

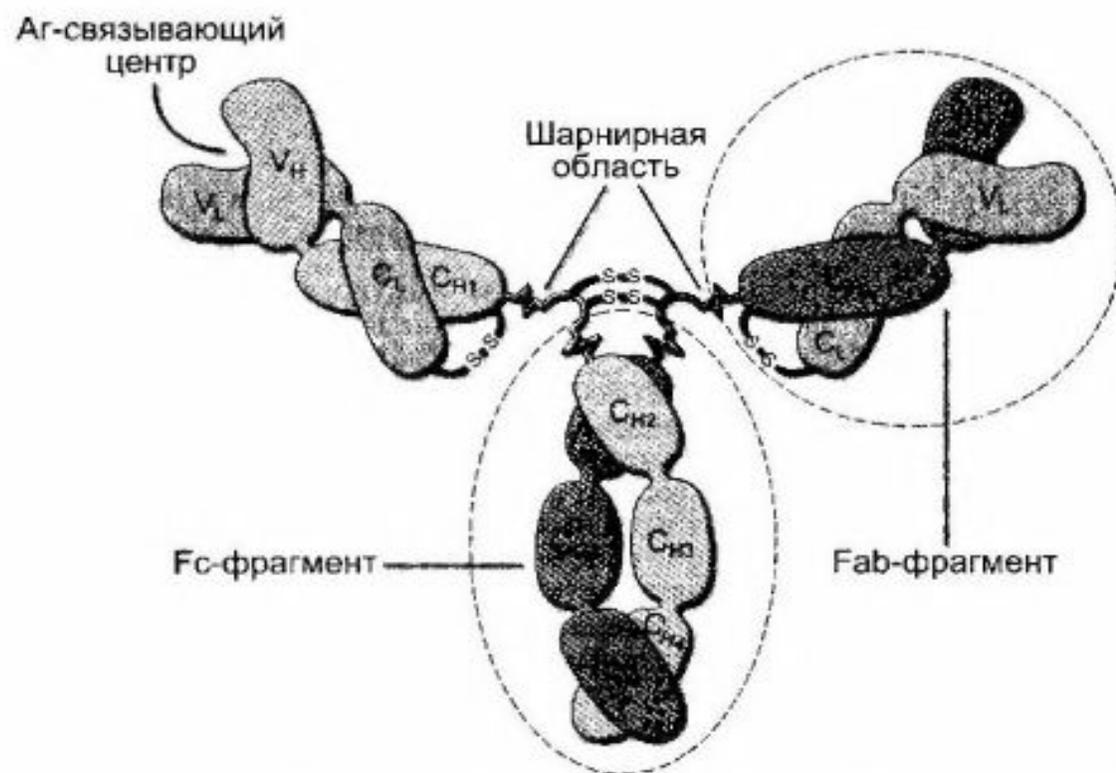
# **Гуморальный иммунный ответ**

Гуморальный иммунный ответ (humoral immune response, лат. *humor* — жидкость; лат. *immunis* — свободный, избавленный от чего-либо) - синтез антител В-клетками иммунной системы в ответ на появление в организме чужеродных антигенов.

# Выделяют 4 этапа превращения В-лимфоцитов при гуморальном иммунном ответе

- I. Стимуляция В-клетки антигеном с участием Т-хелперов.
- II. Активация и пролиферация В-клеток (экспансия клона).
- III. Переключение изотипа рецептора В-клетки и «созревание» его аффинитета.
- IV. Дифференцировка В-клеток в плазматические клетки и В-клетки памяти.

- Иммуноглобулины (международная аббревиатура — Ig (Immunoglobulin)<sup>1</sup> — класс структурно связанных белков, содержащих 2 вида парных полипептидных цепей: лёгкие (L, от англ. Light -- лёгкий), с низкой молекулярной массой, и тяжёлые (H, от англ. Heavy — тяжёлый), с высокой молекулярной массой.



