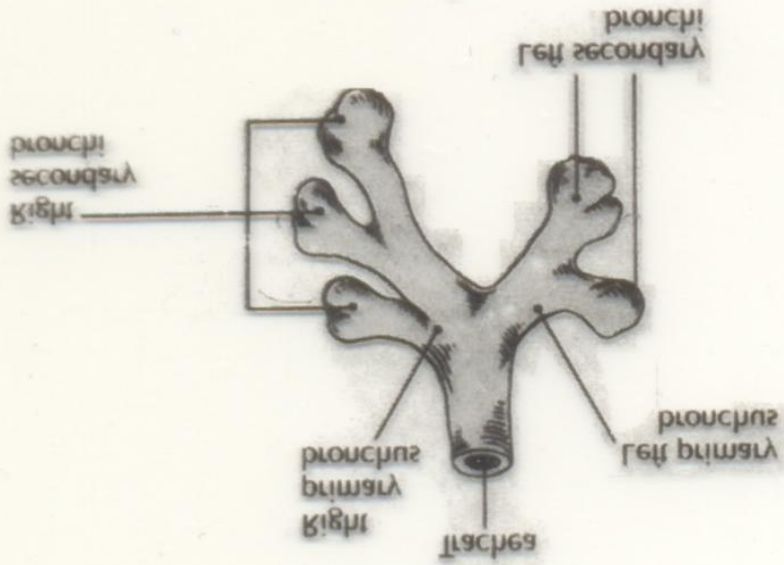
Респираторный отдел лёгких.

Сурфактантная система.

Нейроэндокринная система.

Нервная система.

Лимфатическая система.



[A] 4 weeks (1914), [B] 4 weeks (1916), [C] 2 weeks, and [D] 8 weeks. Ventral views.

Таблица 4.4

Морфофункциональная характеристика легких  
новорожденного и взрослого человека  
[Lingo L.D., 1991]

Показатель	Новорожденный	Молодой взрослый человек
Масса тела, кг	3,5	70,0
Площадь поверхности тела, м <sup>2</sup>	0,21	1,90
Масса легких, г	50	800
Диаметр трахеи, мм	8	18
Диаметр бронхиол, мм	0,1	0,2
Число бронхиальных ветвей ( $\times 10^6$ )	1,5	14,0
Диаметр альвеолы	50—100	200—300
Площадь альвеолярной поверхности, м <sup>2</sup>	4	80
Число альвеол ( $\times 10^6$ )	24	296
Общая емкость легких, мл/кг	63	82
Емкость вдоха, мл/кг	33	52
Общая жизненная емкость, мл/кг	35	66
Функциональная остаточная емкость, мл/кг	30	34
Мертвое пространство, мл/кг	2,2	2,0
Остаточный объем, мл/кг	6	7
Частота дыханий в покое	40	20
Альвеолярная вентиляция, мл/кг·мин	100—150	60
Потребление кислорода в покое, мл/кг·мин	6	3

## Функции лёгких

### 1) Респираторная (газообмен)

### 2) Нереспираторная

**Барьерная** по отношению к системе циркуляции – эндотелий  
(70 м<sup>2</sup>, 30% массы лёгких);

- метаболизм серотонина (90%),

норадреналина (40%),

брадикинина (90%), ↓ АД,

ангиотензин I-дипептидил-карбоксипептидаза (АПФ),

ангиотензин II ( АД),

простагландины (PGE, PGF<sub>2</sub>),

синтез PGI<sub>2</sub> – вазодилататор

**Регуляция реологических свойств крови,**

тучные клетки (2% всех клеток)

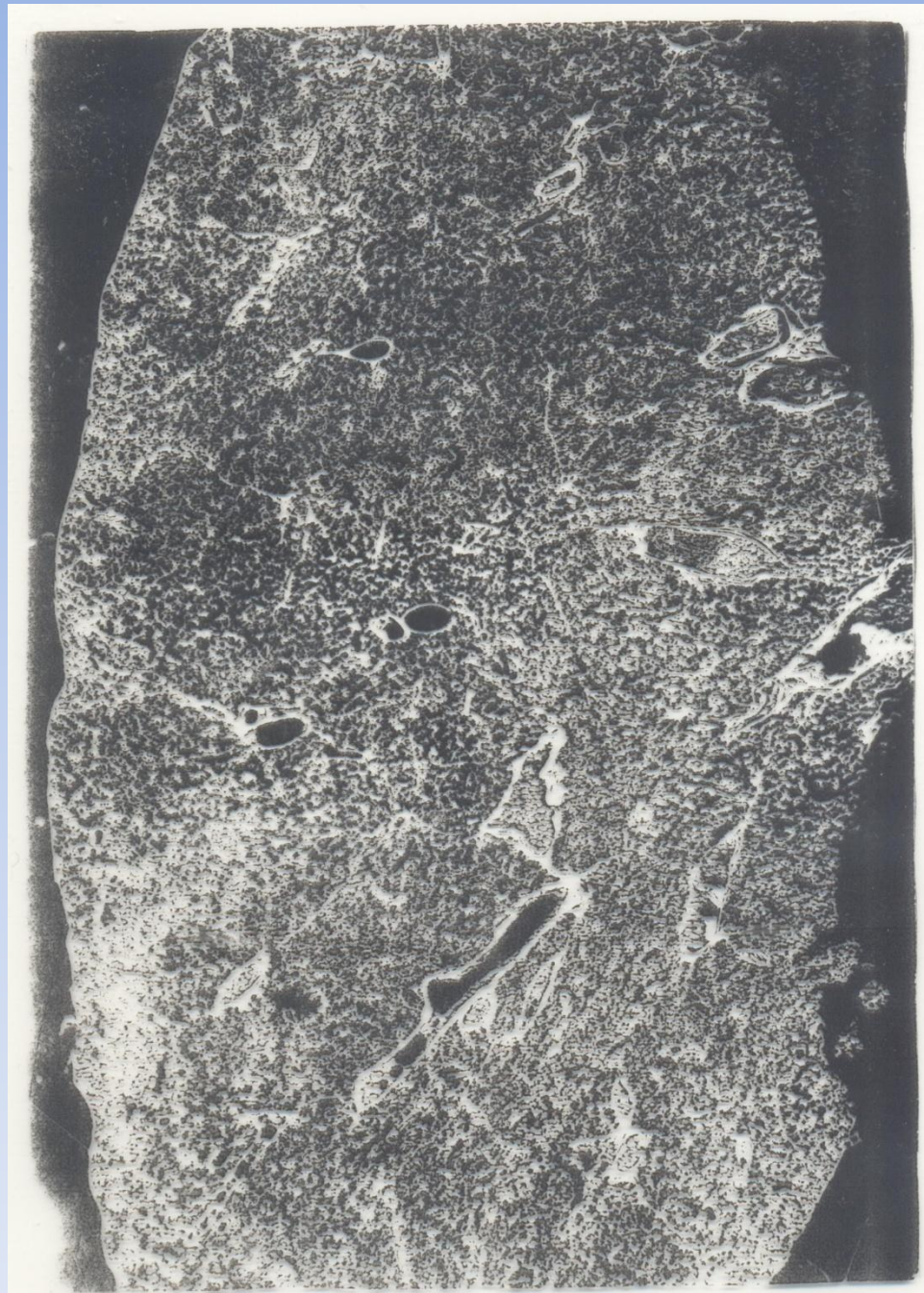
**Метаболизм липидов** при гиперлипидемии → синтез

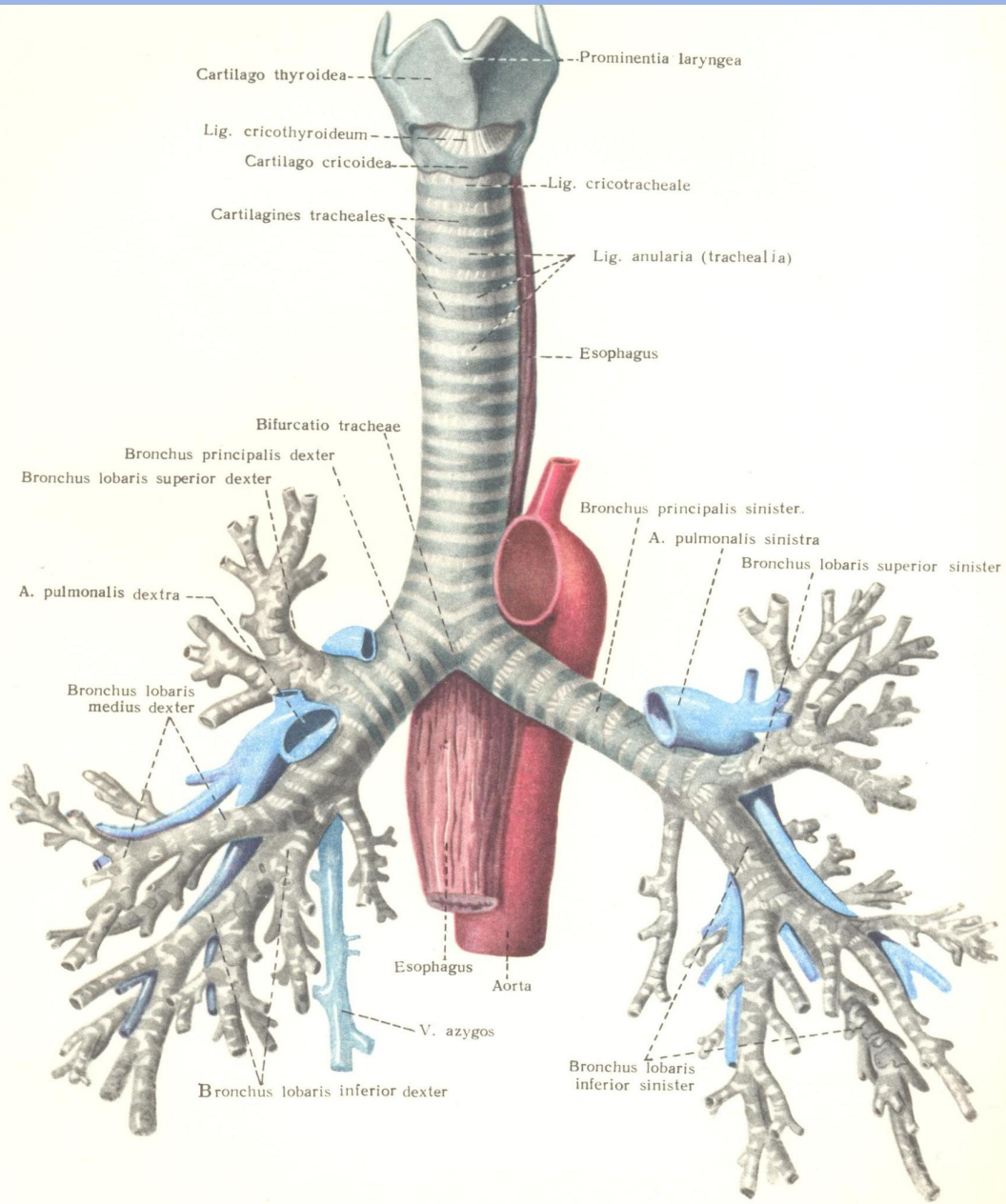
сурфактанта

**Барьерная** по отношению к факторам внешней среды –

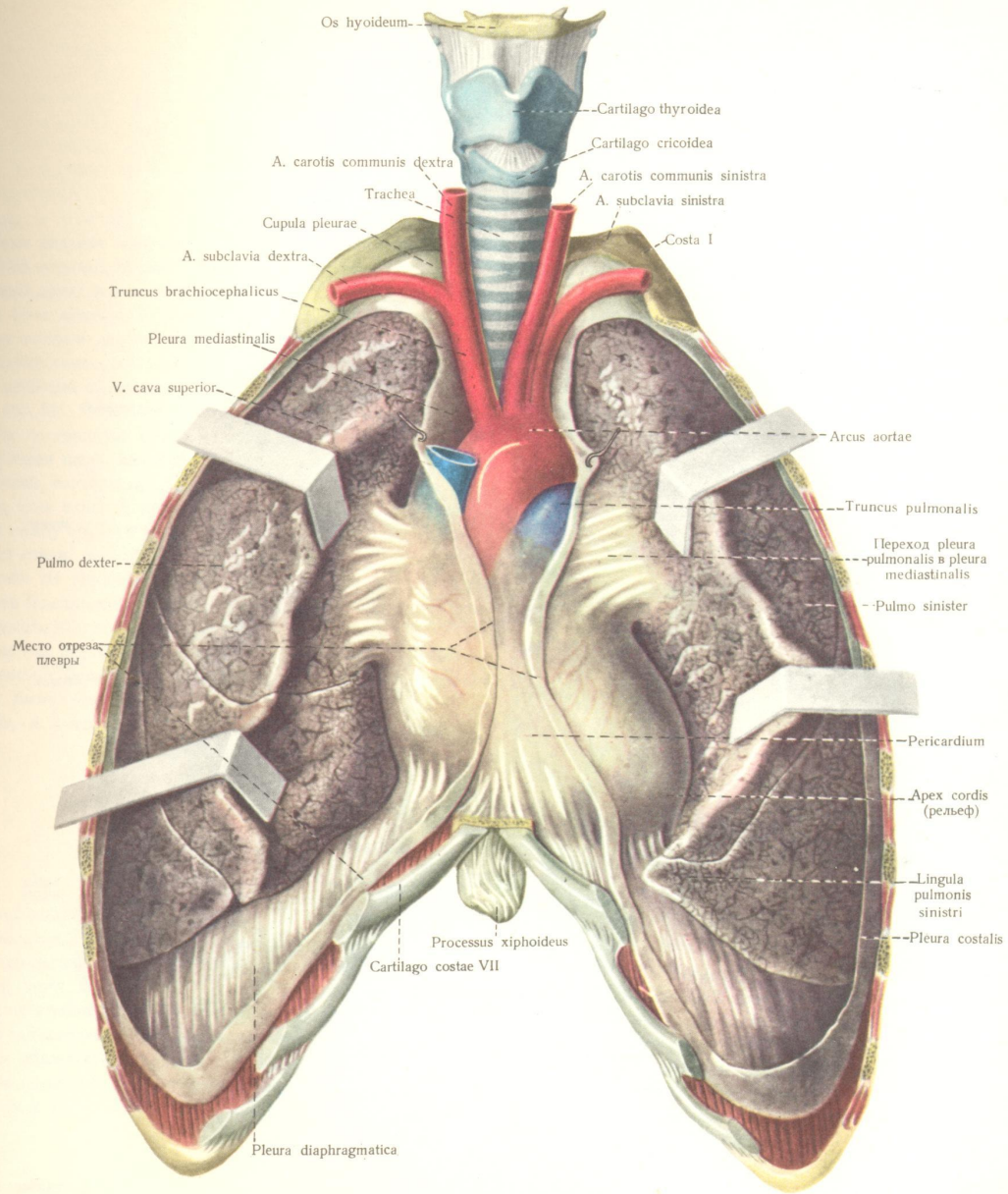
эпителий воздухоносных путей и альвеол

**Детоксикационная функция** (клетки Клара, цитохром P450)

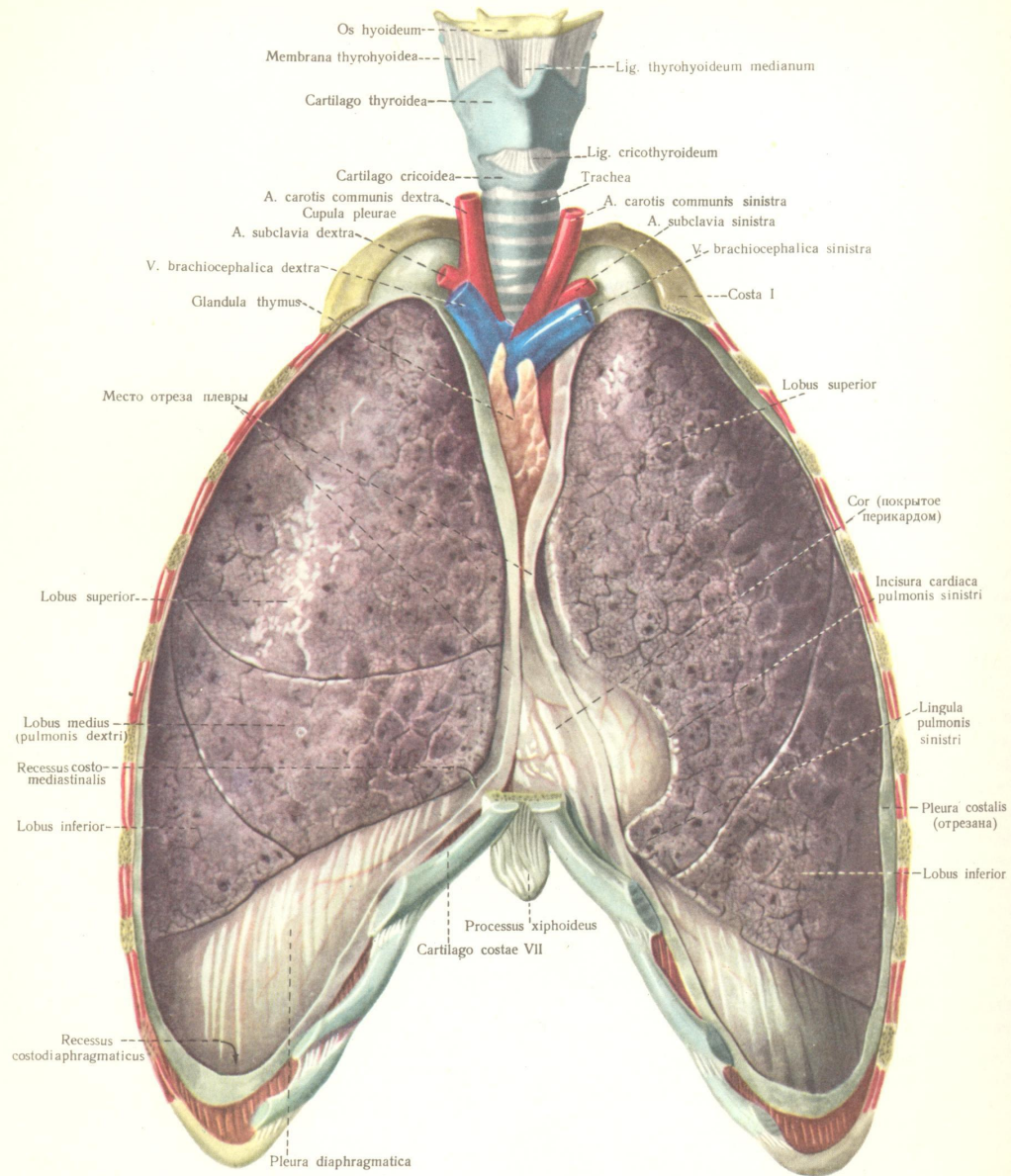




517. Трахея, trachea, и бронхи bronchi; спереди (3/4).

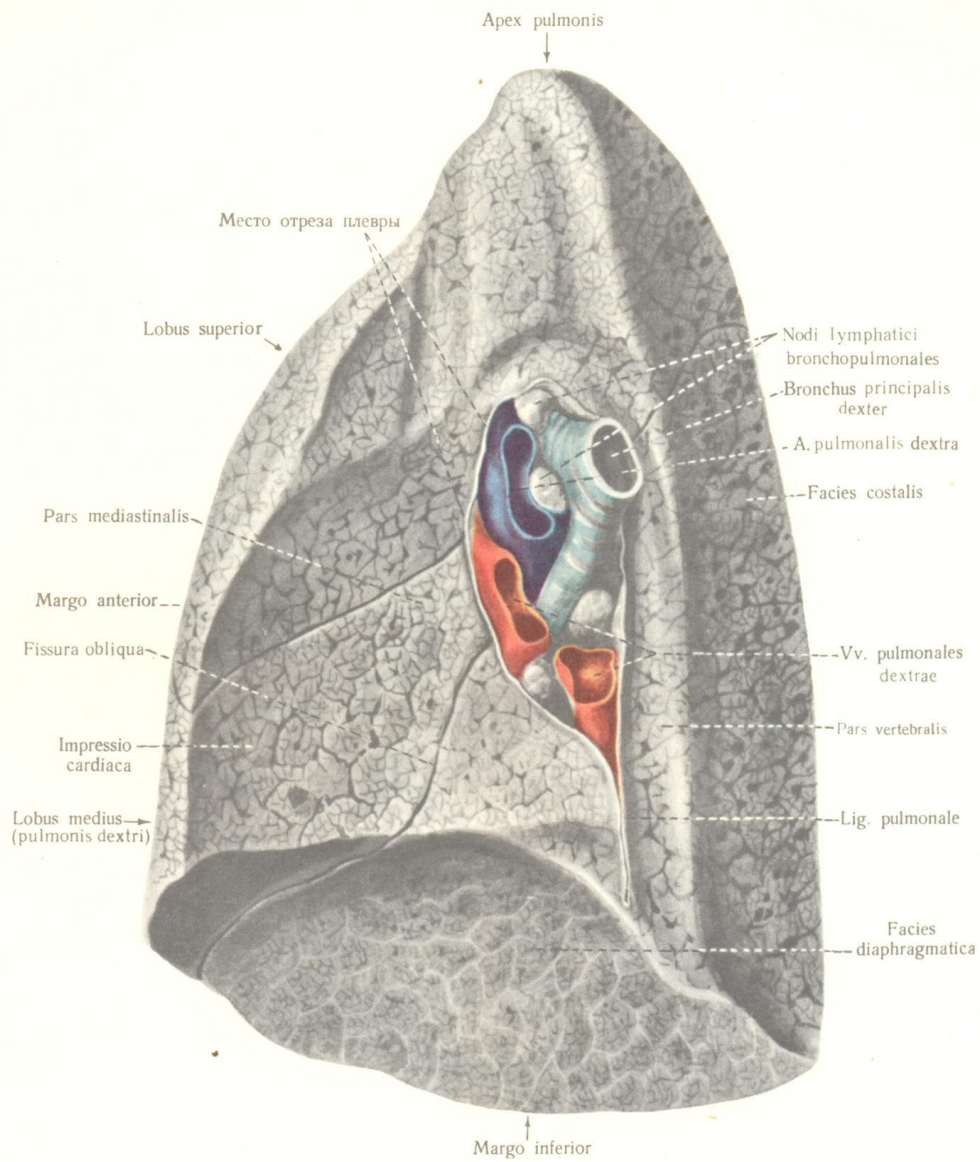


**522. Легкие, *pulmones*; спереди (2/5).**  
 (Передние края легких оттянуты; видна средостенная поверхность.)

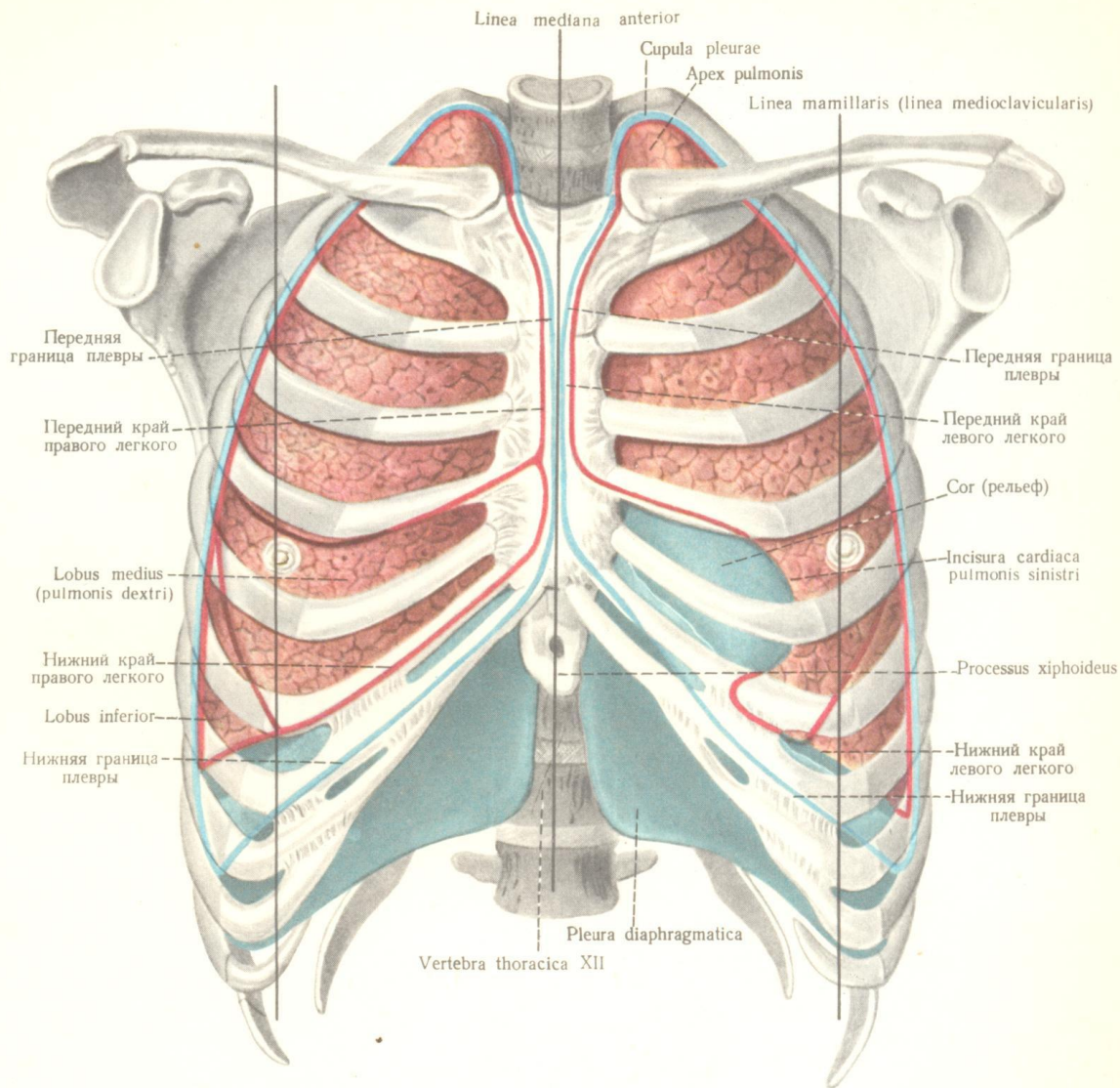


**521. Легкие, *pulmones*; спереди ( $2/5$ ).**  
 (Передне-боковые отделы стенки грудной клетки удалены.)

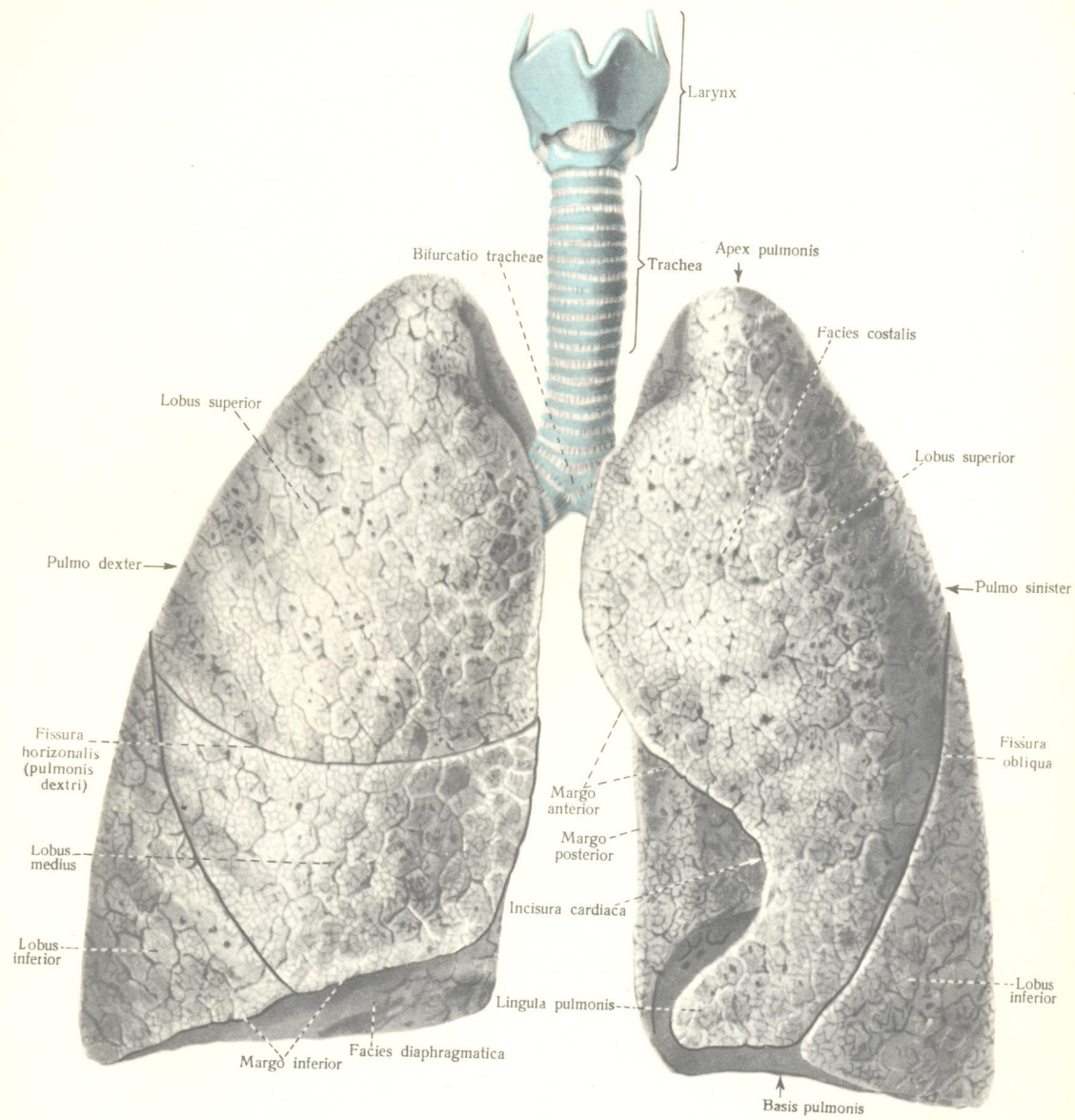




**524. Легкое, *pulmo*, правое ( $\frac{1}{2}$ ).**  
 (Медиальная поверхность, *facies medialis*. Ворота легкого, *hilus pulmonis*.)



**530.** *Границы долей легких и плевры; спереди (полусхематично) (1/3).*  
 (Проекция границ на скелет грудной клетки. Плевра синего цвета. Красная линия – границы долей легких, синяя линия – границы плевры.)



523. Легкие, *pulmones*; спереди ( $2/5$ ).

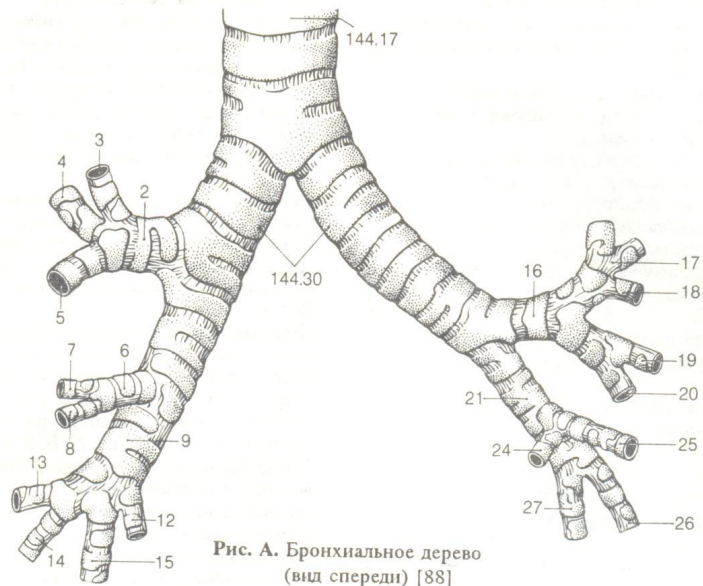


Рис. А. Бронхиальное дерево  
(вид спереди) [88]

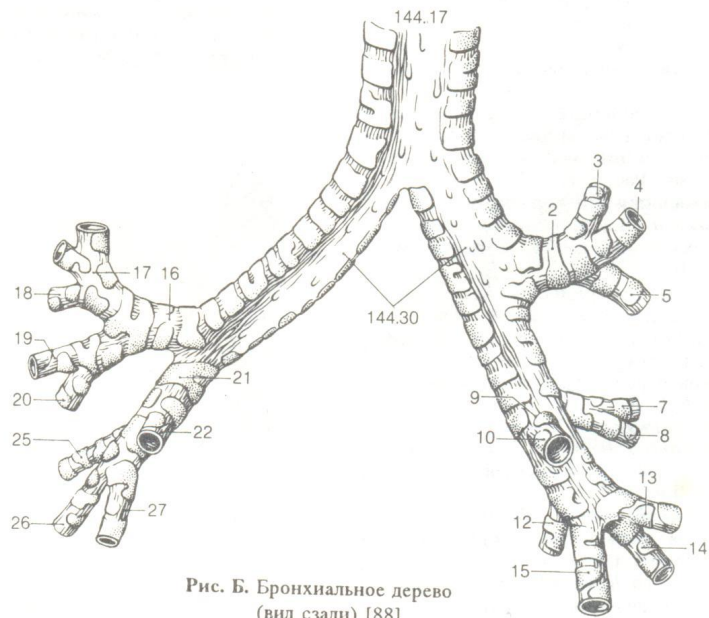
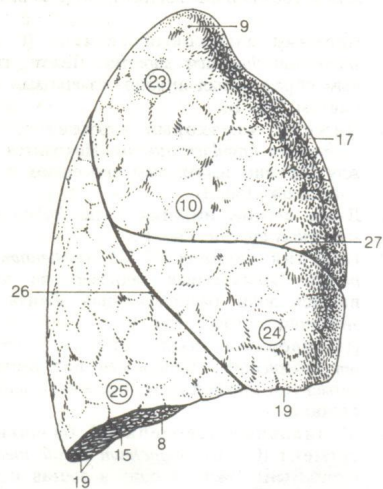
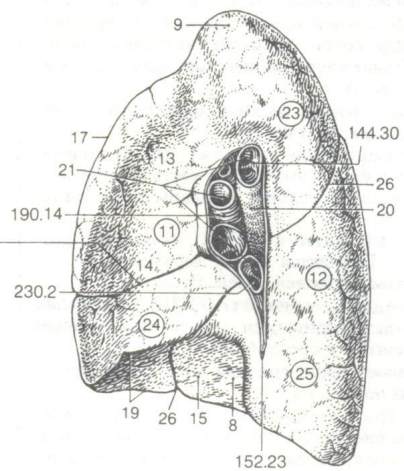


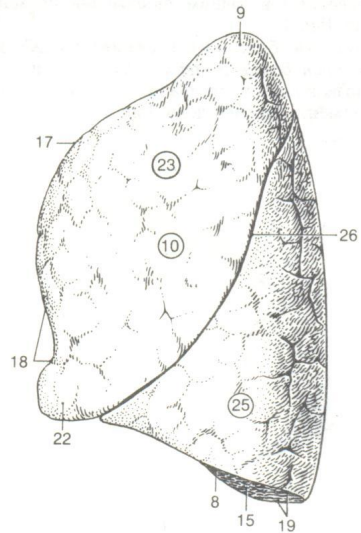
Рис. Б. Бронхиальное дерево  
(вид сзади) [88]



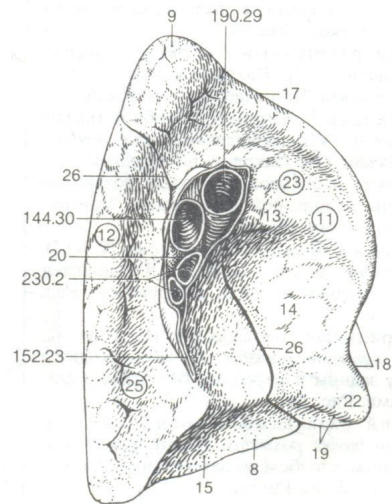
**Рис. А. Правое легкое**  
(вид с латеральной стороны)



**Рис. Б. Правое легкое**  
(вид с медиальной стороны)



**Рис. В. Левое легкое**  
(вид с латеральной стороны)



**Рис. Г. Левое легкое**  
(вид с медиальной стороны)

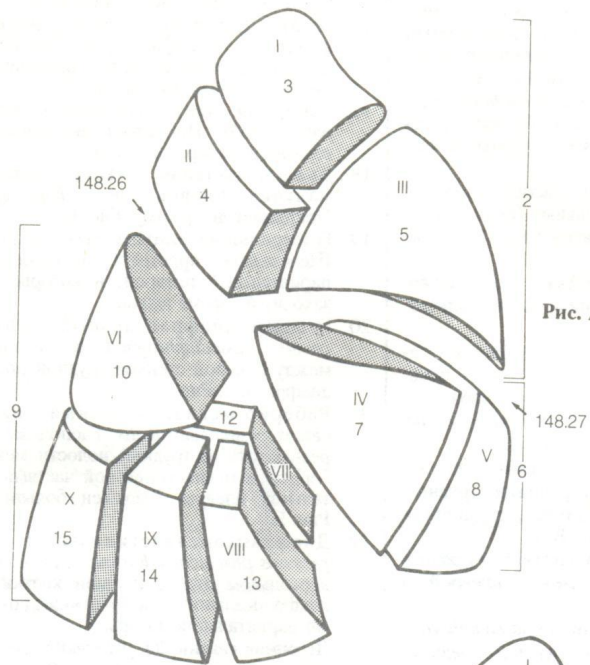


Рис. А. Сегменты правого  
легкого [6, 43, 72, 90]

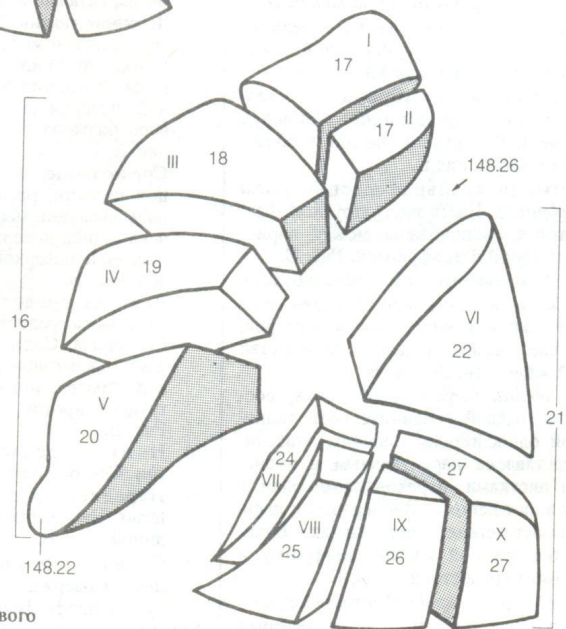


Рис. Б. Сегменты левого  
легкого [6, 43, 72, 90]

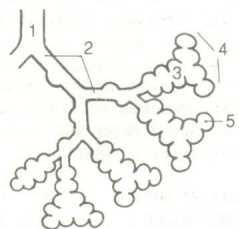


Рис. А. Бронхиолы и альвеолярные ходы (схема)

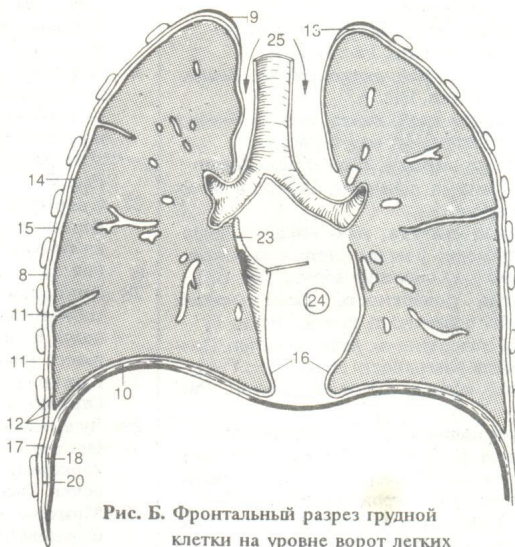


Рис. Б. Фронтальный разрез грудной клетки на уровне ворот легких

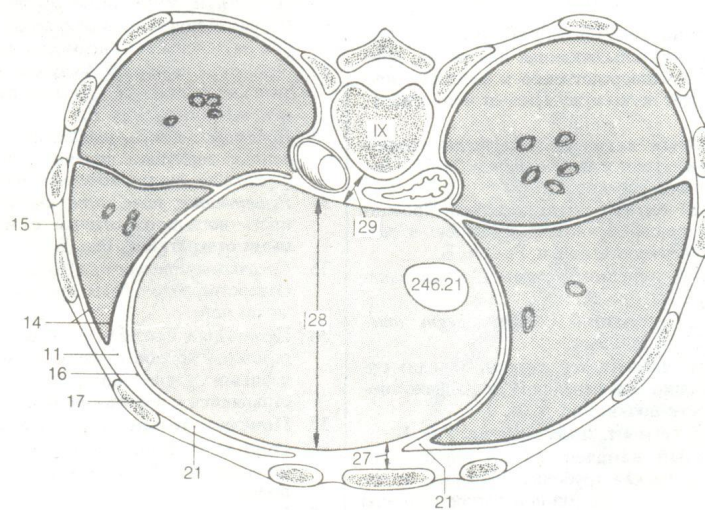


Рис. В. Горизонтальный разрез грудной клетки на уровне девятого грудного позвонка (вид снизу)

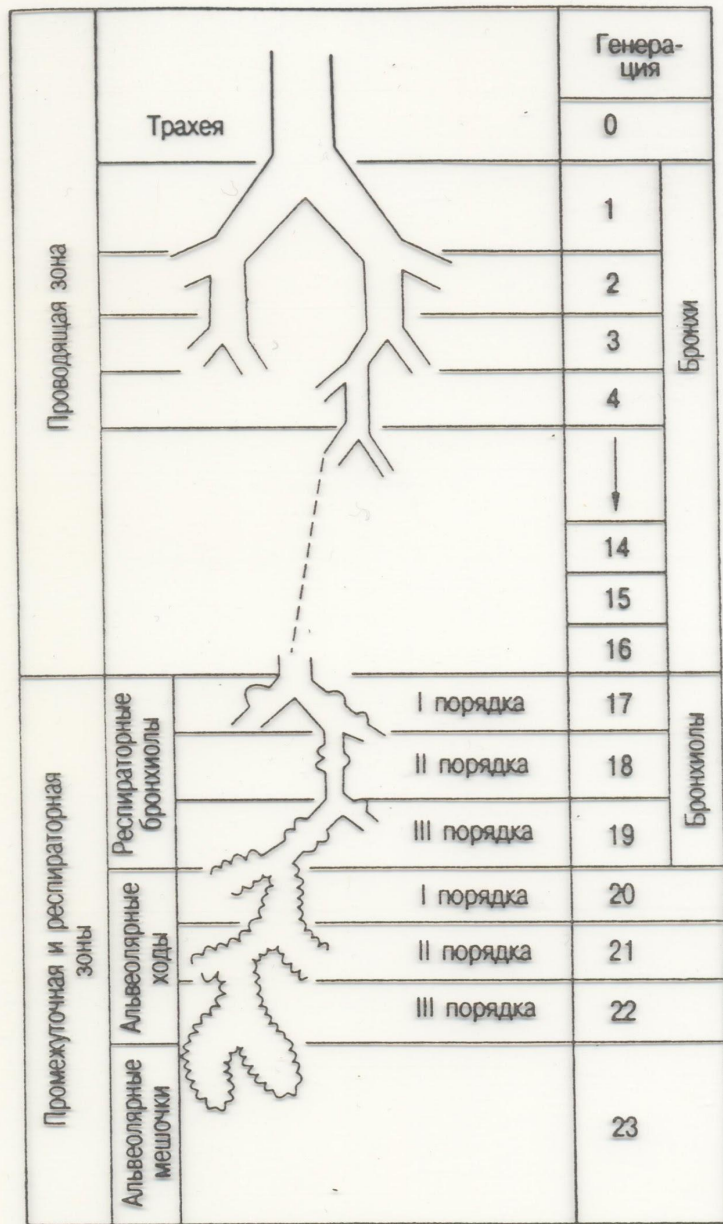
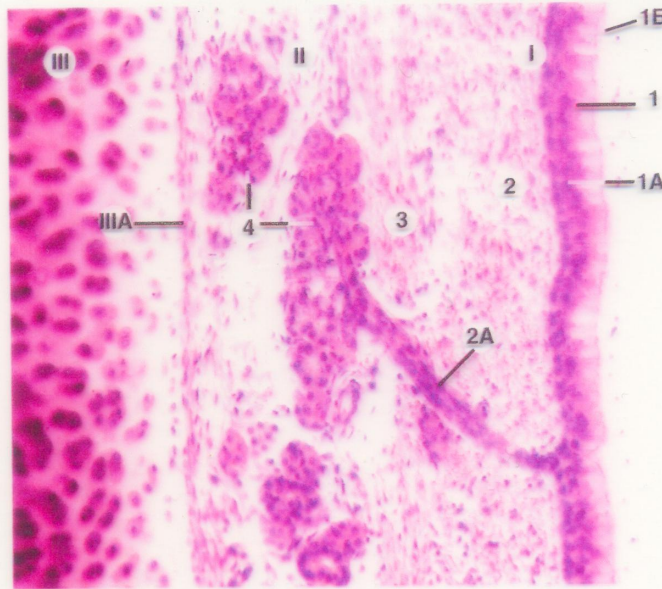


Рис. 2.1. Строение дыхательных путей [Weibel E.R., 1970].



б) Среднее увеличение: **слизистая оболочка и подслизистая основа**



I — СЛИЗИСТАЯ ОБОЛОЧКА

1 — многоядный мерцательный эпителий  
и в нем:

1А — ядра эпителиоцитов, лежащие на  
трех разных уровнях;

1Б — реснички на апикальной поверх-  
ности многих клеток.

2 — собственная пластинка и в ней:  
кровеносные сосуды и  
2А — выводные протоки желез;

3 — единичные гладкие миоциты.

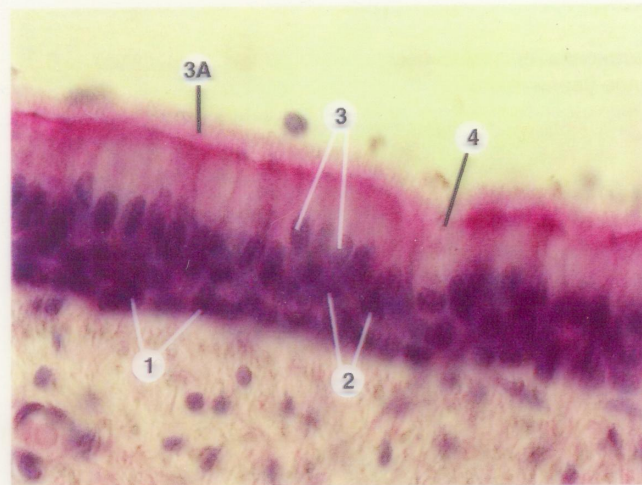
II — ПОДСЛИЗИСТАЯ ОСНОВА и в ней:

4 — концевые отделы желез трахеи.

III — ФИБРОЗНО-ХРЯЩЕВАЯ ОБОЛОЧКА,

IIIA — надхрящница.