**Рис. 5-2.** Молекула иммуноглобулина: L — лёгкие цепи; H — тяжёлые цепи; V — переменная область; C — константная область; N-концевые области L- и H-цепей (V-область) образуют 2 антигенсвязывающих центра — (Fab)<sub>2</sub>-фрагмент. Fc-фрагмент молекулы взаимодействует со своим рецептором на мембране различных типов клеток (макрофаги, нейтрофилы, тучные клетки)

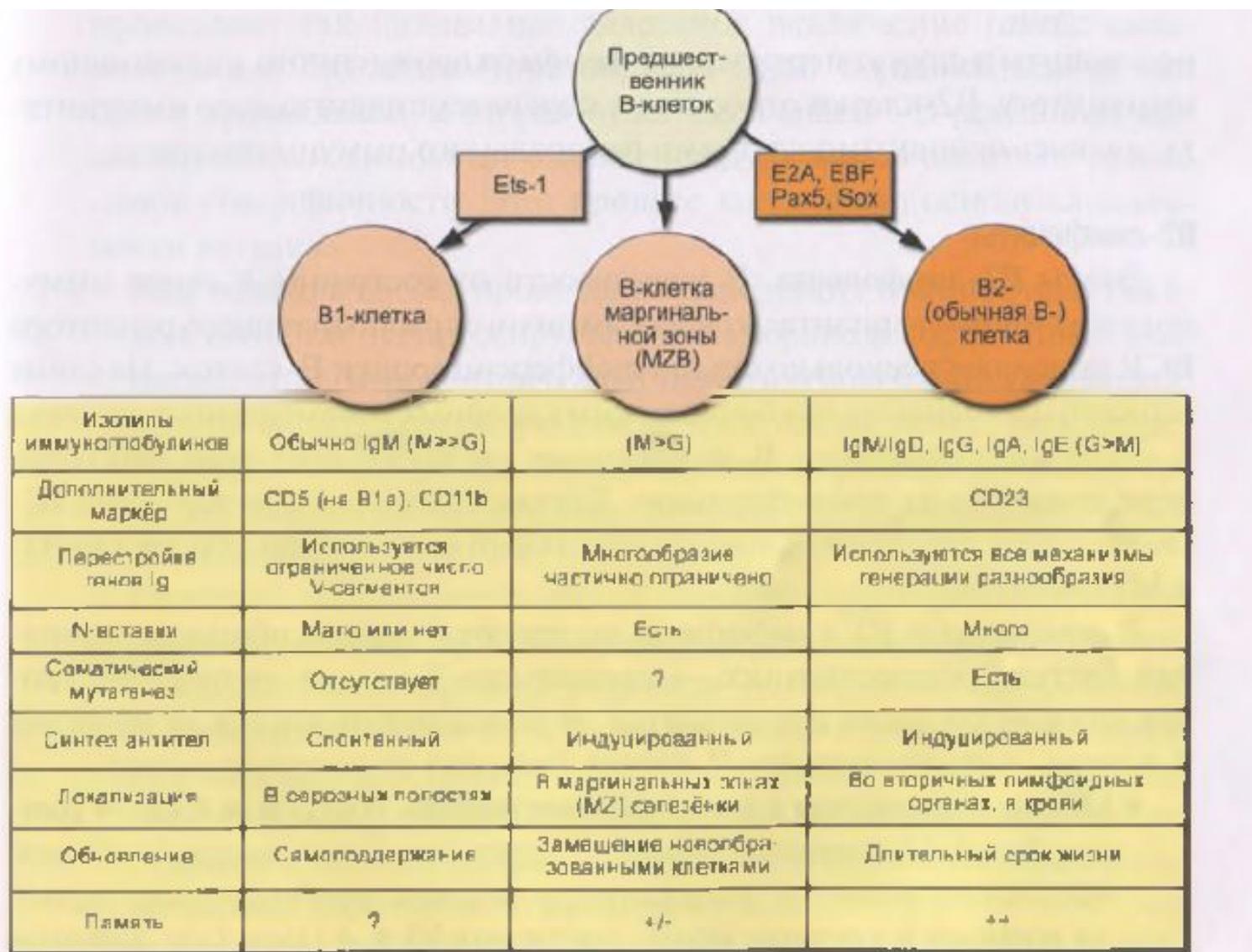
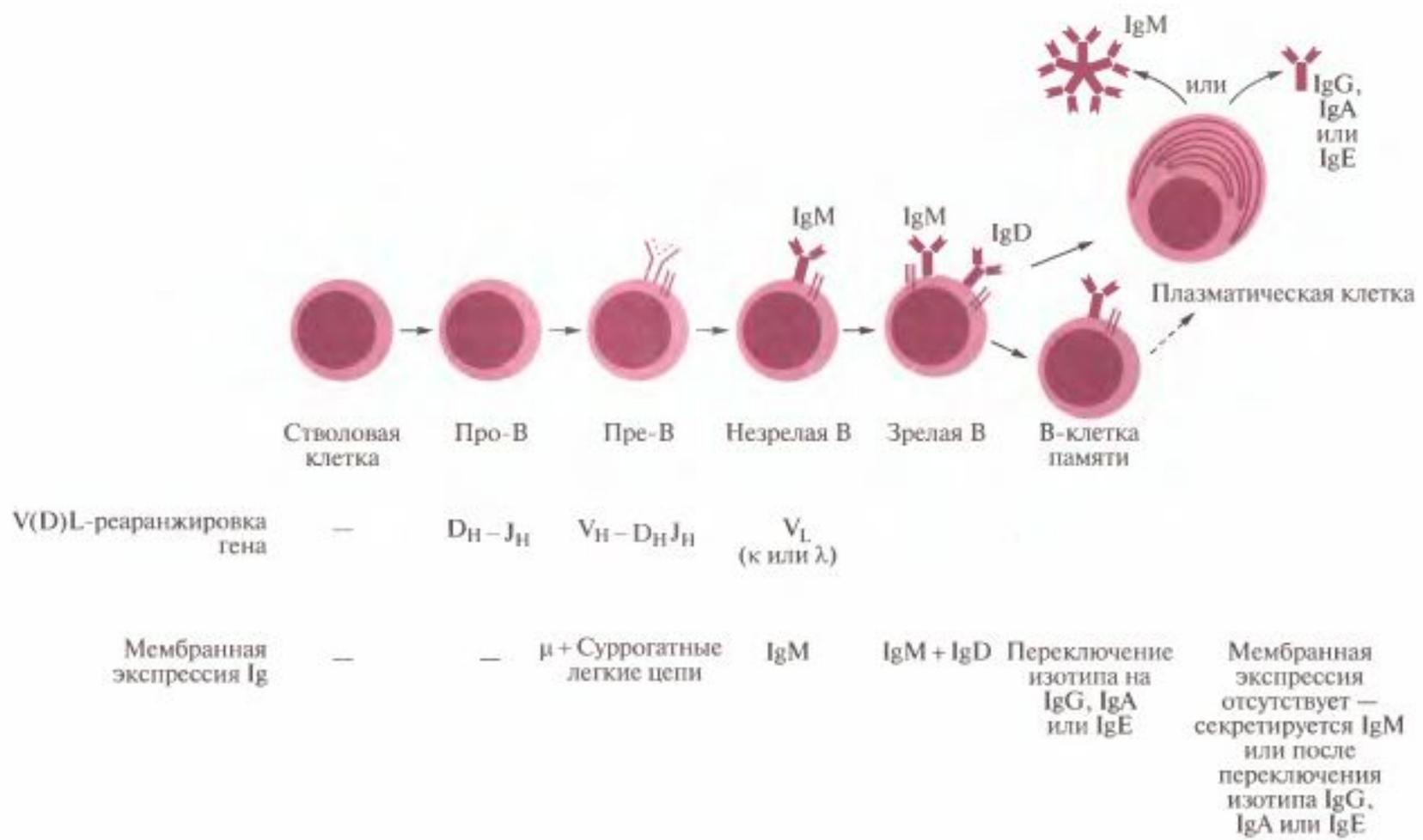