в) Большое увеличение: **эпителий трахеи** (см. также рис.83,в)



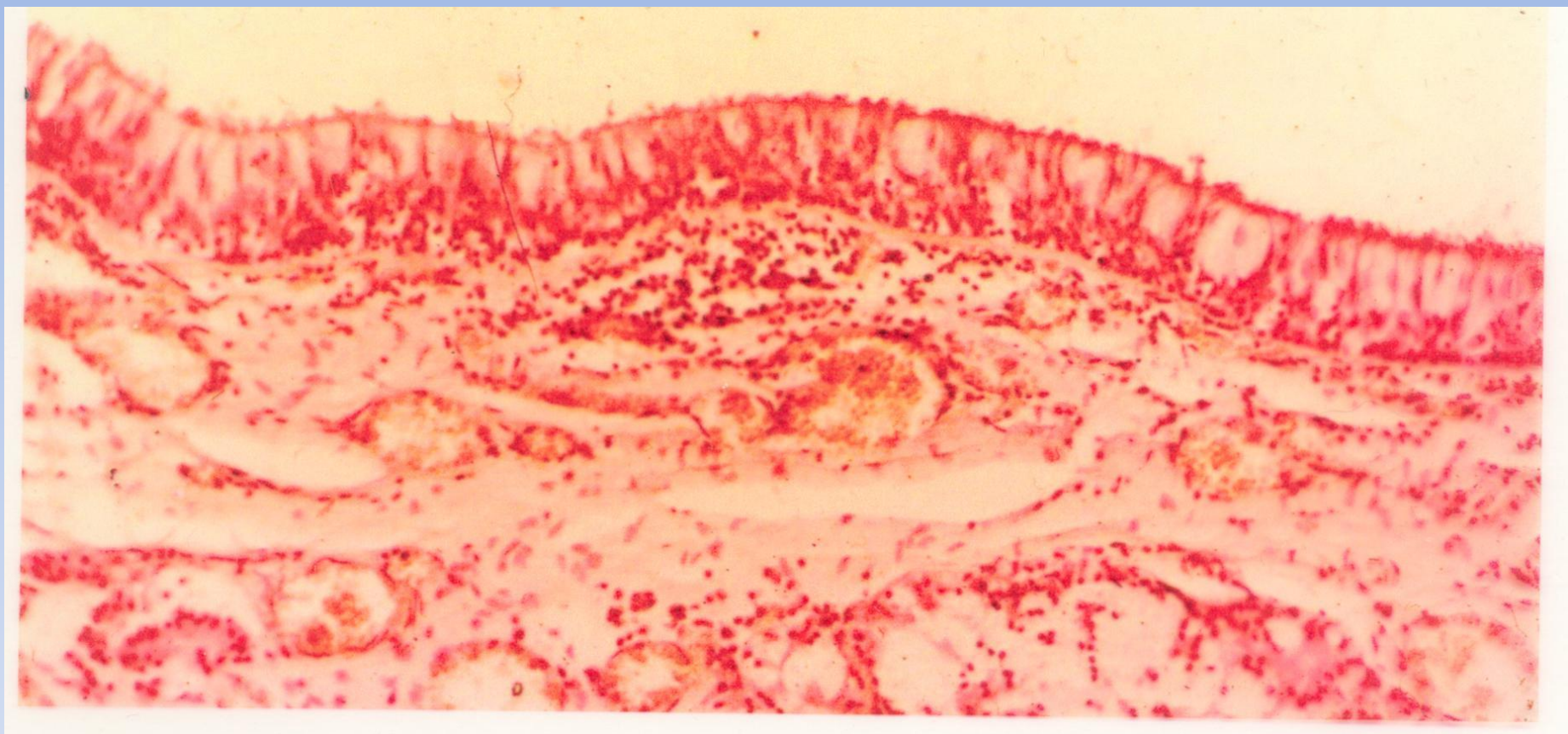
1 — нижний ряд ядер; в основном, это ядра ба-  
зальных клеток;

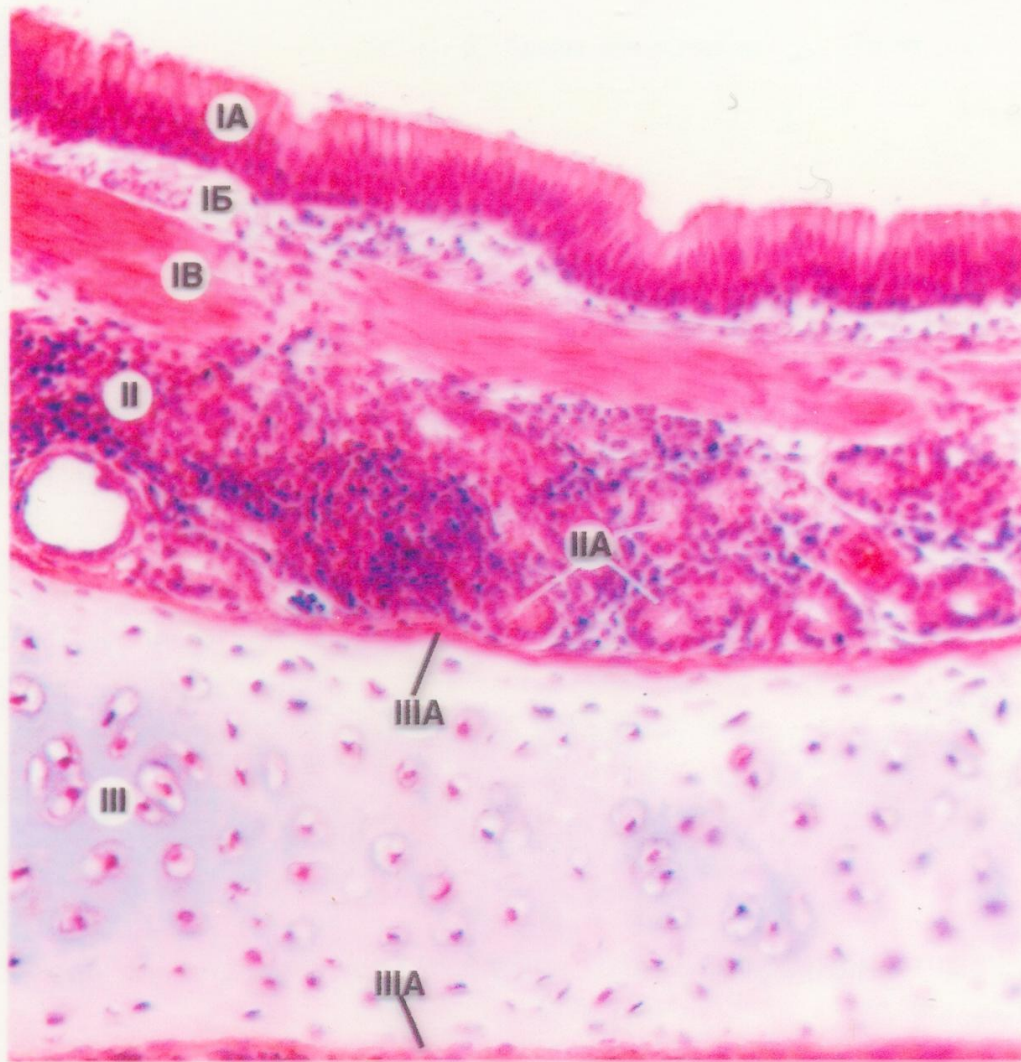
2 — средний ряд ядер: ядра длинных вставоч-  
ных клеток;

3 — верхний ряд ядер: ядра реснитчатых клеток;  
3А — реснички на апикальной поверхности  
этих клеток;

4 — бокаловидные клетки.

Прочие клетки (эндокриноциты, М-клетки, клет-  
ки Лангерганса и щеточные клетки) различить  
на световом уровне не удастся.





1 — просвет крупного внутрилегочного бронха.

### СЛИЗИСТАЯ ОБОЛОЧКА

IA — многорядный мерцательный эпителий: его толщина немного ниже, чем в трахее.

IB — собственная пластинка;

IB — мышечная пластинка.

II — ПОДСЛИЗИСТАЯ ОСНОВА и в ней:

IIA — концевые отделы желез

III — ФИБРОЗНО-ХРЯЩЕВАЯ ОБОЛОЧКА:

гиалиновый хрящ и

IIIA — надхрящница.

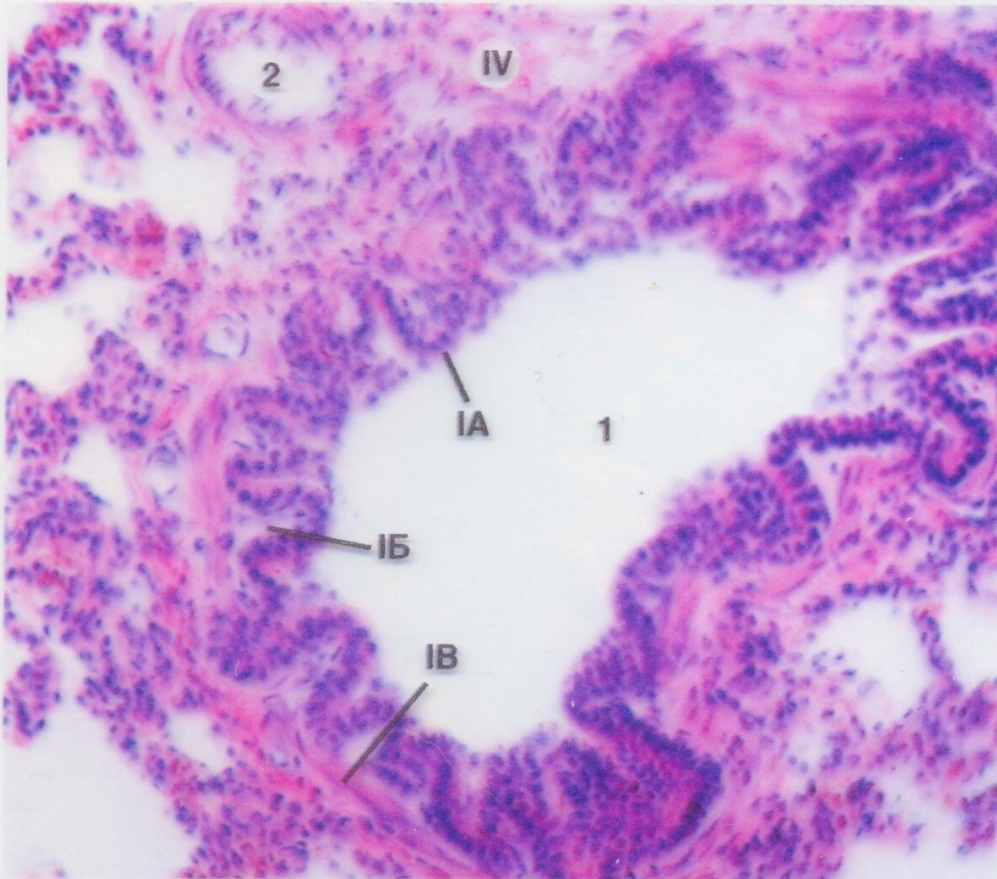
IV — АДВЕНТИЦИАЛЬНАЯ ОБОЛОЧКА и в ней:

IVA — нервный ствол.

2 — артерия, прилегающая к стенке бронха.

## Рис. 306. Легкое. Мелкий бронх

Окраска гематоксилином и эозином



1 — просвет мелкого бронха.

В его стенке нет

- а) подслизистой основы с железами и
- б) хрящевых пластинок.

**СЛИЗИСТАЯ ОБОЛОЧКА:**

IA — двухрядный мерцательный эпителий,

IB — тонкая собственная пластинка,

IV — выраженная мышечная пластинка.

**IV — АДВЕНТИЦИАЛЬНАЯ ОБОЛОЧКА**

2 — кровеносный сосуд, входящий в сосудисто-бронхиальный пучок.

## Особенности строения

### стенки воздухоносных путей на разных уровнях

#### ветвления бронхов

Бронхи	Хрящ	Эпителий	Мышечный слой	Бронхиальные железы
<u>Хрящевые:</u> главные, долевые, сегментарные, субсегментарные 1-4 генерации	+	Многорядный, много бокаловидных клеток	Тонкая мышечная пластинка	+
<u>Нехрящевые:</u> 5-15 генерации	Бронхи 1,5-2 мм в $\varnothing$ , не имеют хряща	Уменьшение рядности, исчезновение бокаловидных клеток	Увеличение относительной толщины мышечного слоя	Постепенное исчезновение, $\varnothing$ 1,5-2 мм, 1 железа на $1\text{мм}^2$ площади слизистой оболочки
Терминальные бронхиолы $\varnothing$ 0,5-0,6 мм	Нет	Однорядный, клетки Клара, щёточные клетки?	Выражен	Нет

**ТАБЛИЦА 12-1** ■ Сводная таблица гистологического строения дыхательной системы

Отделы дыхательной системы	Области	Опорные структуры (скелет)	Железы	Эпителий	Реснички	Бокаловидные клетки	Специальные особенности
Полость носа	Преддверие	Гиалиновый хрящ	Сальные и потовые	Многослойный плоский ороговевающий	—	—	Вибрисы
	Дыхательная область	Кость и гиалиновый хрящ	Белково-слизистые	Многорядный призматический	+	+	Большое венозное сплетение
	Обонятельная область	Носовые раковины (кость)	Железы Боумена	Многорядный реснитчатый призматический	+	—	Базальные, поддерживающие и обонятельные клетки; нервные волокна
Глотка	Носоглотка	Мышца	Белково-слизистые	Многорядный реснитчатый призматический	+	+	Глоточная миндалина; евстахиева труба
	Ротоглотка	Мышца	Белково-слизистые	Многослойный плоский неороговевающий	—	—	Нёбные миндалины
Гортань		Гиалиновый и эластический хрящи	Слизистые и белково-слизистые	Многослойный плоский неороговевающий и многорядный реснитчатый призматический	+	+	Голосовые связки; надгортанник; единичные вкусовые почки
Трахея		C-образные кольца гиалинового хряща	Слизистые и белково-слизистые	Многорядный реснитчатый призматический	+	+	Мышца трахеи; большое количество эластических волокон в собственной пластинке слизистой оболочки формирует пластинку на границе слизистой оболочки и подслизистой основы
Главные бронхи		Замкнутые кольца гиалинового хряща	Слизистые и белково-слизистые	Многорядный реснитчатый призматический	+	+	Большое количество эластических волокон в собственной пластинке слизистой оболочки формирует пластинку на границе слизистой оболочки и подслизистой основы

**ТАБЛИЦА 12–1** ■ Сводная таблица гистологического строения дыхательной системы (окончание)

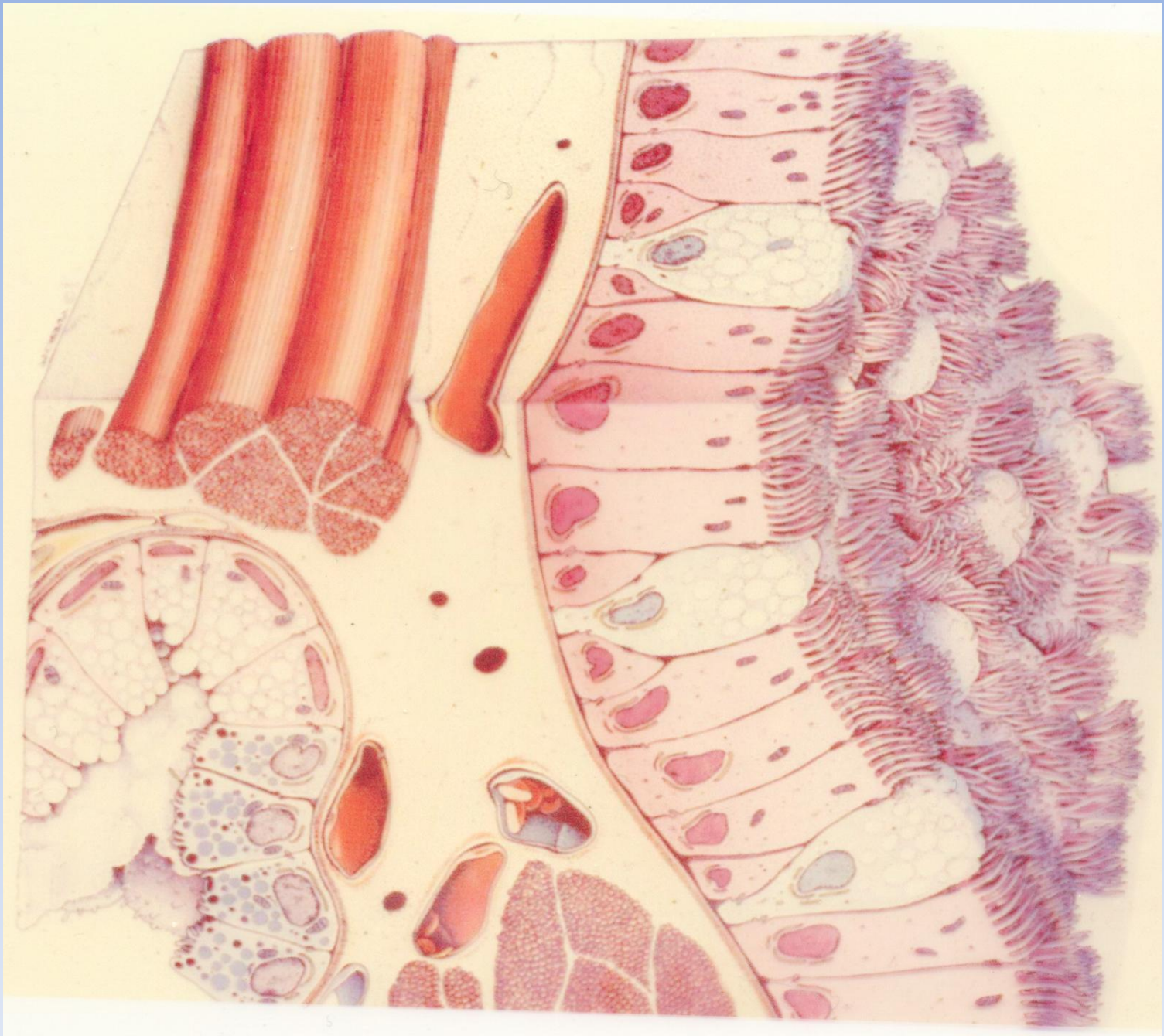
Отделы дыхательной системы	Области	Опорные структуры (скелет)	Железы	Эпителий	Реснички	Бокаловидные клетки	Специальные особенности
Внутрилёгочные бронхи	Крупные бронхи	Пластинки гиалинового хряща	Белково-слизистые	Многорядный реснитчатый призматический	+	+	Мышечная пластинка состоит из двух спиралевидно ориентированных лент гладкомышечных клеток
	Средние бронхи	Островки эластического хряща	Белково-слизистые	Многорядный реснитчатый призматический	+	+	Мышечная пластинка состоит из двух спиралевидно ориентированных лент гладкомышечных клеток
	Мелкие бронхи	Пучки гладкомышечных клеток	—	От однослойного двухрядного призматического до однослойного кубического	+	Немногочисленные	
	Терминальная бронхиола	Пучки гладкомышечных клеток	—	Однослойный кубический	У некоторых клеток	—	Диаметр <0,5 мм; клетки Клара
Респираторный отдел	Респираторная бронхиола	Отдельные пучки гладкомышечных клеток	—	Однослойный кубический и однослойный плоский	У некоторых клеток	—	В стенке появляются альвеолы
	Альвеолярный ход	В устьях альвеол имеются небольшие пучки гладкомышечных клеток — пуговичные утолщения	—	Однослойный плоский	—	—	Многочисленные альвеолы; пневмоциты I типа; пневмоциты II типа; пылевые клетки
	Альвеолы	—	—	Однослойный плоский	—	—	Пневмоциты I типа; пневмоциты II типа; пылевые клетки

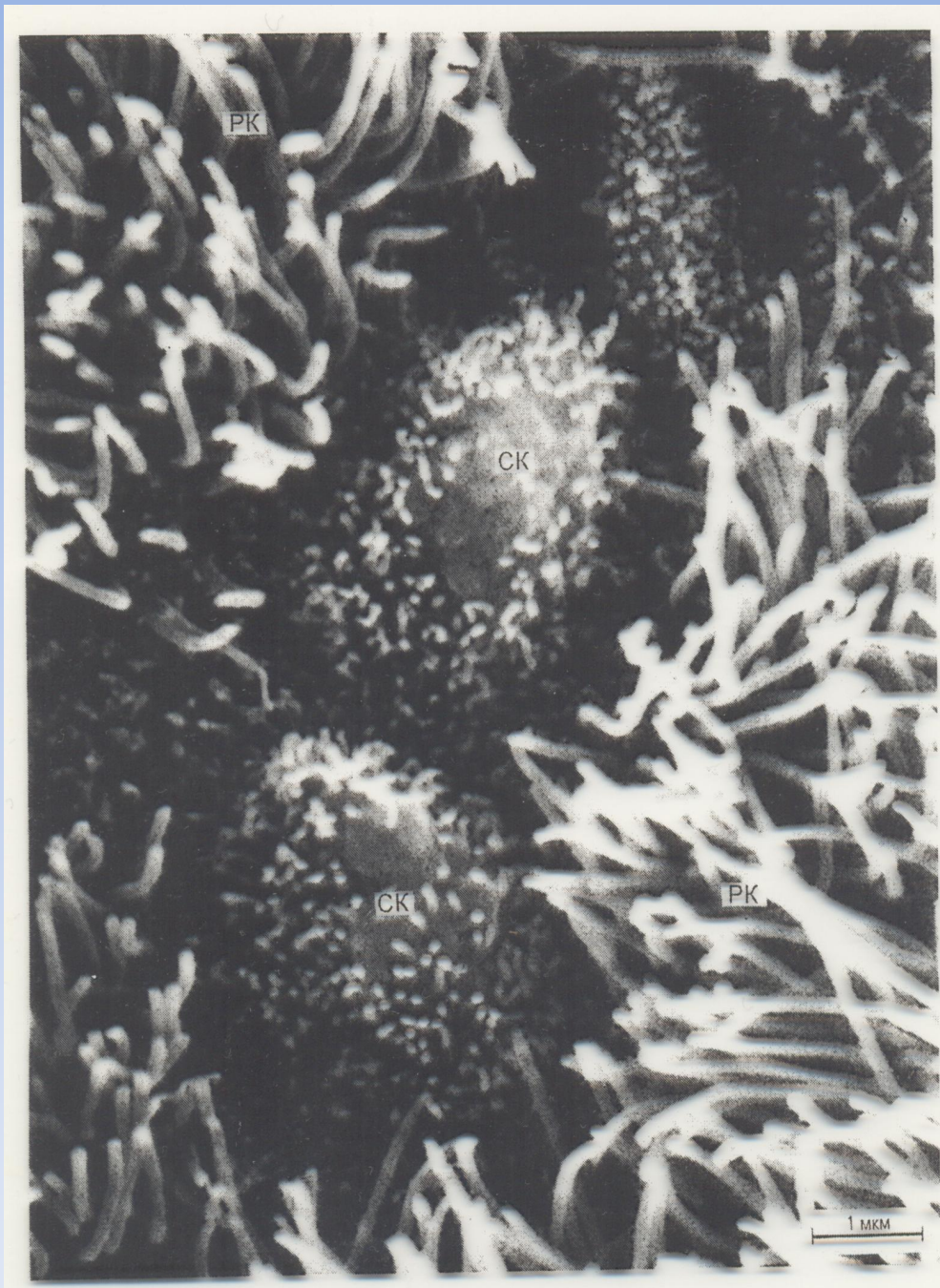
# Трахеобронхиальная выстилка

(J. Forrest, R. Lee, 1991)

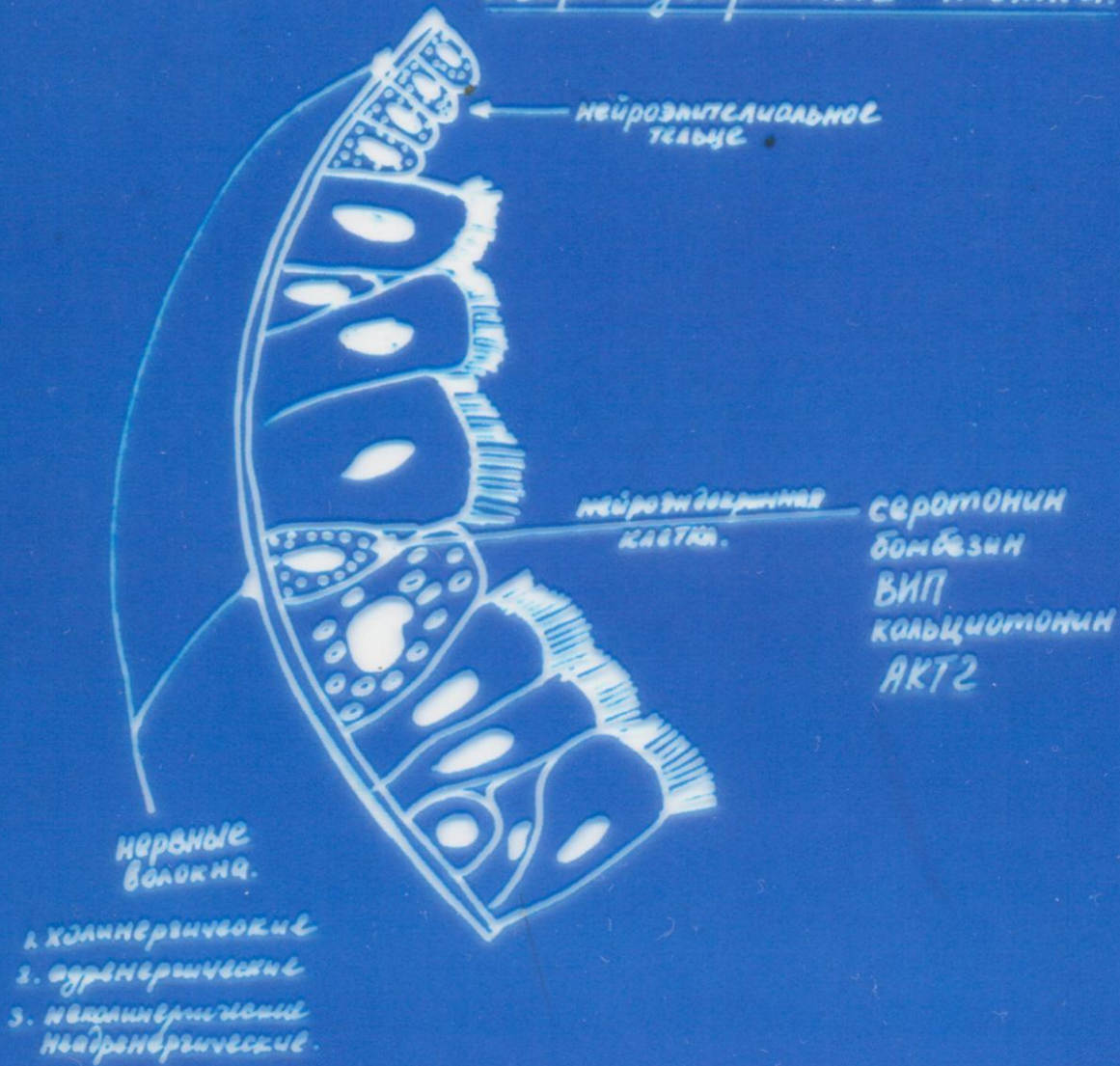
1. Реснитчатые клетки
2. Секреторные бокаловидные
3. Промежуточные (переходные)
4. Базальные
5. Нейроэндокринные
6. “Щёточные” – “brush cell”.







# Нейроэндокринные клетки.



- Функция
1. хеморецепторная  
( $pO_2$  и  $pCO_2$ )
  2. секреторная

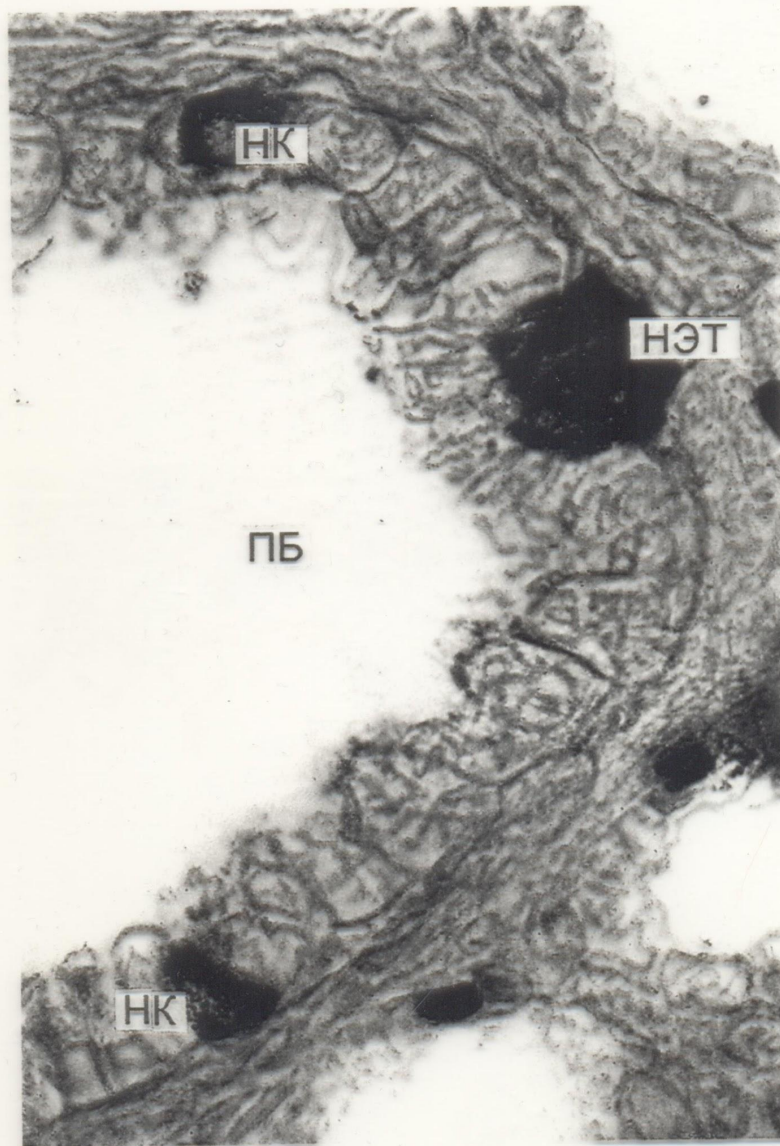


Рис. 11.5. Нейроэндокринные клетки (НЭК) и нейроэпителиальные тельца (НЭТ) в бронхе легких 26-дневного плода кролика. Импрегнация по Гримелиусу. Ув. 1000.  
ПБ — просвет бронха.

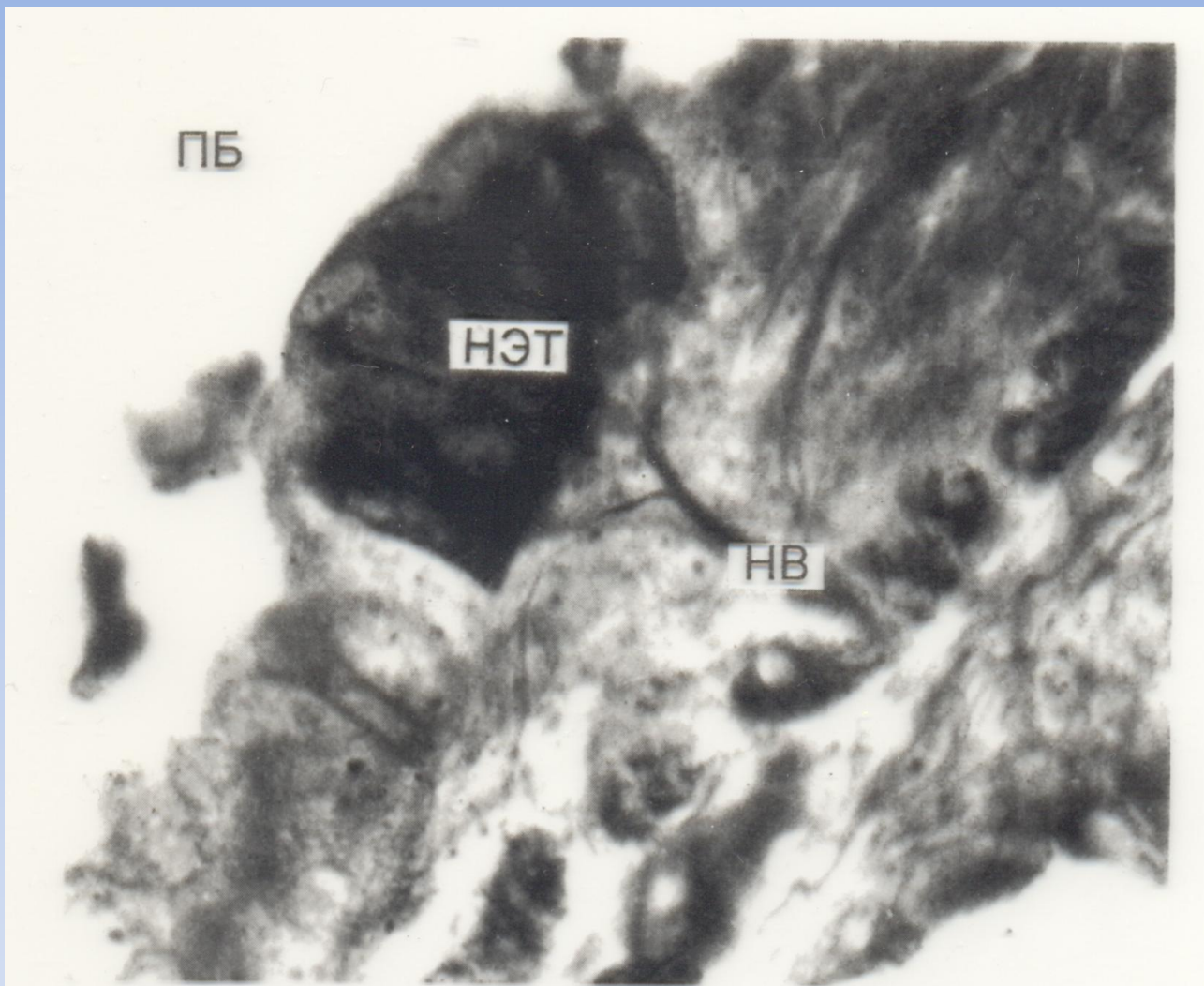
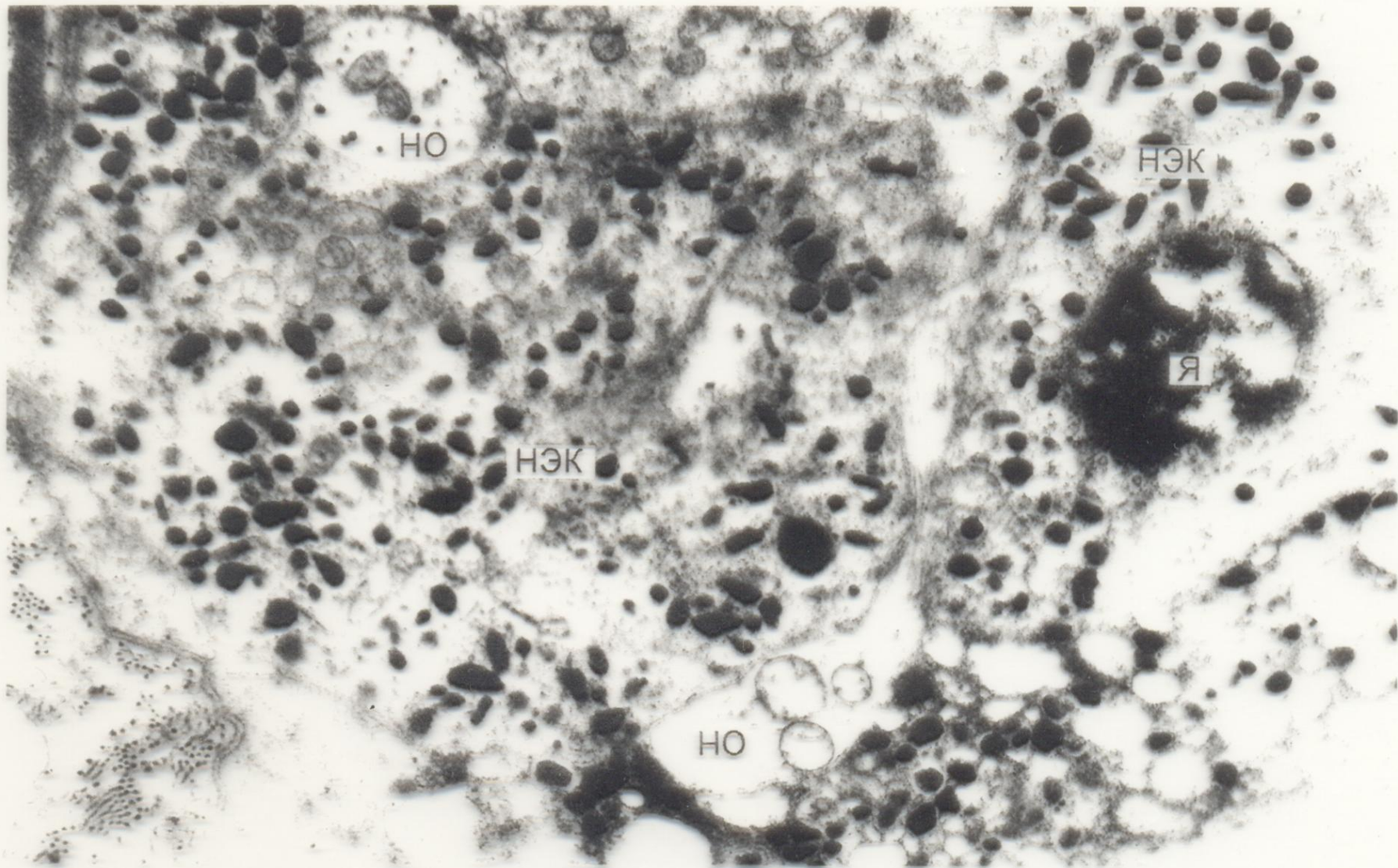


Рис. 11.8. Нервные волокна (НВ) проникают в НЭТ эпителия бронха легких взрослой крысы. Импрегнация по Гримелиусу. Ув. 1000.  
ПБ — просвет бронха.



HO

HЭК

HЭК

Я

HO

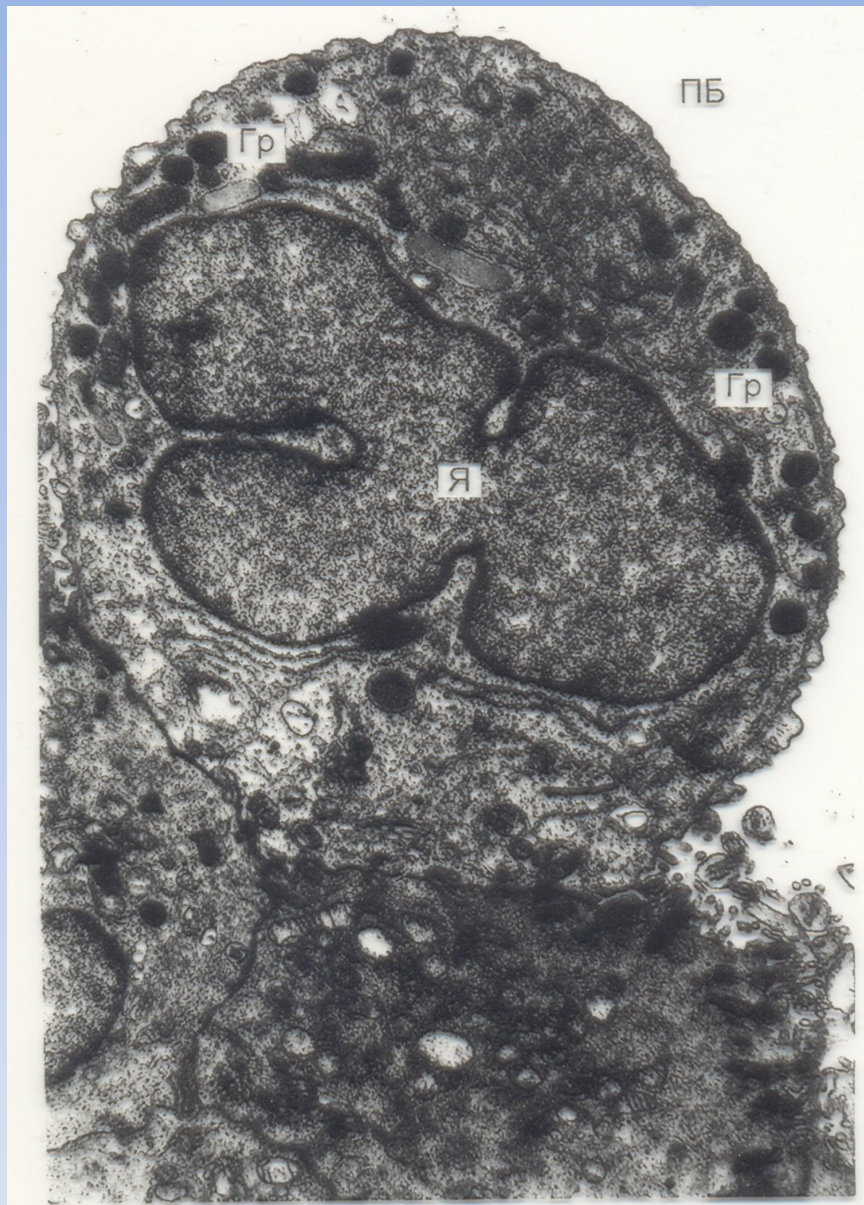


Рис. 6.9. Фрагмент секреторной клетки Клара легких взрослой крысы. ТЭМ. Ув. 10 000.

Немногочисленные электронно-плотные округлые секреторные гранулы (Гр). Я — ядро; ПБ — просвет бронхиолы.





## Бронхиальный секрет

V – от 10-50 до 100-600 мл

Бронхиальные железы

Бокаловидные клетки (1% V)

Состав: гликопротеины – муцин (60-70%);

транссудат плазменных компонентов крови,

белки, медиаторы,

клетки (макрофаги, лимфоциты, нейтрофилы).

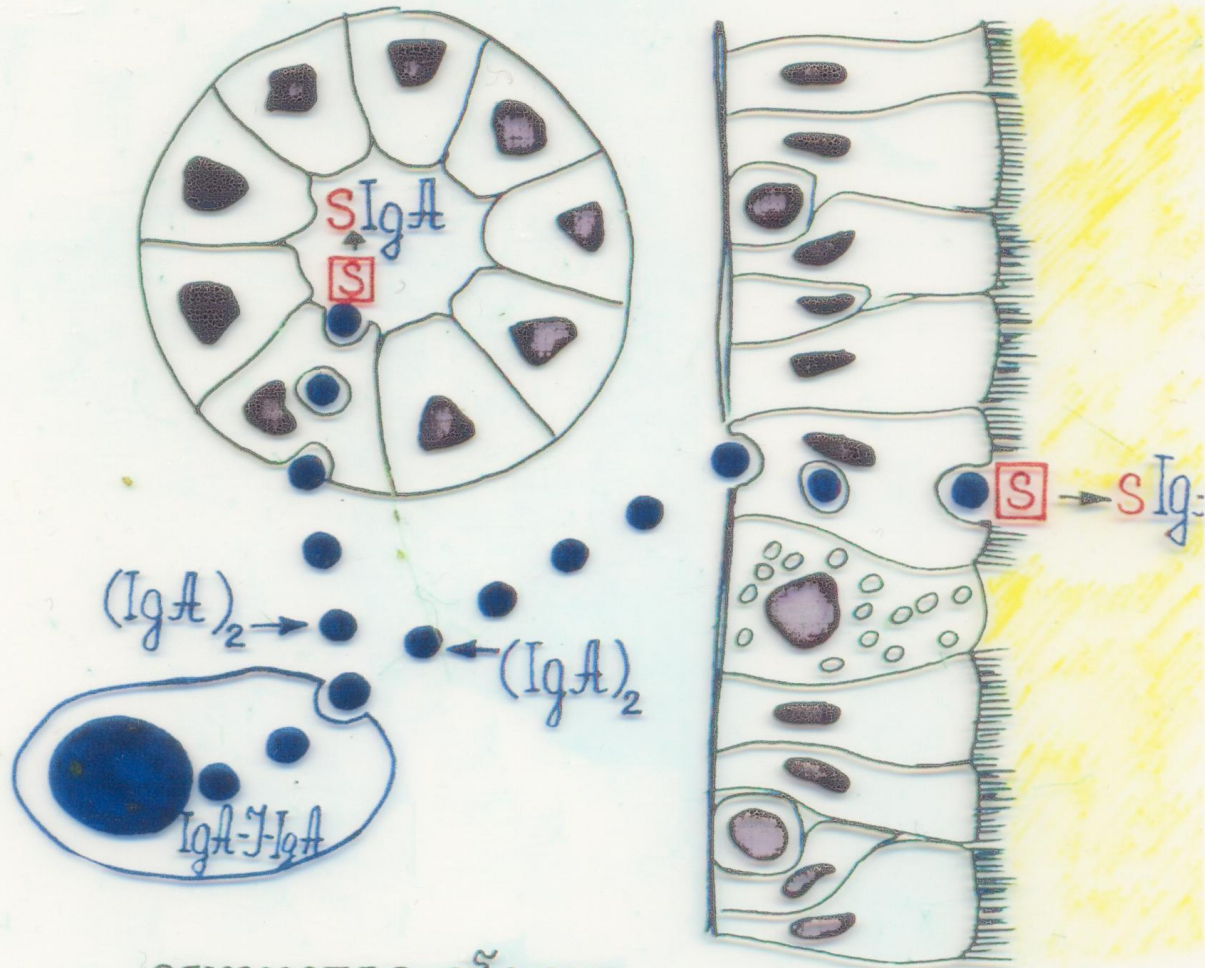
Слой бронхиального секрета:

1) жидкая фаза – покрывает эпителий;

2) слой слизи, соприкасающийся с ресничками.

В секрете содержится IgA,  $\alpha_1$ -антитрипсин.

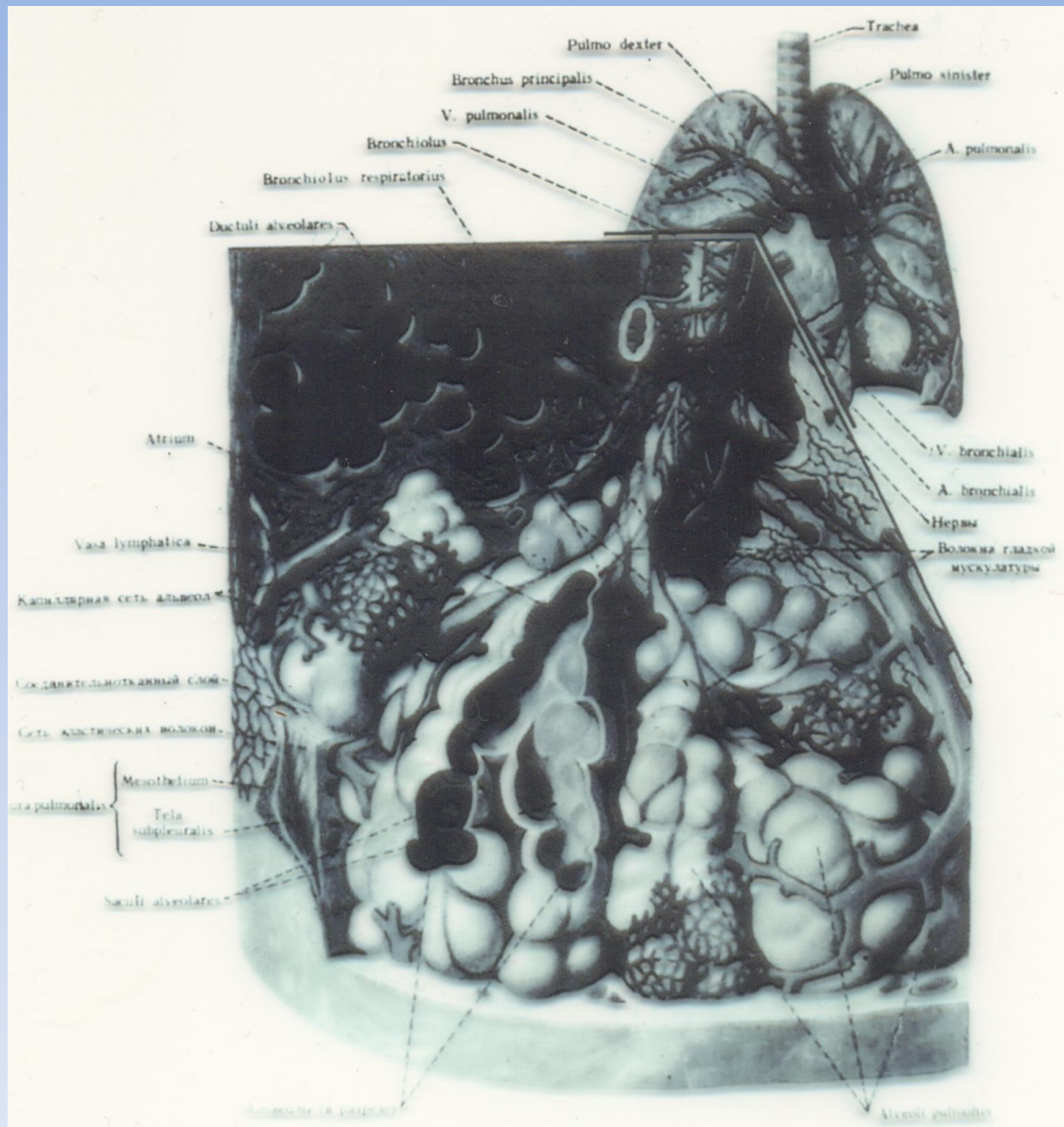
# Транспорт IgA в бронхиальный секрет.