Рис. 5-12. Субпопуляции В-лимфоцитов



● Рис. 7.1. Путь дифференцировки В-лимфоцитов. Пунктирными линиями на пре-В-клетке показаны суррогатные легкие цепи. Две сплошные линии, ассоциированные с тяжелой цепью поверхности клетки, представляют сигнальные молекулы  $Ig\alpha$  и  $Ig\beta$

Название класса иммуноглобулинов	Количество субъединиц (L-H)2	Количество антиген-связывающих сайтов	Содержание в сыворотке крови, %%	Среднее время жизни в сыворотке крови, дней	Молекулярная масса, кДа	Биологические функции
IgG (имеет 4 подкласса) 	1	2	70-80	23	150	Проникают через плаценту и обеспечивают иммунологическую защиту плода, нейтрализация токсинов, опсонизация, активация системы комплемента, цитотоксическая активность
IgA (имеет 2 подкласса) 	1 (80% - у человека), 2, 3	2, 4, 6	10-15	6	170-500	Противомикробная активность, агглютинирование бактерий, активация системы комплемента, нейтрализация токсинов
IgM 	5	10	5-10	5	970	Образуются при первичном иммунном ответе, высокая агглютинирующая активность, сильный опсонизирующий эффект, активация системы комплемента, являются антигенсвязывающим рецептором В-лимфоцитов.
IgE 	1	2	0,002	2,5	190	Защитная функция от паразитов, аллергические реакции
IgD 	1	2	<1	3	180	Рецептор на поверхности В-лимфоцитов