СЛИЗИСТАЯ ОБОЛОЧКА  
БРОНХОВ

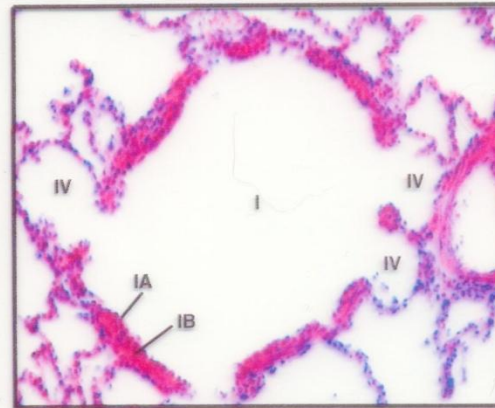
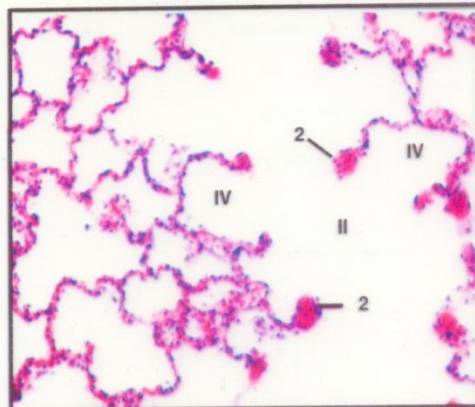
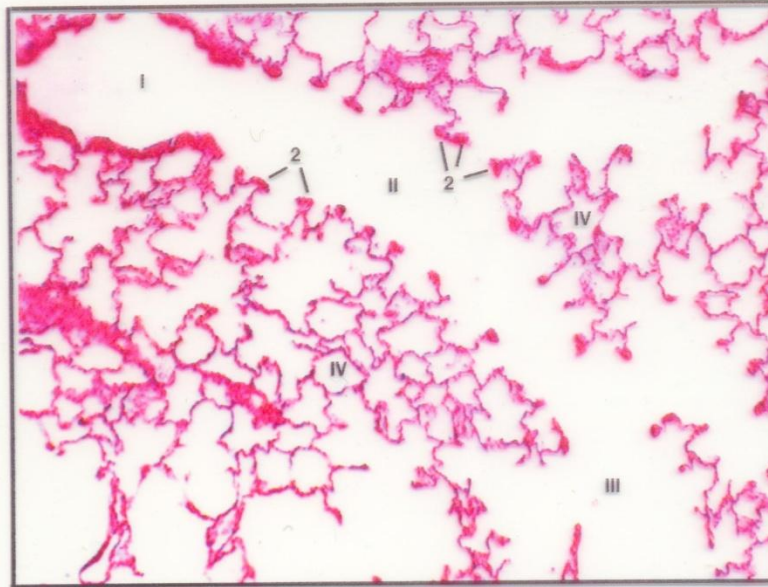
Показатели содержания иммуноглобулинов (г/л) в бронхциальном секрете БАЛ и сыворотке крови в норме (по Gellest A.R. et al, 1985)

класс иммуноглобулинов	БАЛ	бронхциальный секрет	сыворотка крови
Ig G	0,86	86	12,2
Ig A	0,8	80	3,1
Ig M	отсутствует	отсутствует	1,6



### Рис. 309. Легкое

Окраска гематоксилином и эозином  
а-в) Малое, среднее и большое увеличения

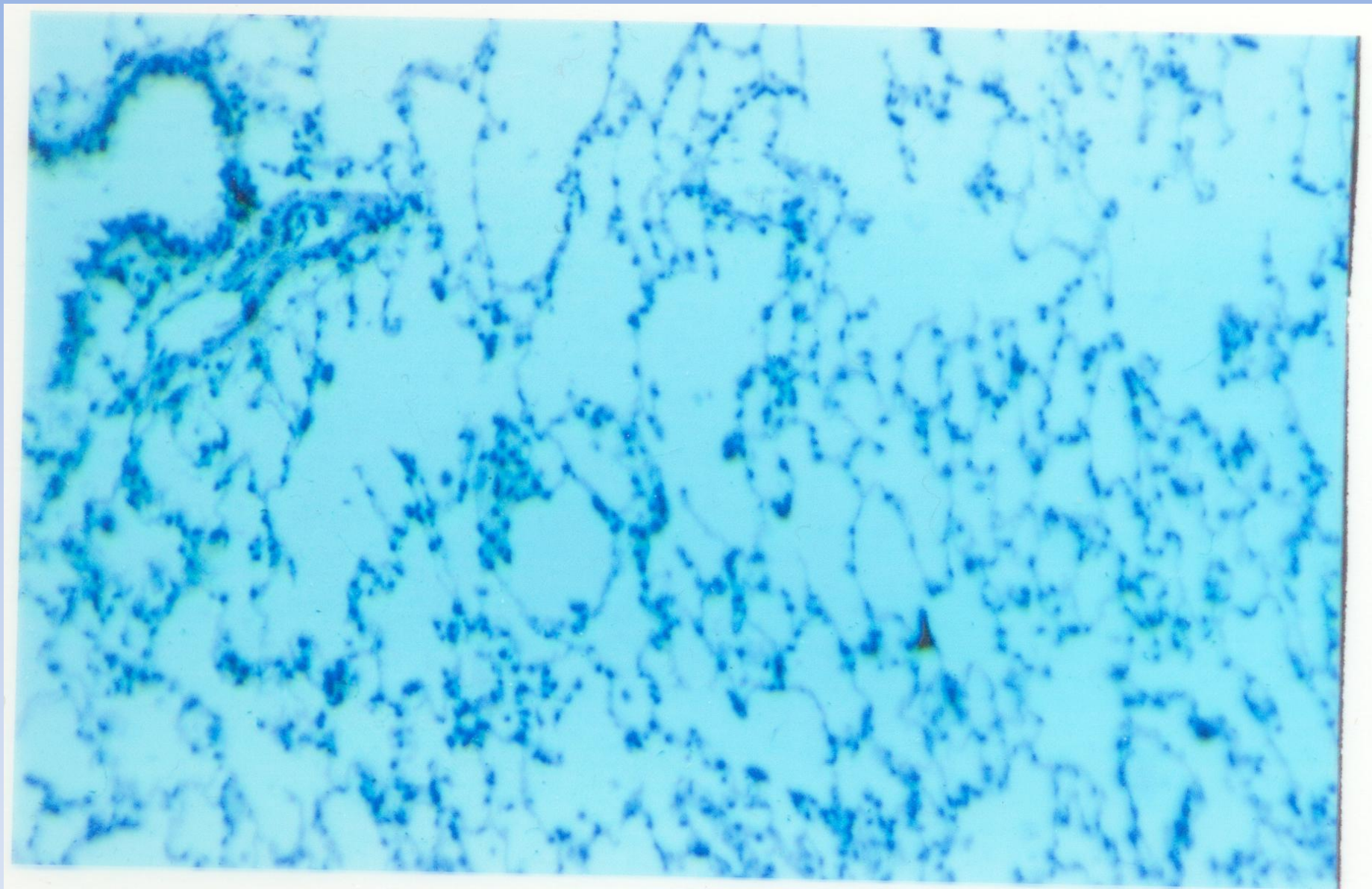


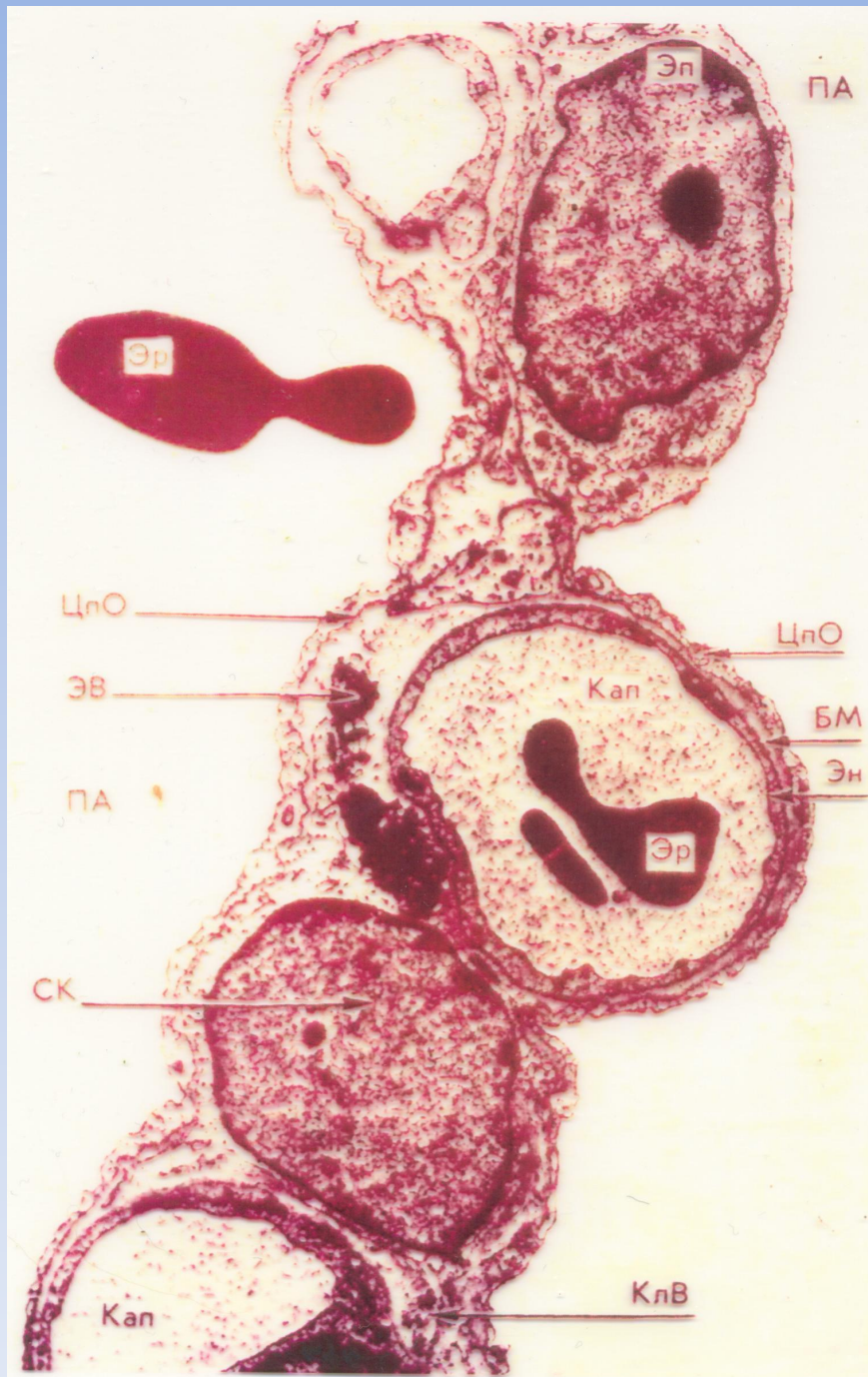
I — РЕСПИРАТОРНАЯ БРОНХИОЛА. От терминальной бронхиолы (ТБ) отличается тем, что в ее стенку открываются альвеолы. Состав стенки как у ТБ:

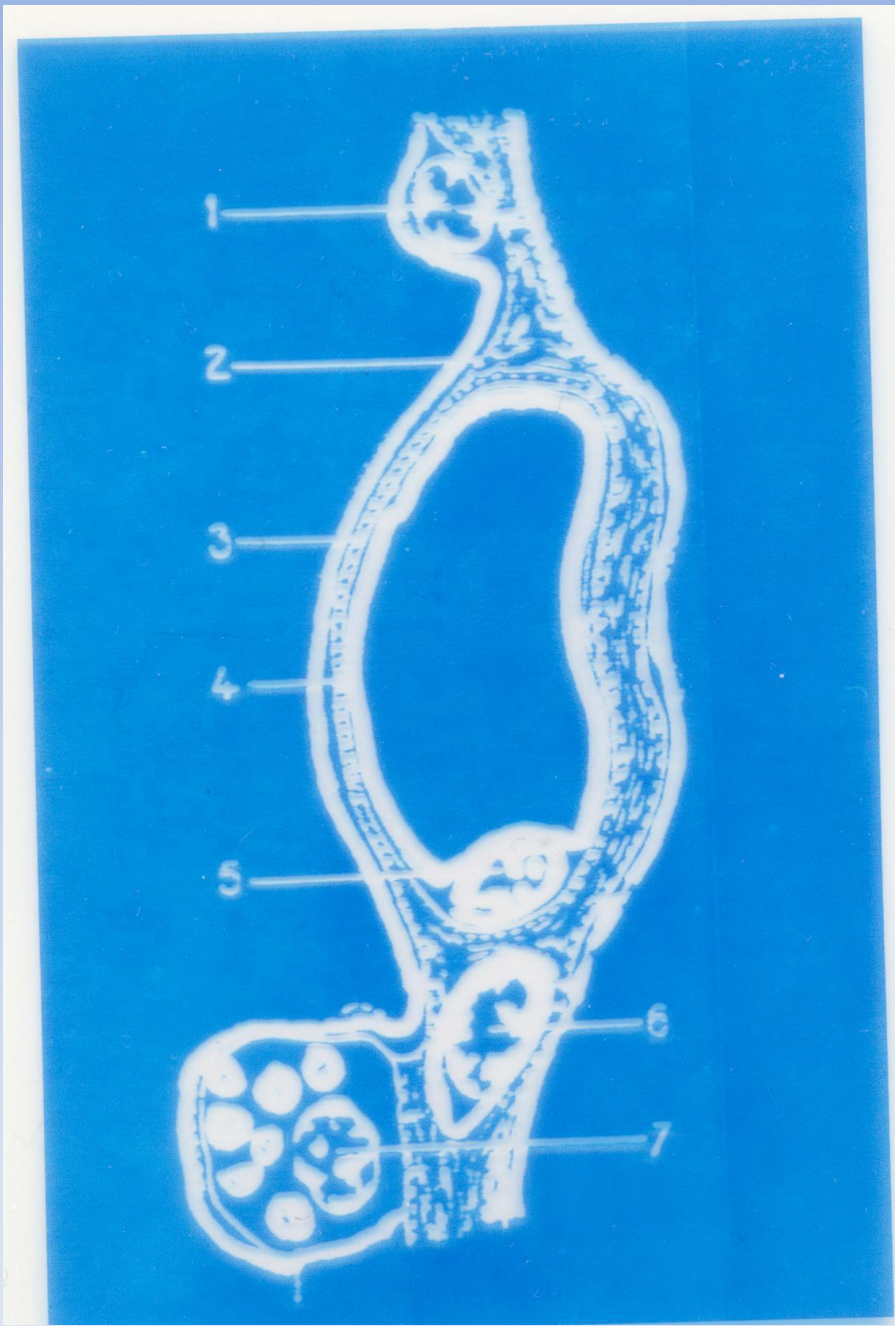
- а) однородный кубический эпителий (IA),
- б) тонкая пластинка соединительной ткани,
- в) отдельные гладкие миоциты (IB).

II — АЛЬВЕОЛЯРНЫЙ ХОД. В его стенке альвеолы расположены практически вплотную друг к другу. Между их устьями: 2 — «пуговки», т.е. короткие утолщения стенки.

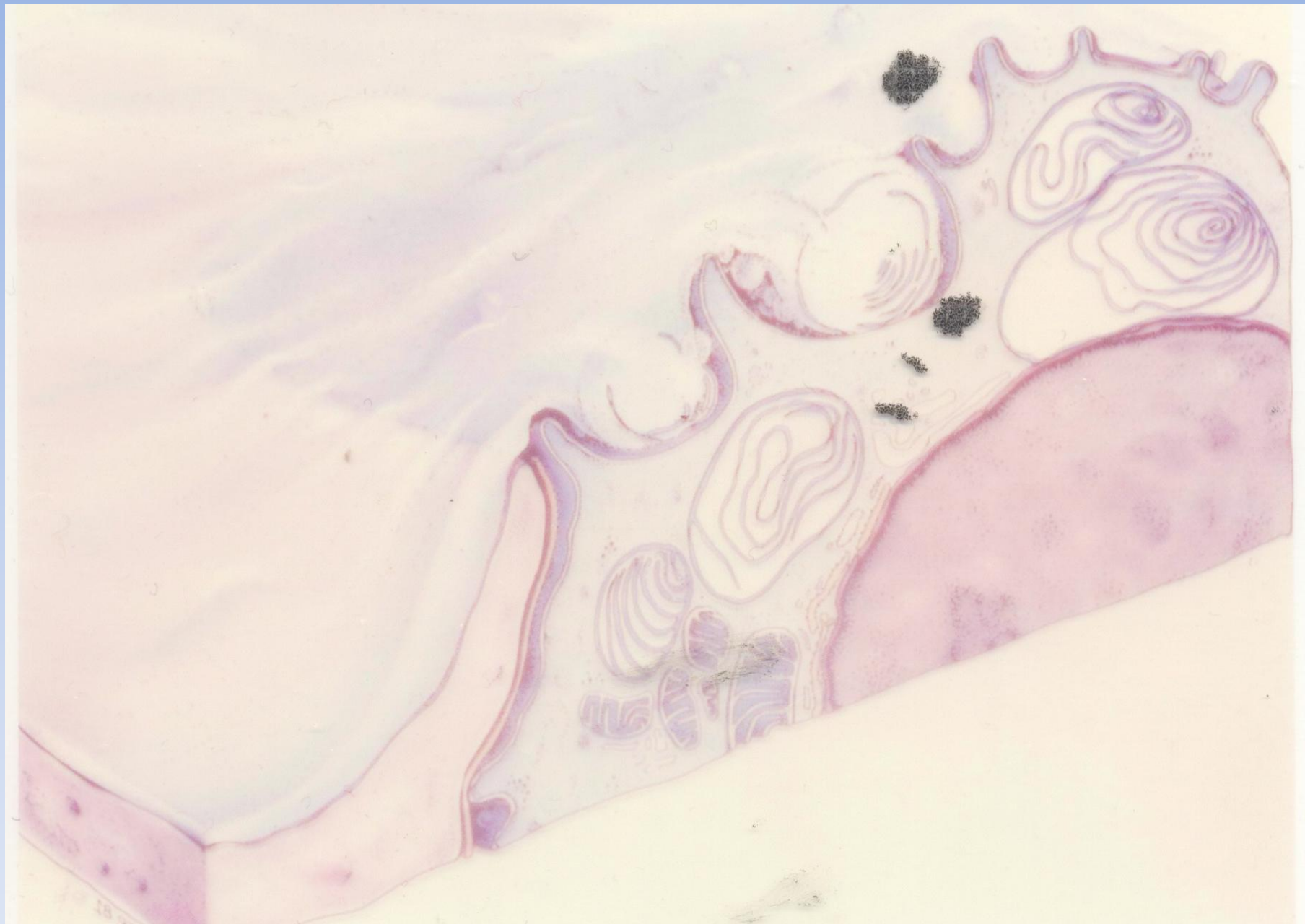
(Продолжение - на следующей странице)











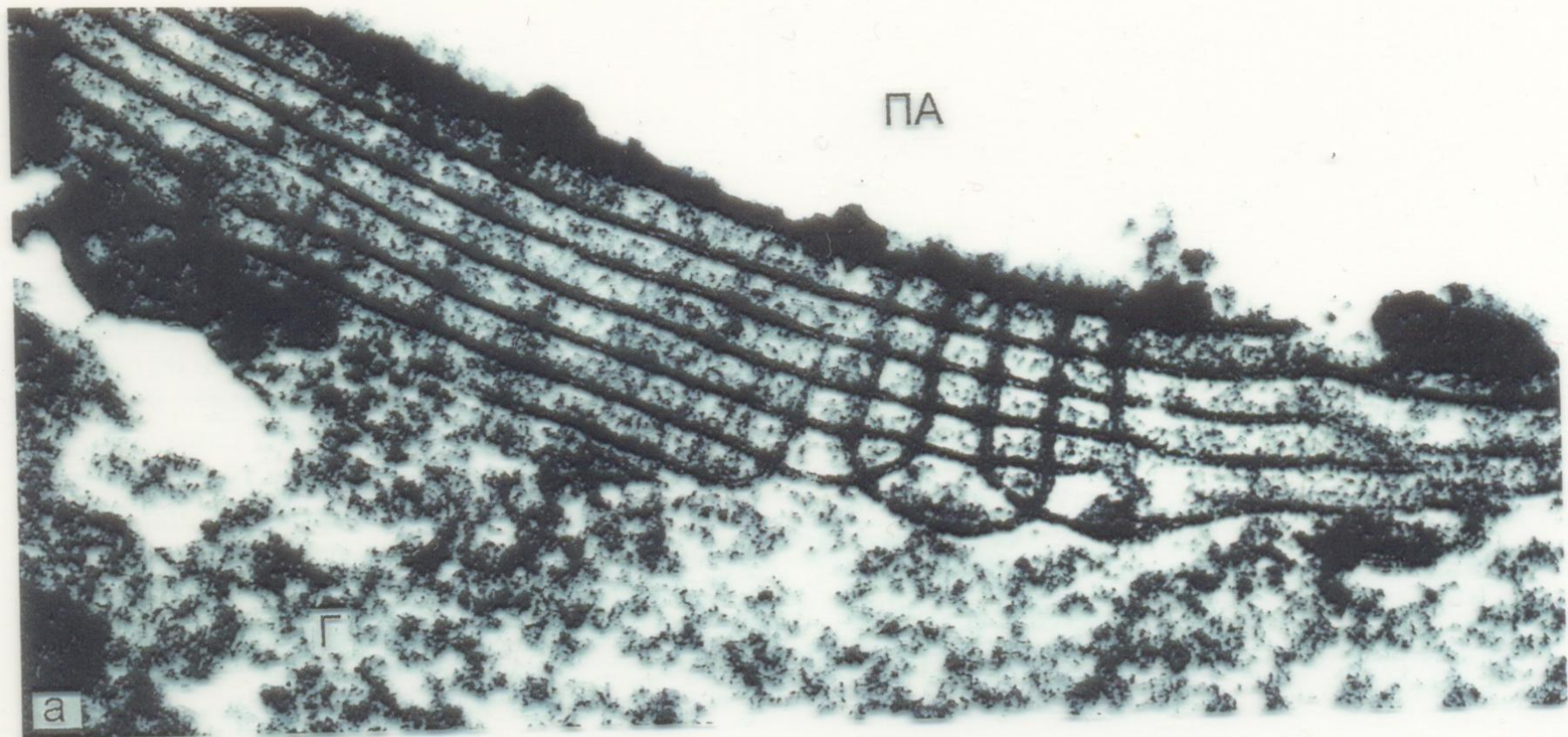


Таблица 8.1  
Белки сурфактанта [Whitsett J.A., 1991]

Белок	Свойства	Мономерный размер, kDa
SP-A	Содержит коллагеновый и лектиновый домены	28—36
SP-B	Гидрофобный	8
SP-C	Гидрофобный	3,8
SP-D	Содержит коллагеновый домен	43

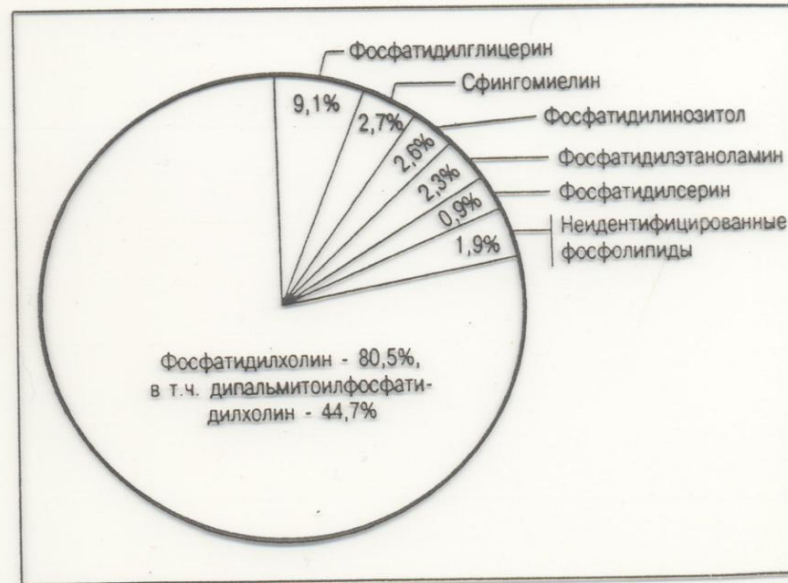


Рис. 8.5. Фосфолипидный состав альвеолярного сурфактанта легких взрослого человека. Соотношение фосфолипиды : белок — 25:1 [Shelly S. et al., 1982].

## Аэрогематический барьер

1) Цитоплазма альвеолоцитов I типа

2) Базальная мембрана эпителия

3) Базальная мембрана капилляра

$2 + 3 =$  альвелокапиллярная мембрана

4) Цитоплазма эндотелия

Толщина 0,2 мкм

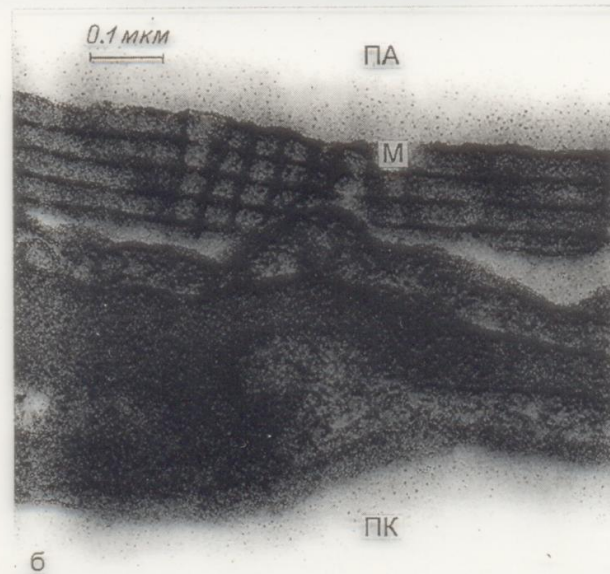
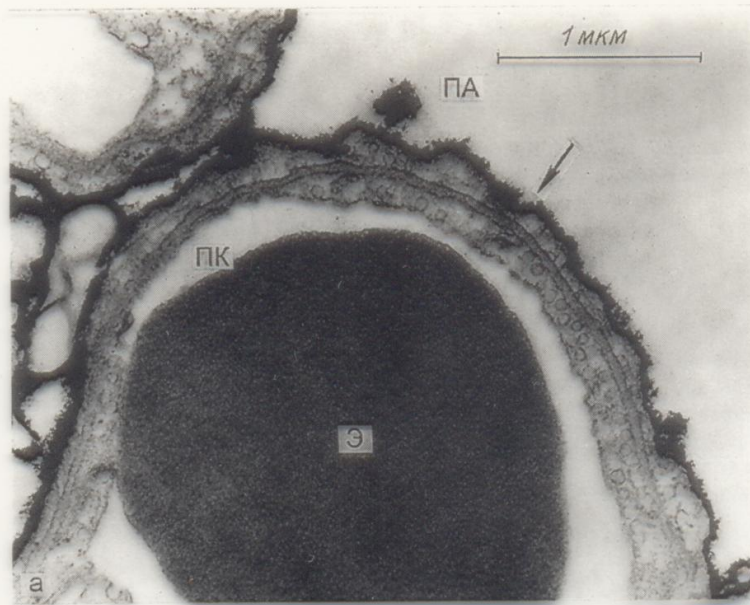


Рис. 6.16. Воздушно-кровяной барьер легких взрослой крысы. ТЭМ. Ув.: а — 33 000; б — 110 000.

а — фиксация легких через легочную артерию растворами, содержащими рутениевый красный, препарат не контрастирован; б — фиксация легких на вдохе перфузией через

легочную артерию 2,5 % раствором глутаральдегида. М — упорядоченные мембраны резервного сурфактанта, расположенного в гипофизе; ПА — просвет альвеолы; ПК — просвет капилляра; Э — эритроцит. Стрелкой указан гликокаликс альвеолоцита 1-го типа.



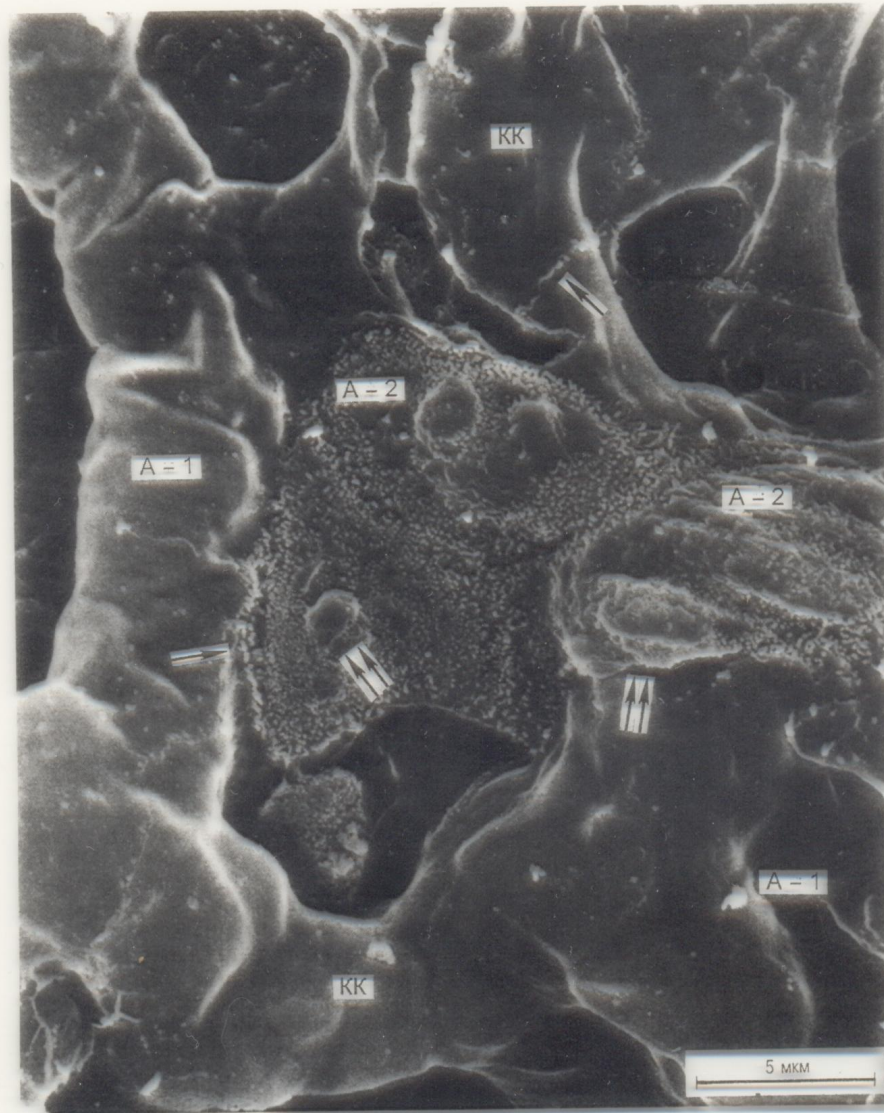


Рис. 6.20. Группа расположенных рядом друг с другом 3 альвеолоцитов 2-го типа в респираторном отделе легких взрослой крысы. СЭМ. Ув. 6400.

Кровеносные капилляры (КК) покрыты цитоплазматическими вуалами альвеолоцитов 1-го типа (А-1). Альвеолоциты 2-го типа (А-2) в состоянии активной секреции альвеолярного сурфактанта. Рельеф клеток сложный: наплывы, выпуклости чередуются с микроворсинками, которых боль-

ше по периферии. Наплывы и выпуклости — места секреции альвеолярного сурфактанта (указано двойными стрелками). Клетки окружены кровеносными капиллярами, неровный рельеф поверхности которых обусловлен эритроцитами. На гладкой поверхности эпителиальной выстилки видны контакты между рядом расположенными альвеолоцитами (указано одинарными стрелками).

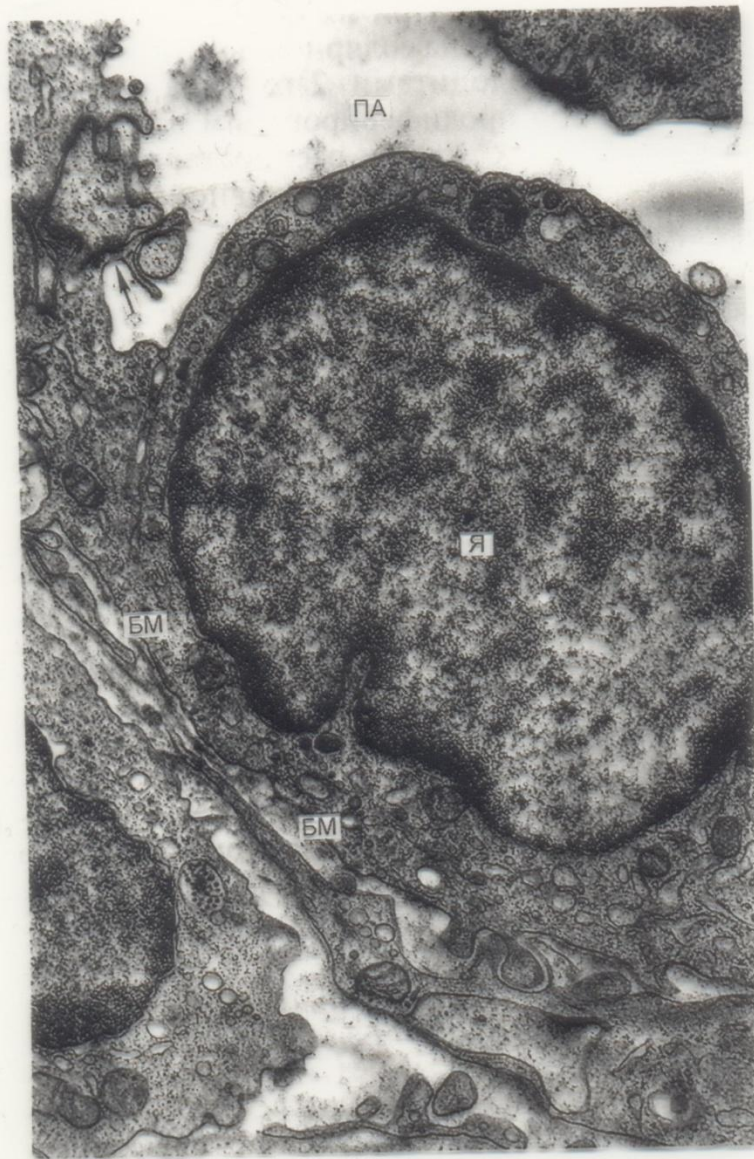


Рис. 6.14. Альвеолоцит 1-го типа легких взрослой крысы. ТЭМ. Ув. 35 000.

Ядродержащая часть клетки. Контакт между рядом расположенными клетками (указан стрелкой).

Я — ядро; БМ — базальная мембрана; ПА — просвет альвеолы.



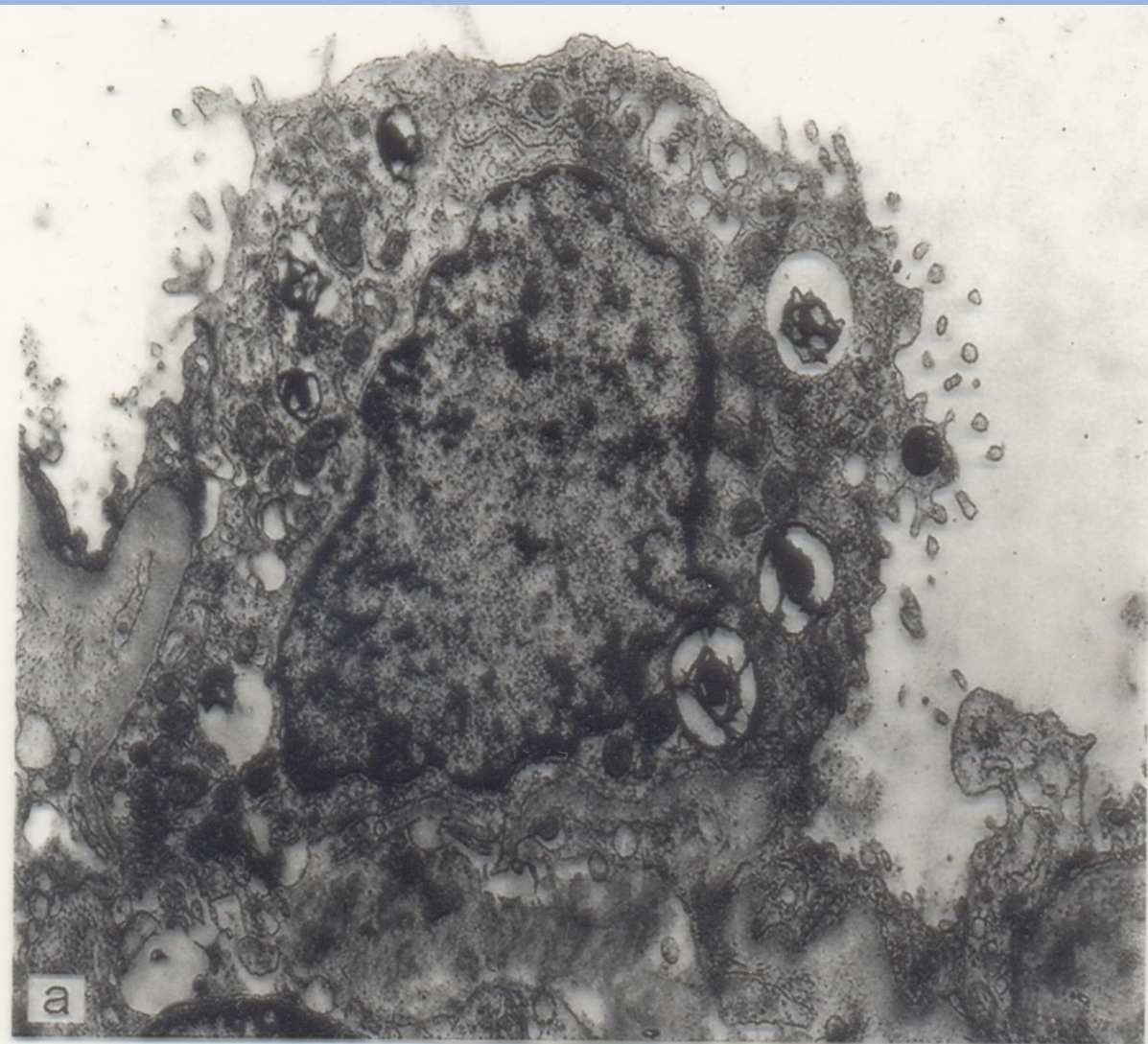


Рис. 6.22. Альвеолоциты 2-го типа разной формы легких взрослого человека (диагностическая биопсия). ТЭМ. Ув.: а — 13 200; б — 11 650.

а — клетка кубической формы; б — клетка призматической

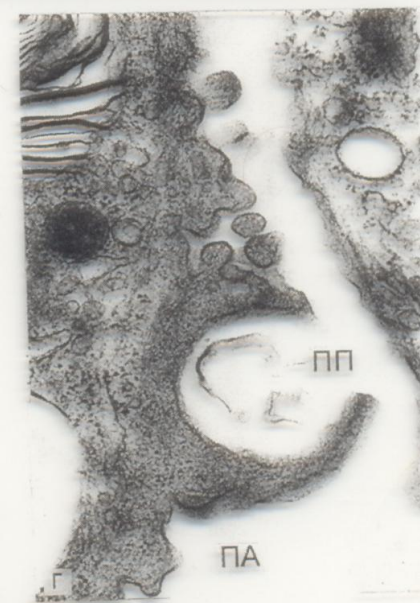
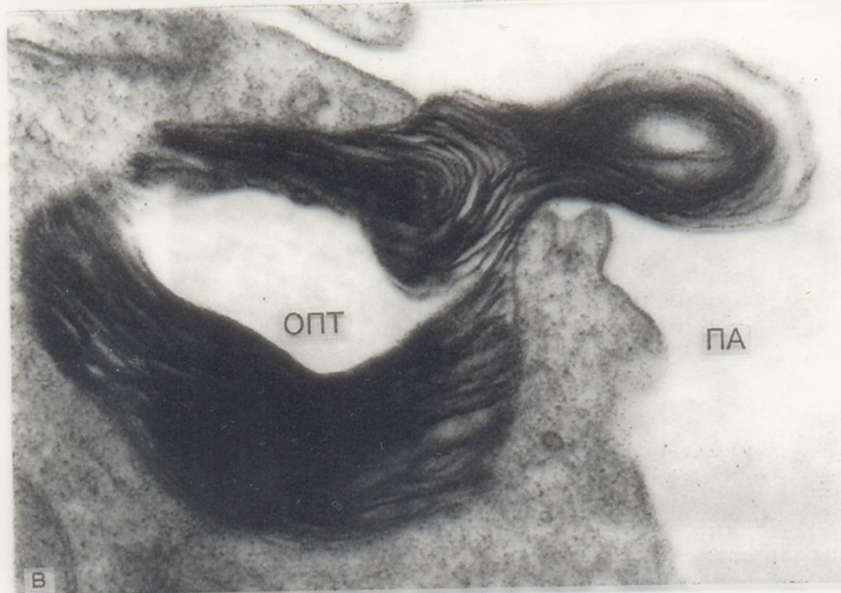
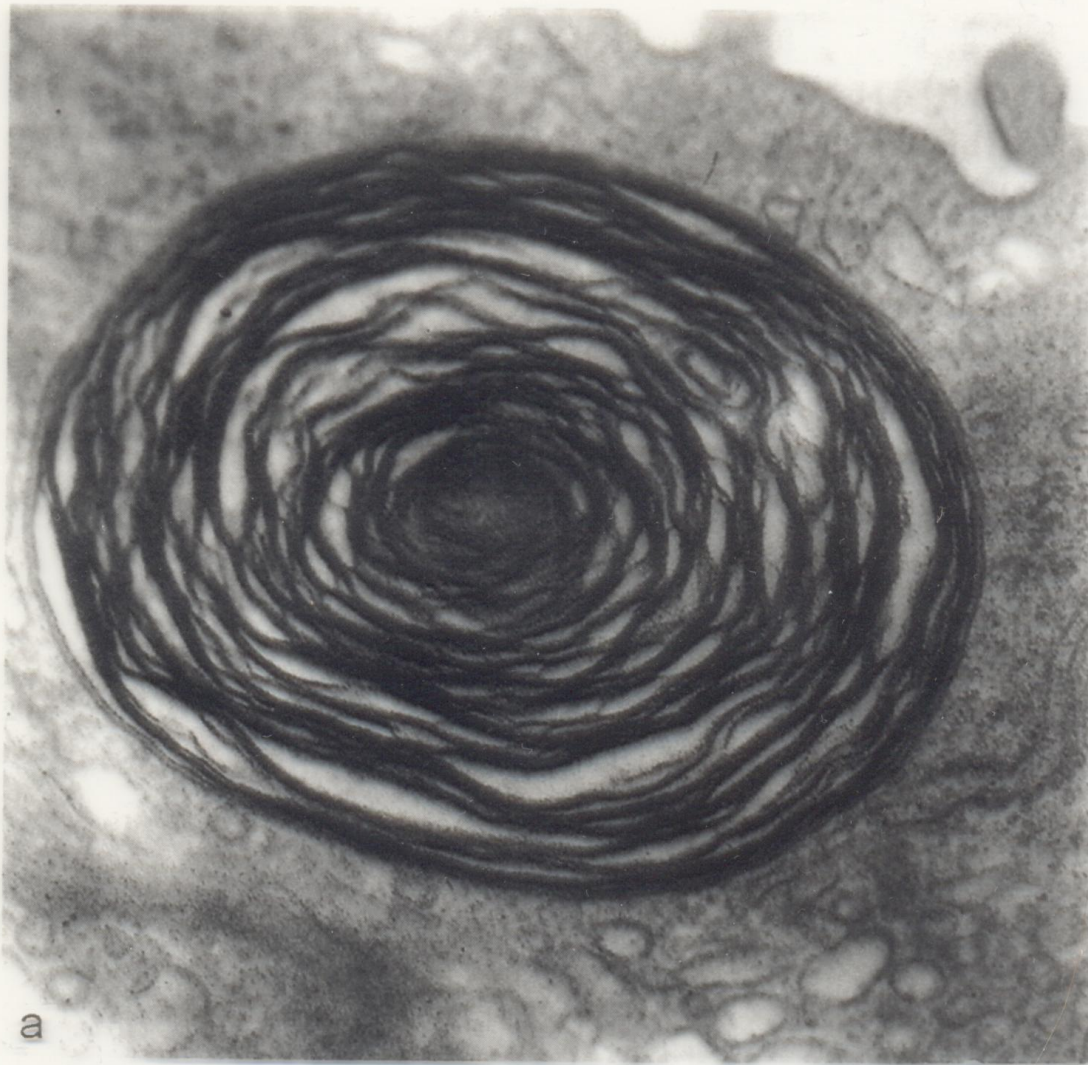


Рис. 6.26. Экструзия цитофосфолипосом (ОПТ) из альвеолоцитов 2-го типа во время секреции поверхностно-активного материала сурфактанта по мерокриновому типу путем экзоцитоза (а, б, в, г). ТЭМ.

Ув. 100 000. Препараты Л.К.Романовой и И.С.Серебрякова.

ПА — просвет альвеолы; ПП — постсекреторная пора.



а

Рис. 6.24. Различные варианты ультраструктурной организации цитофосфолипосом альвеолоцитов 2-го типа легких взрослой крысы (а, б). ТЭМ. Ув. 60 000. Цитофосфолипосомы ограничены одинарной мембраной и содержат "ядро" и отходящие от него плотно упакованные осмиофильные пластины.

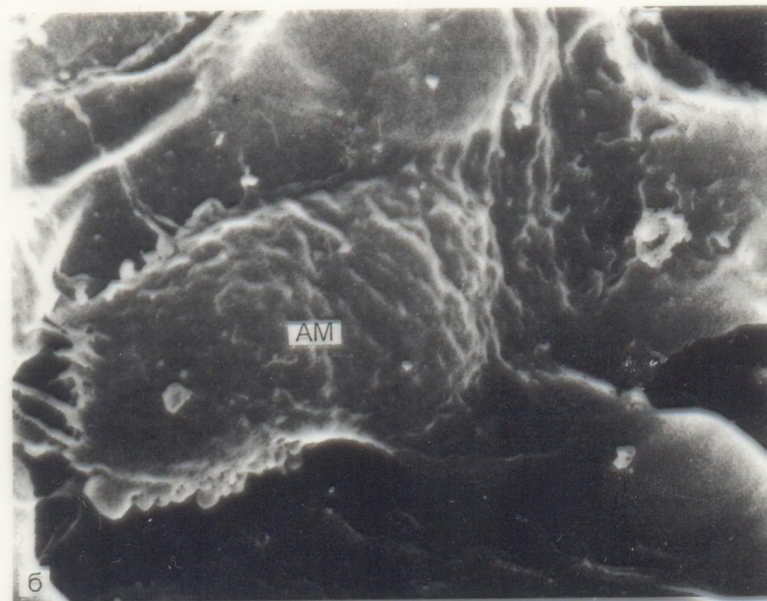
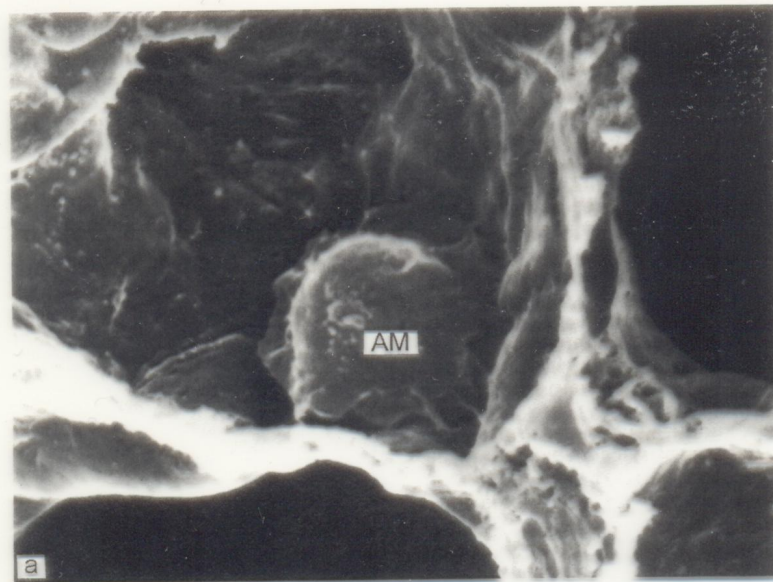
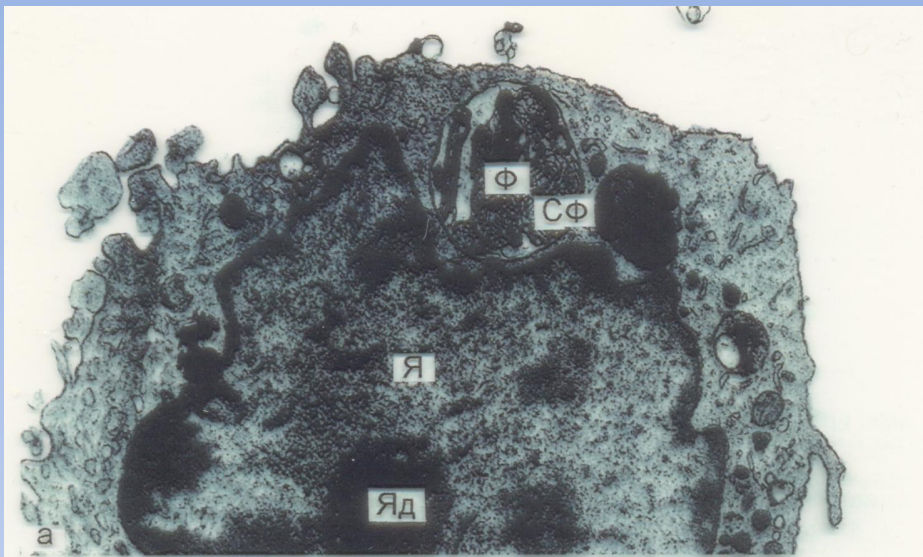


Рис. 6.18. Альвеолярные макрофаги (AM), расположенные на поверхности эпителиальной выстилки альвеолы; их цитоплазматические вуали тесно со-

прикасаются с цитоплазмой альвеолоцитов 1-го типа. СЭМ. Ув.: а — 6000; б — 7200.

а — AM в легких взрослой мыши BALB; б — AM в легких крысы Спрей-Доули.



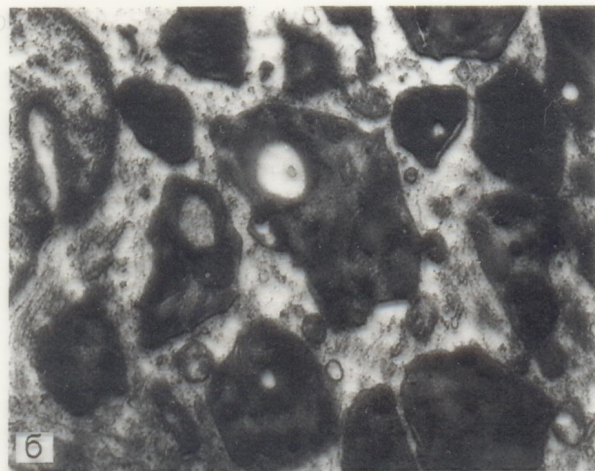
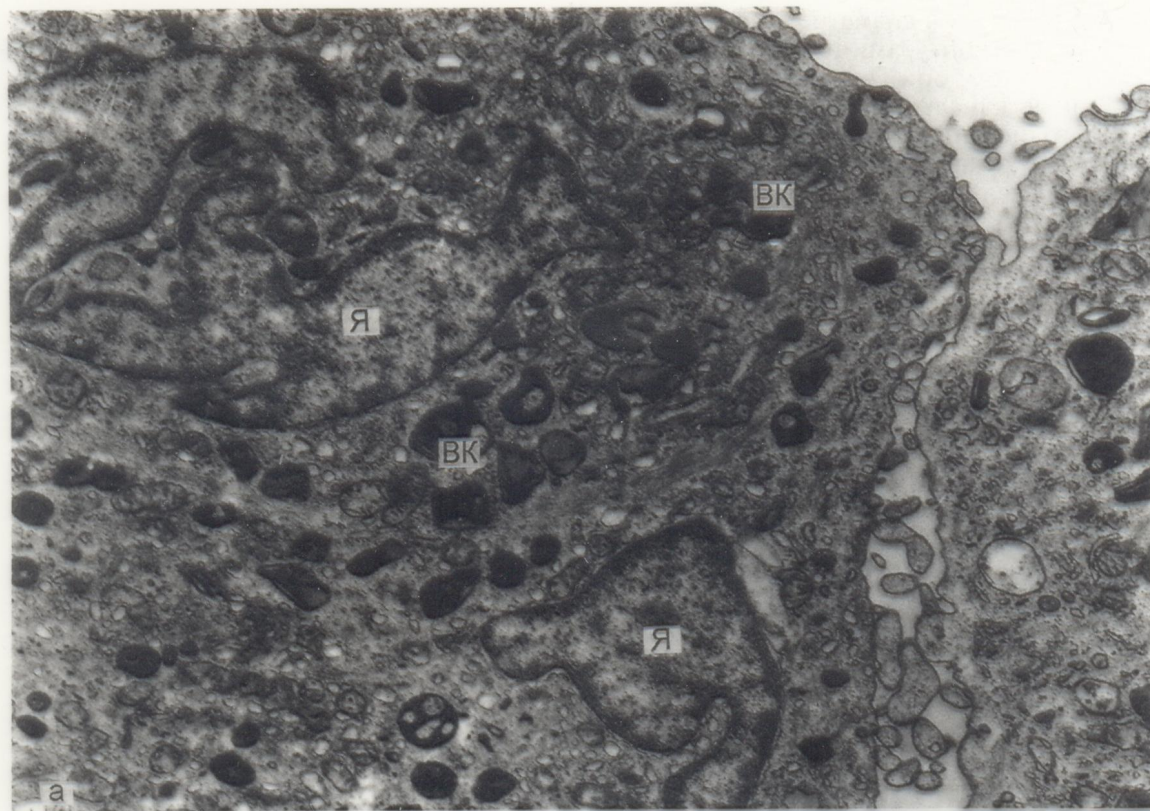
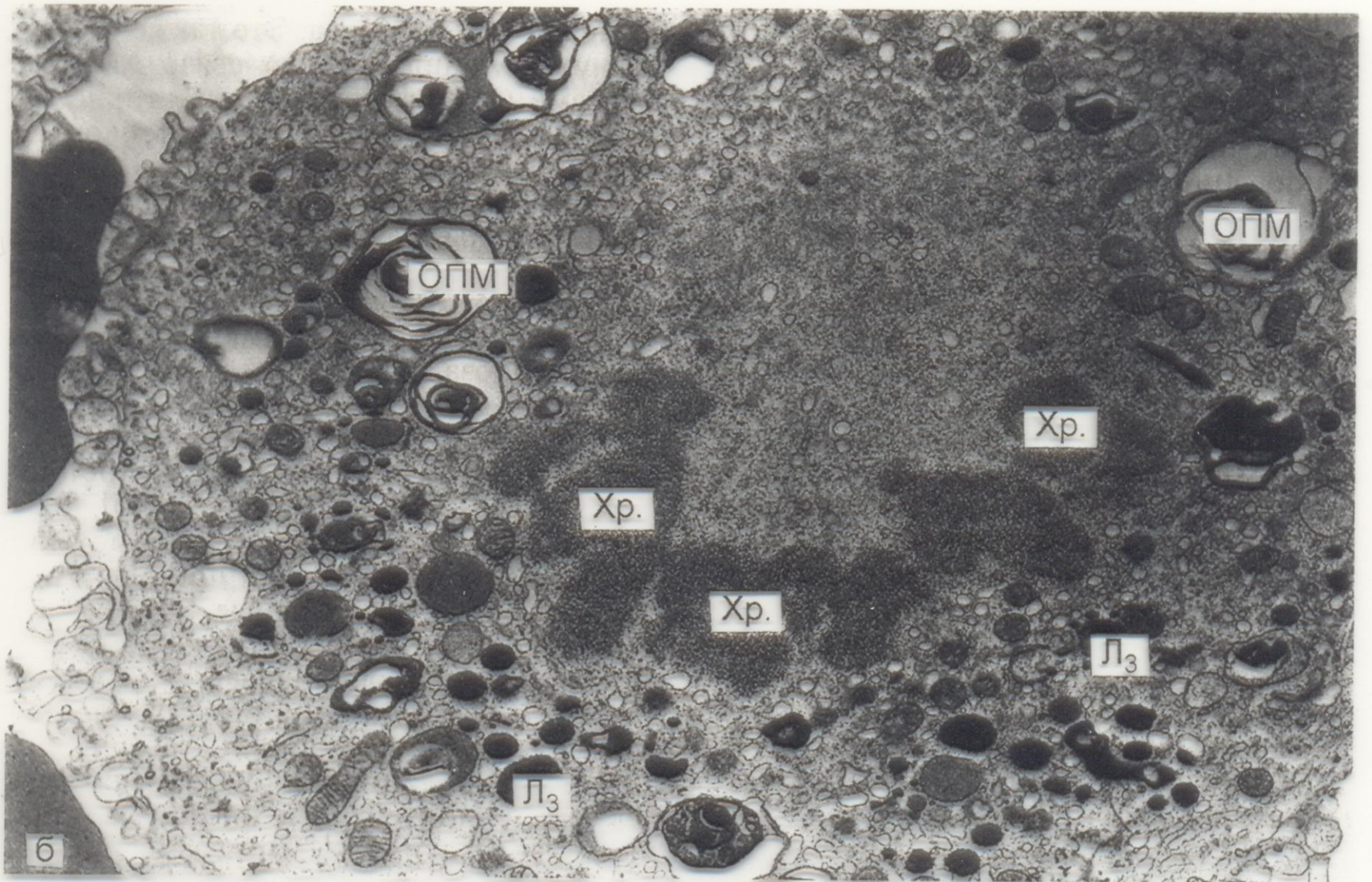
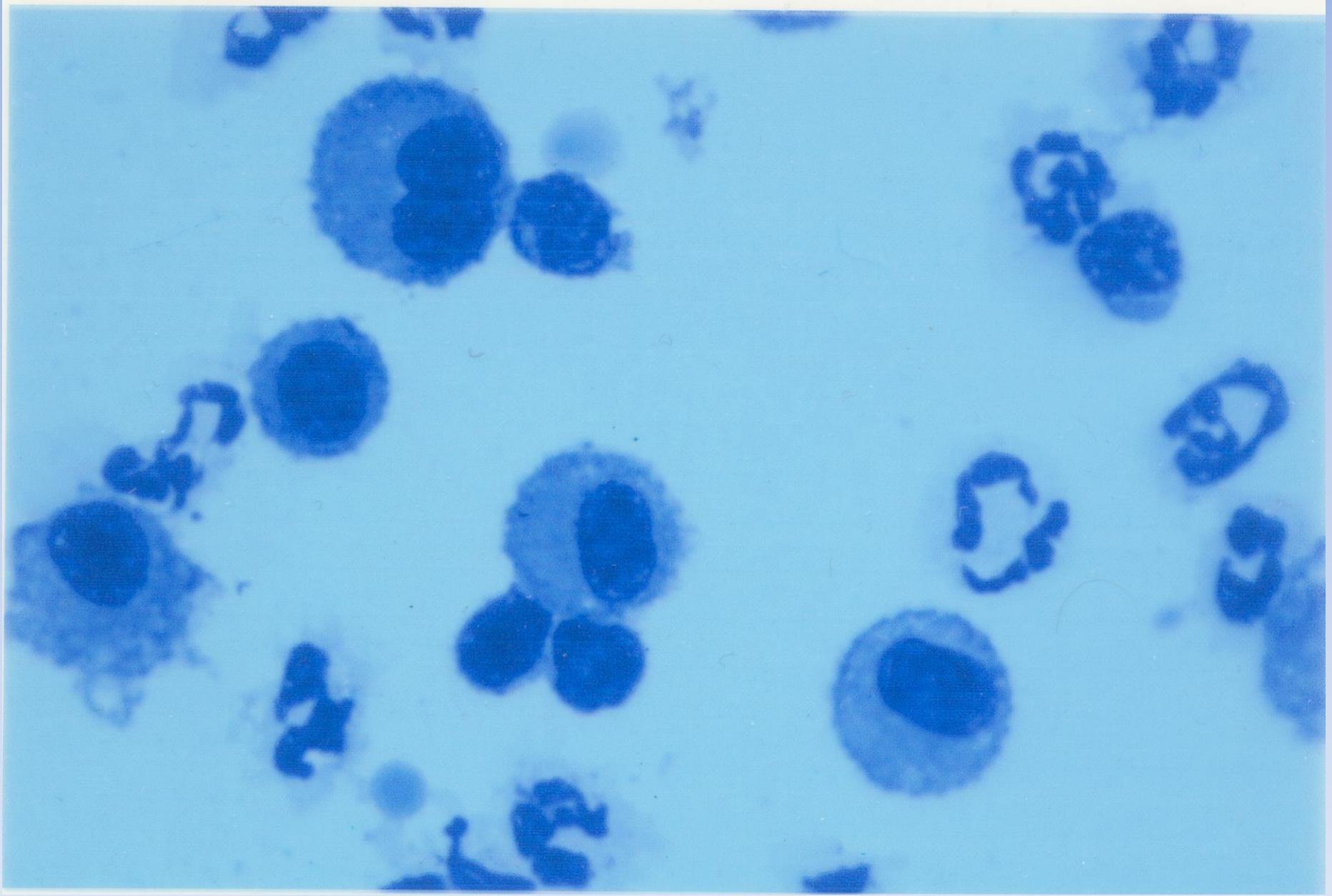


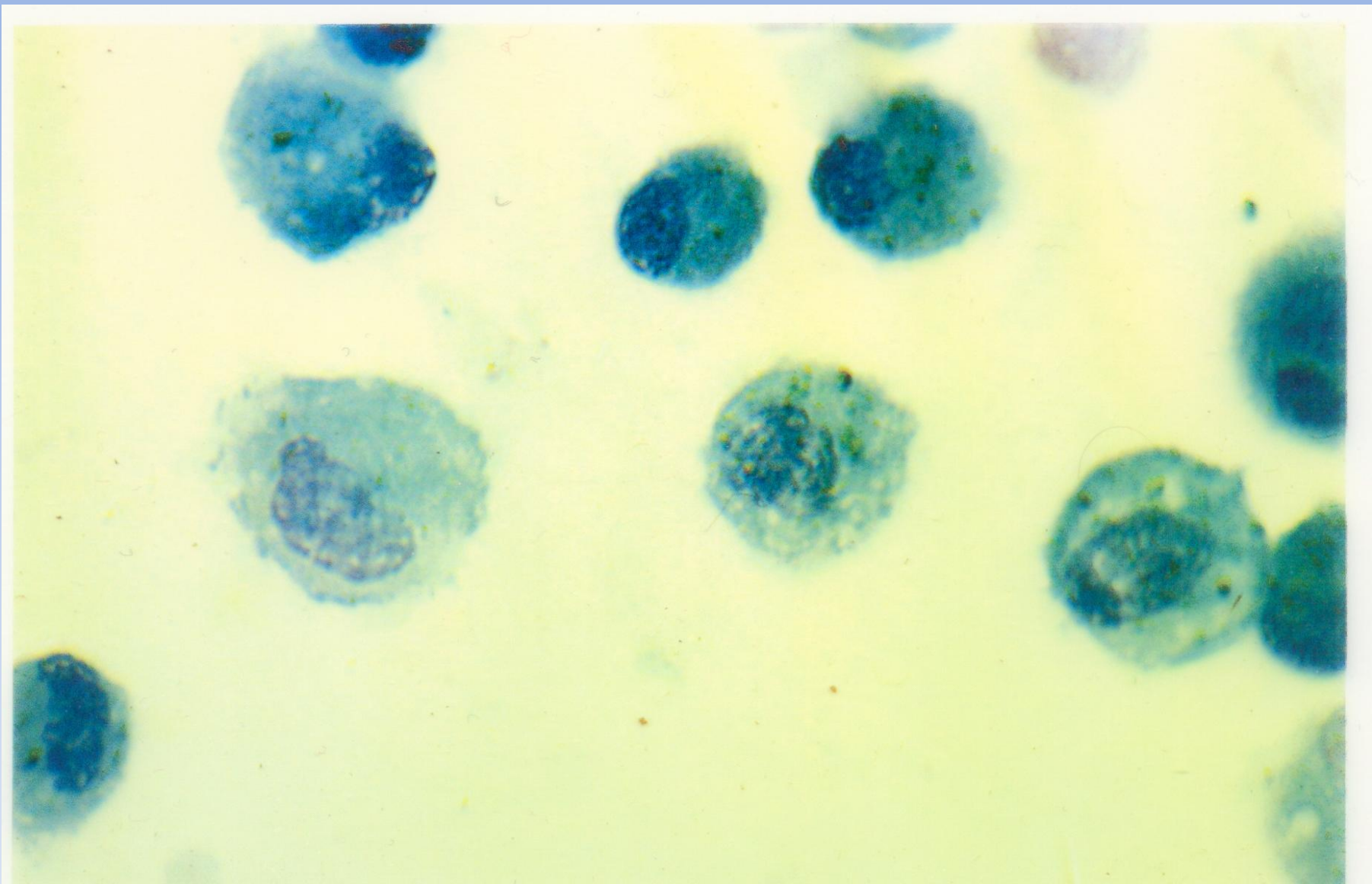
Рис. 12.6. Макрофаги БАЛЖ курящего человека без признаков легочной патологии. ТЭМ. Ув.: а — 11 200; б — 39 600.

а — фрагмент многоядерного макрофага, содержащего в цитоплазме «включения курильщика» (ВК). Я — ядро; б — полиморфная структура «включений курильщика», состоящих из кристаллического и аморфного материала различной электронной плотности.





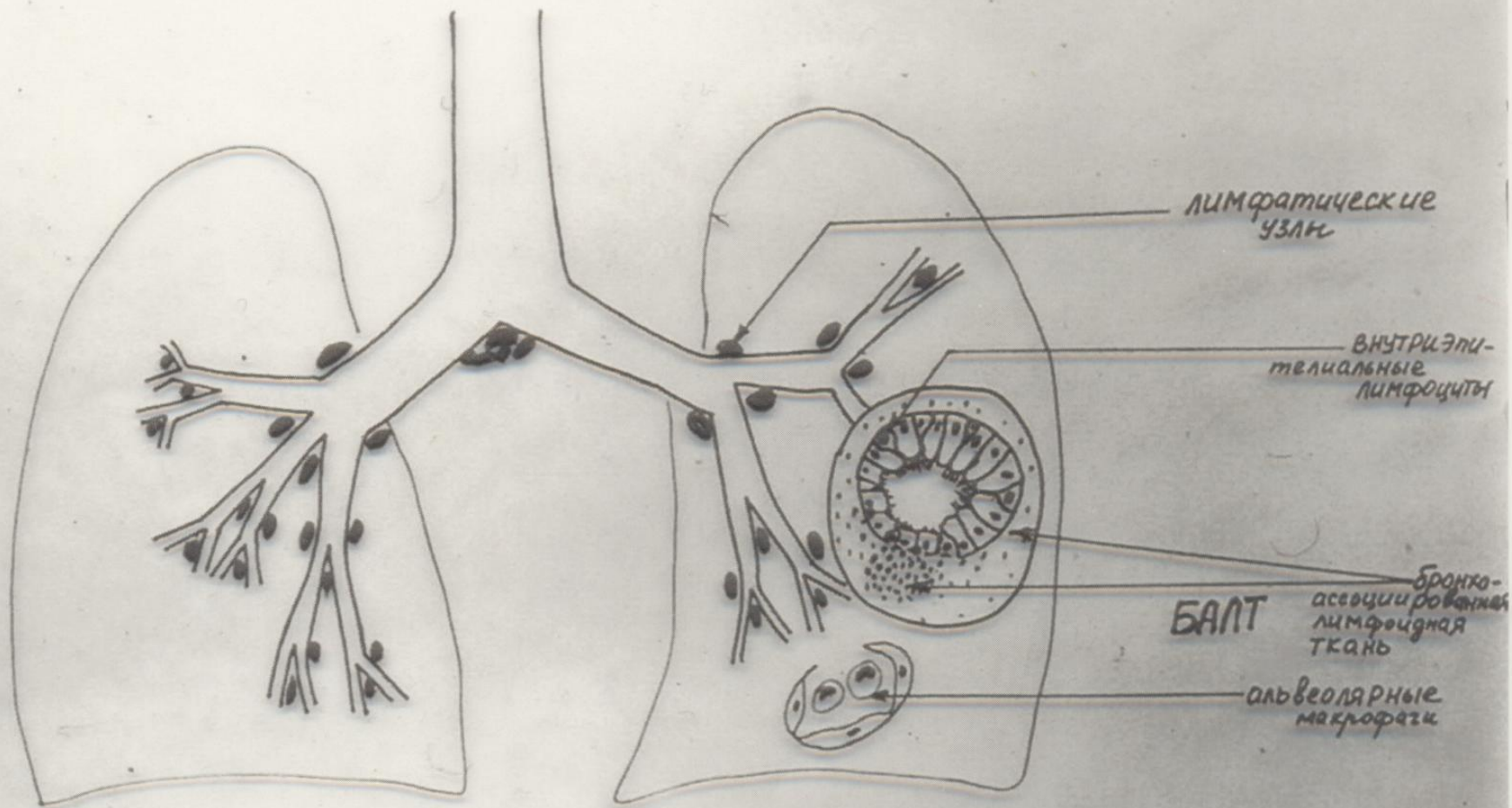




## Цитологические показатели БАЛ в норме.

Группы Параметры.		Некурильщики	Курильщики
Абс. показатели сод-я клеток		$3,6 \pm 0,6$	$6,8 \pm 2,5$
Эндотелиальная цитозграмма	макрофаги	$94,0 \pm 1,1$	$93,7 \pm 1,3$
	лимфоциты	$5,2 \pm 1,3$	$3,7 \pm 0,9$
	нейтрофилы	$0,6 \pm 0,2$	<u><math>1,4 \pm 0,3</math></u>
	эозинофилы	$0,2 \pm 0,2$	$1,2 \pm 0,5$

Иммунный аппарат  
легких



Лимфатические узлы

Внутриэпителиальные лимфоциты

БАЛТ

Бронхоассоциированная лимфоидная ткань

Альвеолярные макрофаги

Трахея

Бронхи:

главные

долевые

сегментарные

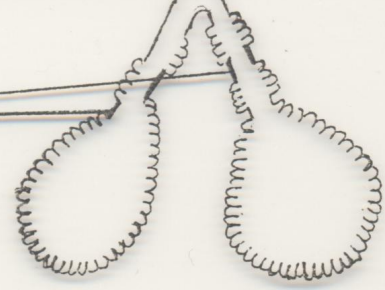
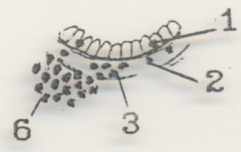
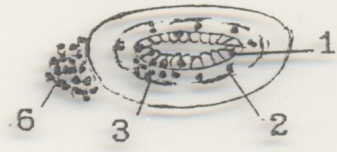
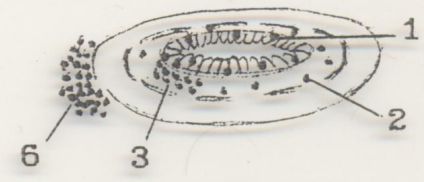
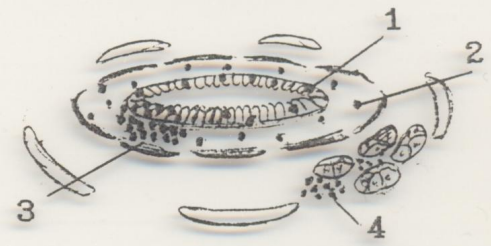
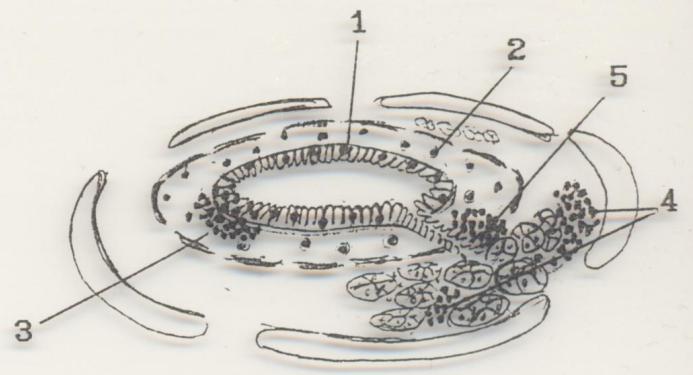
субсегментарные

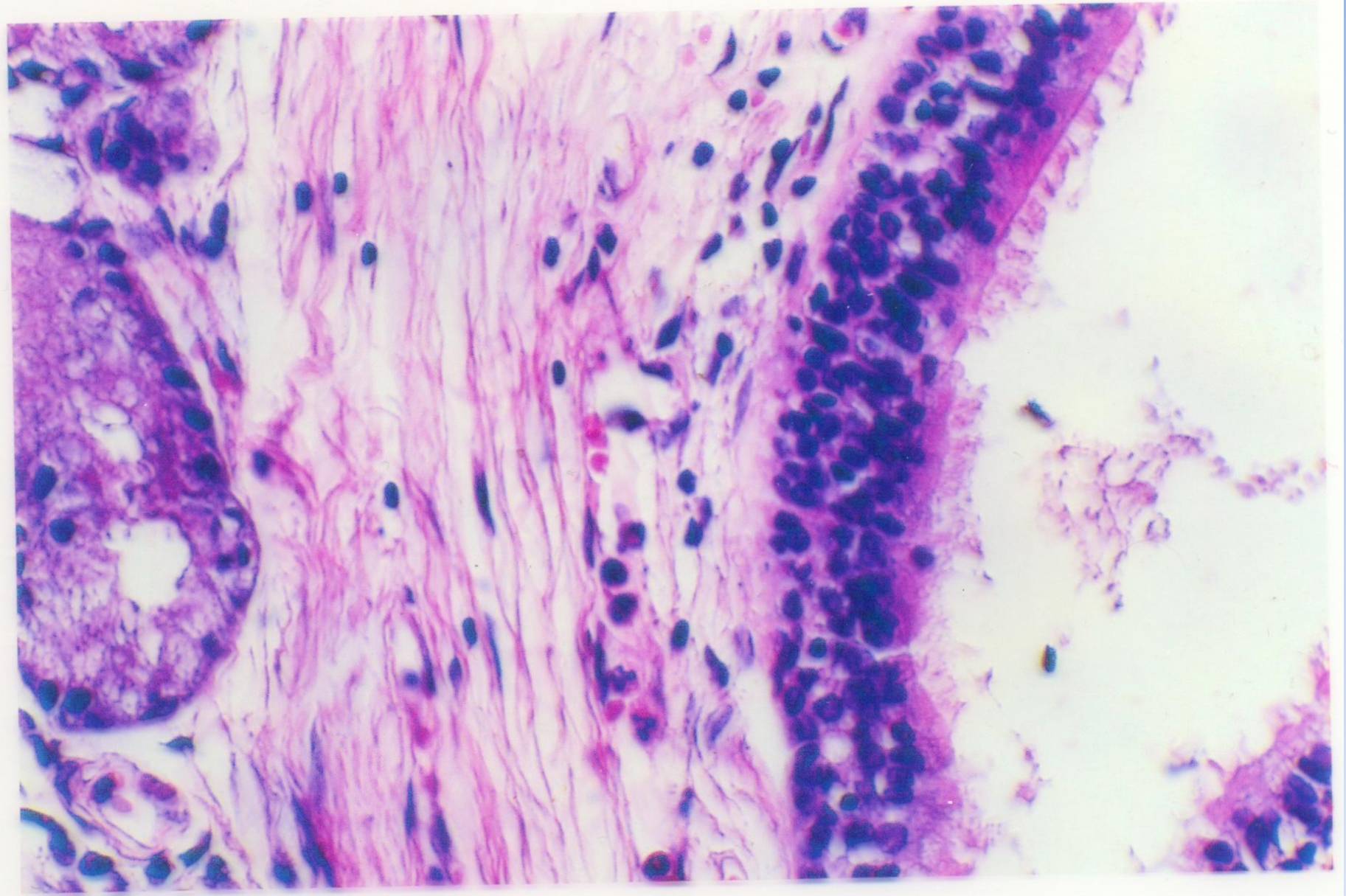
мембранозные

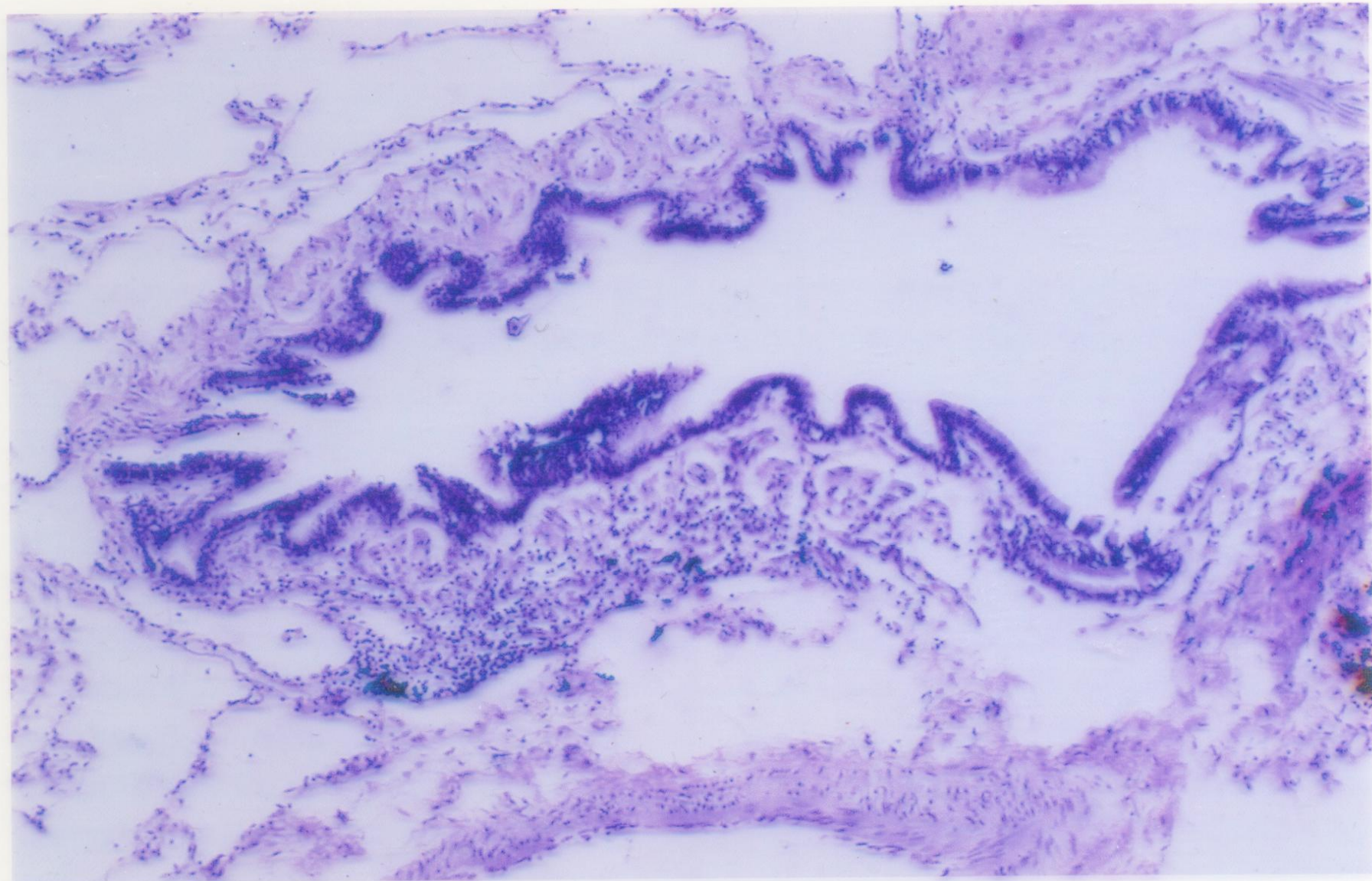
Бронхиолы:

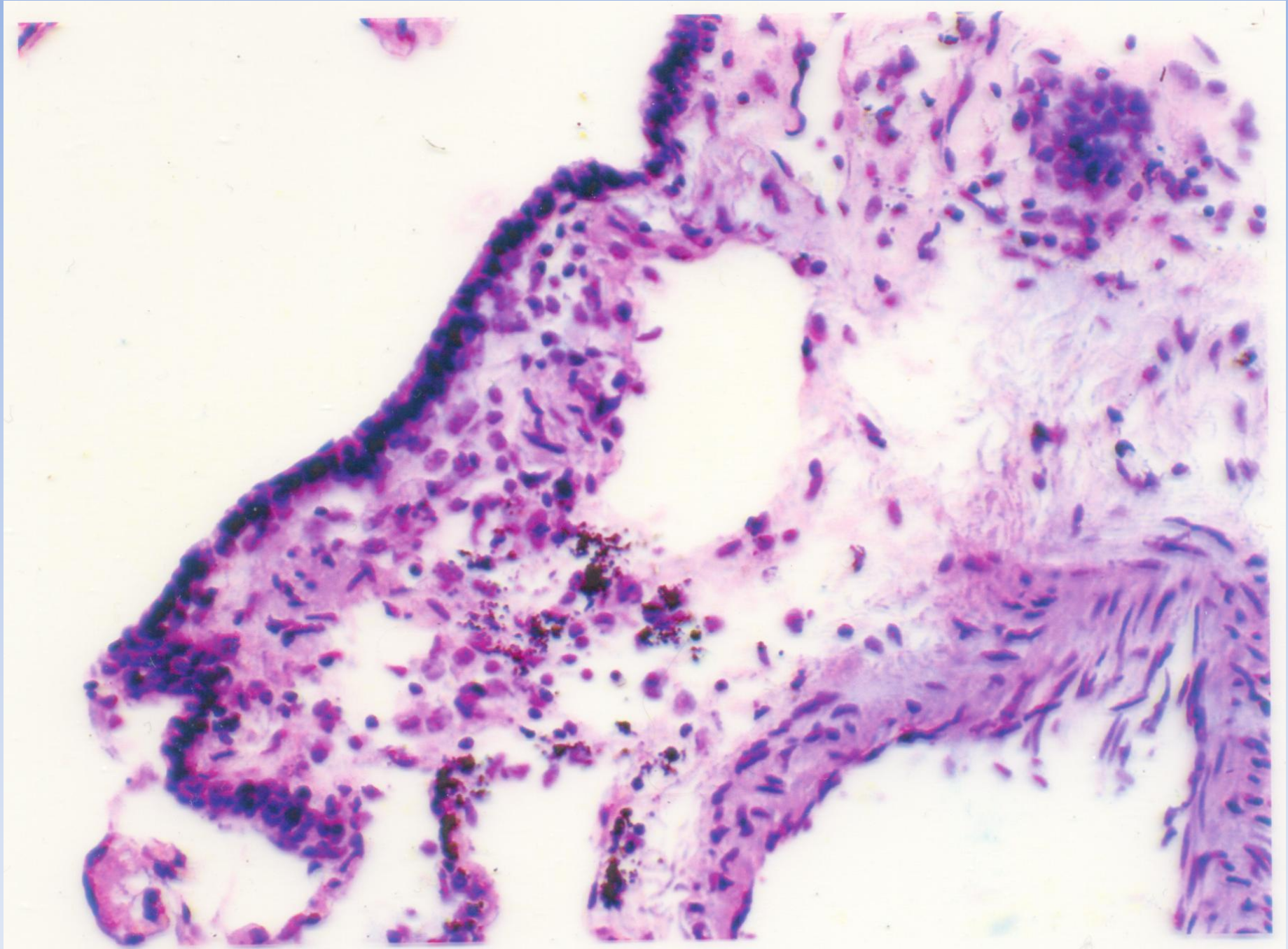
терминальные

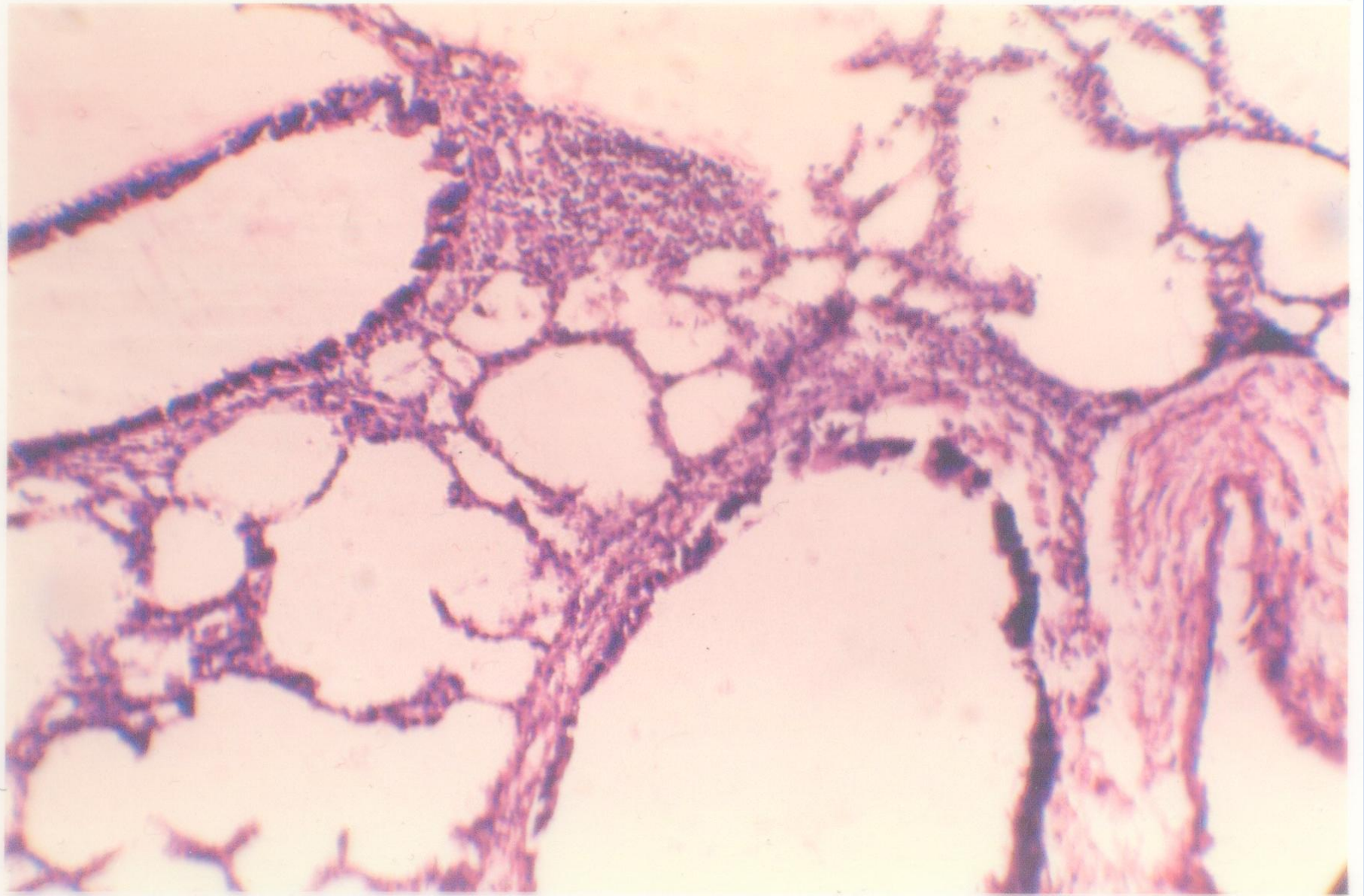
респираторные



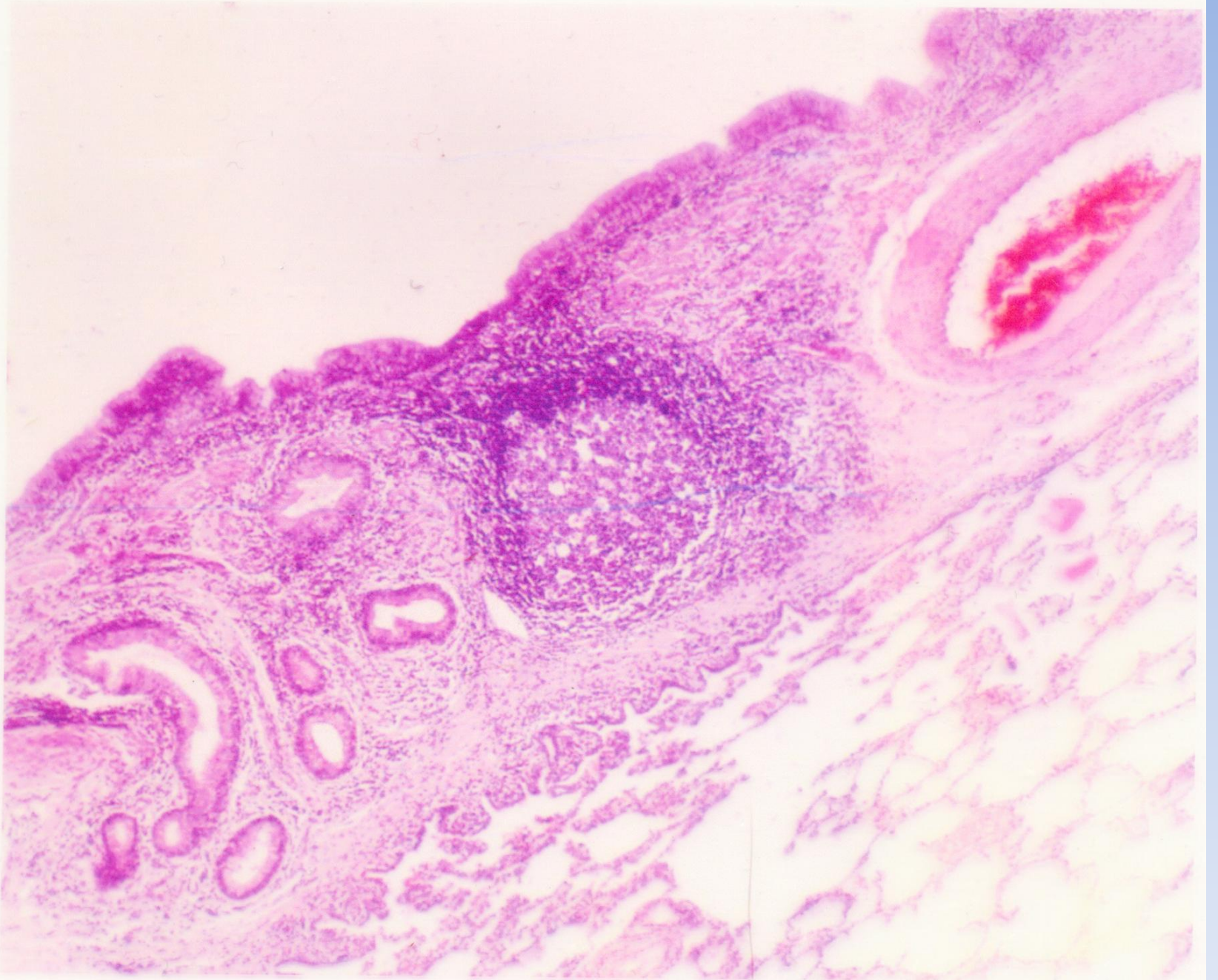


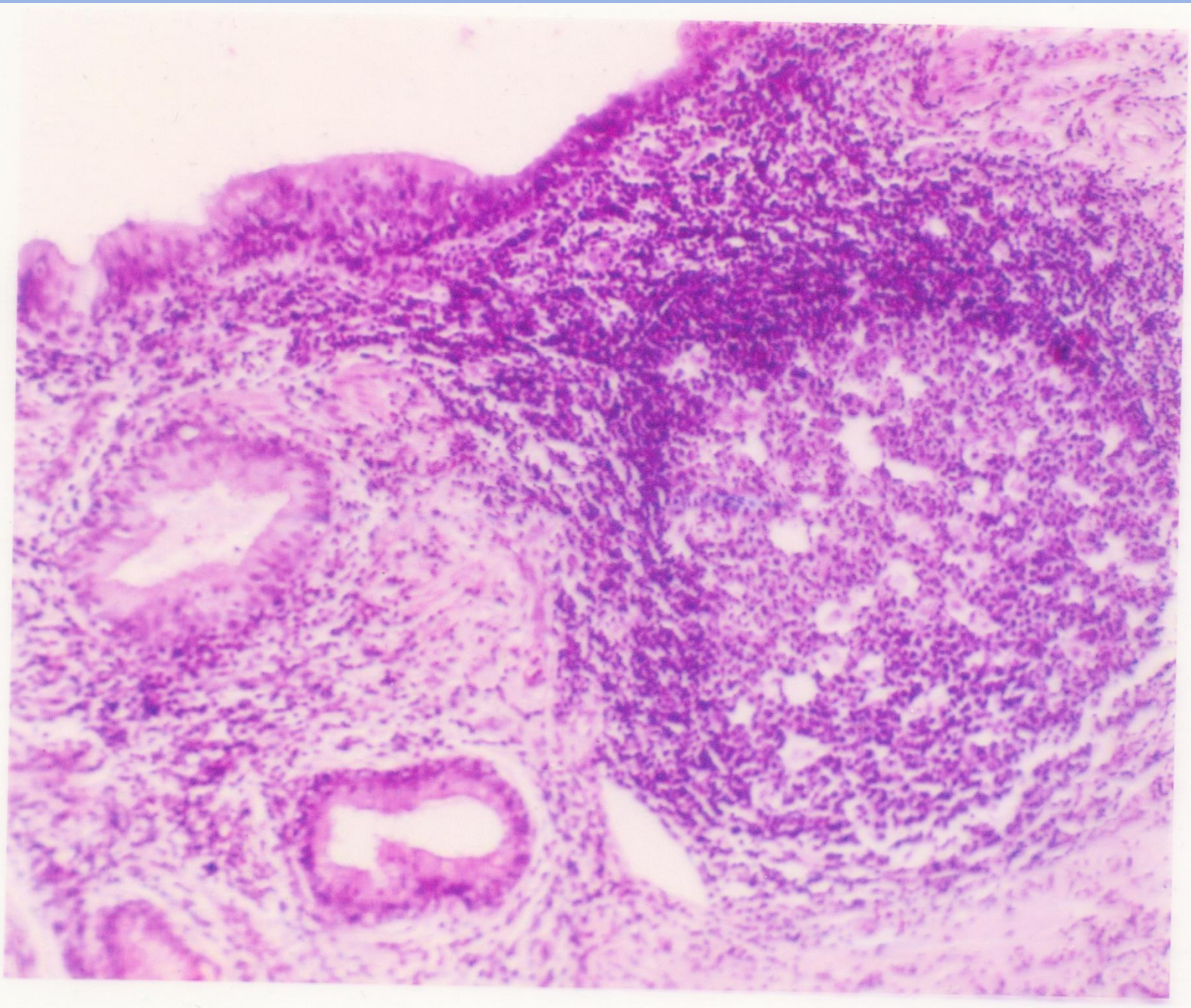












# НЕЙРОТРАНСМИТЕРЫ И РЕЦЕПТОРЫ ЛЕГКИХ У ЧЕЛОВЕКА



Условные обозначения: АцХ - ацетилхолин; П - норадреналин; А - адреналин; ВИП - вазоинтестинальный пептид; ПГМ - пептид гистидин метионин; НК - нейрокинин.

# ДИСБАЛАНС НЕРВНОЙ РЕГУЛЯЦИИ ЛЁГКИХ ПРИ БРОНХИАЛЬНОЙ АСТМЕ

↑ Возбуждающие

1. Мускариновые холинергические.
2.  $\alpha$ -адренергические.
3. Нехолинергические, возбуждающие (СП).

↓ Ингибирующие

1.  $\beta$ -адренергические.
2. Неадренергические ингибирующие (ВИП).