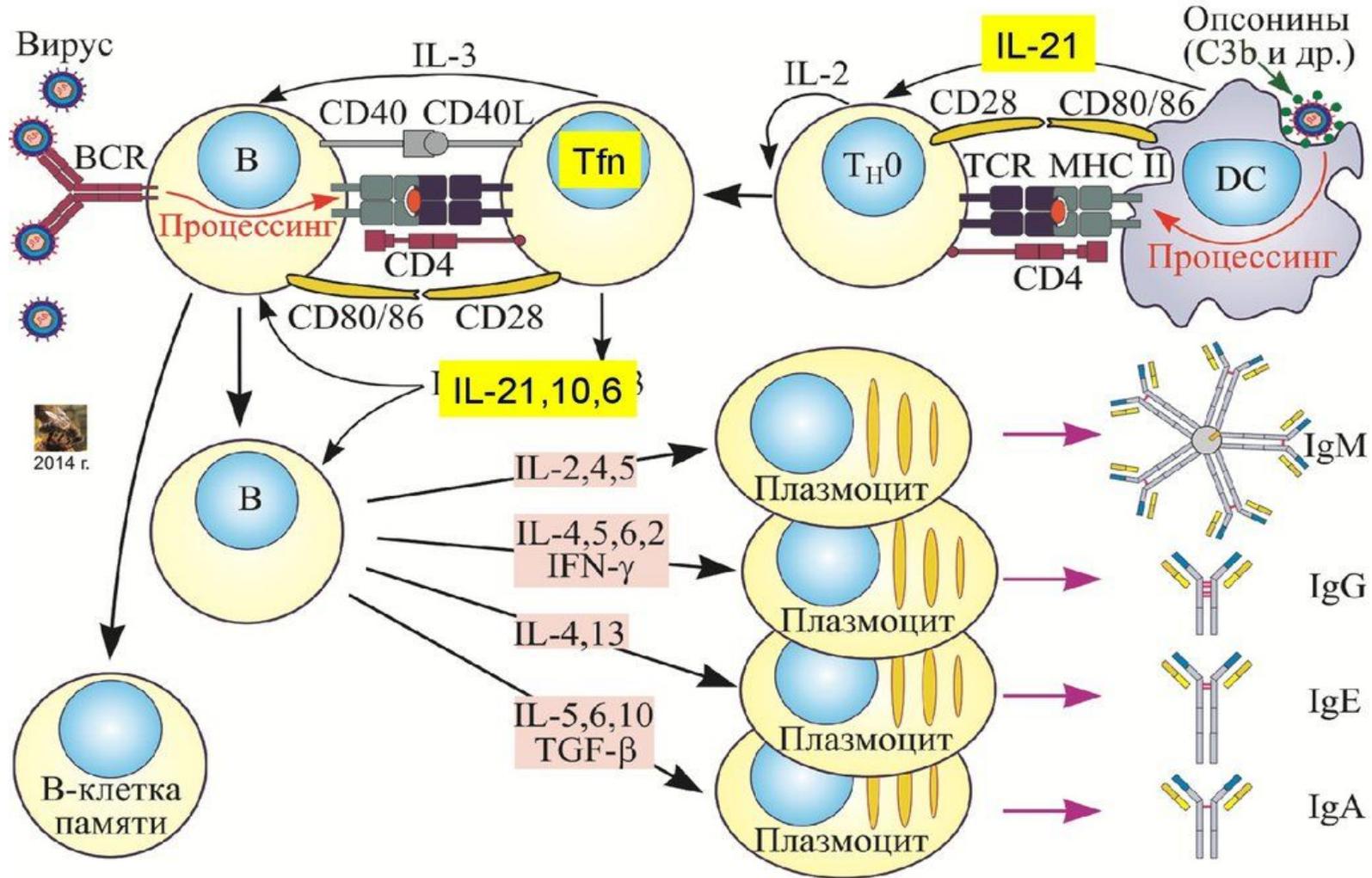
# Гуморальный иммунный ответ

- Стимуляция В-лимфоцитов к образованию антител, нейтрализующих бактерии, токсины, паразитов и реализующих другие эффекты.
- «перехват» растворимых компонентов патогенов (токсинов, аллергенов, химиопрепаратов), опсонизацию и фагоцитоз бактерий и вирусов, а также на элиминацию крупных инвазивных патогенов — гельминтов, которые не могут быть фагоцитированы макрофагами из-за своих размеров.

- Молекула иммуноглобулина способна связывать однако для формирования полноценного антигенраспознающего рецептора (BCR) необходимы ещё 2 полипептида, называемые Iga (CD79a) и IgP (CD79b).
- В дополнительный корецепторный комплекс мембранных молекул, связанных с внутриклеточными системами проведения сигналов, входят, по крайней мере, 3 мембранные молекулы:
- CD 19, CR2 (CD21) и ТАРА-1 (CD81).

- Th2-типа контролируется в основном ИЛ-4.
- Этот тип ответа направлен на стимуляцию В-лимфоцитов к образованию антител, нейтрализующих бактерии, токсины, паразитов и реализующих другие эффекты гуморального иммунитета.

# Схема гуморального иммунного ответа



**Таблица 7-1.** Взаимодействие Т- и В-клеток (при условии, что В-лимфоцит выполняет роль антигенпрезентирующей клетки)

Молекулы В-лимфоцита	Комплементарные молекулы Т-лимфоцита	Последствия взаимодействия
<i>Мембранные молекулы</i>		
Комплекс пептид-МНС	TCR	Активация Т-лимфоцита
МНС-II/МНС-I	CD4/CD8	То же
B7.1 (CD80), B7.2 (CD86)	CD28, позже CTLA-4	Активация, затем торможение Т-лимфоцита
CD40	CD40L	Активация Т-лимфоцита, пролиферация В-лимфоцита, переключение классов иммуноглобулинов в В-лимфоците
CD30	CD30L (лиганд)	Пролиферация Т- и В-лимфоцитов
<i>Цитокины и их рецепторы</i>		
Рецептор ИЛ-2 (ИЛ-2R)	ИЛ-2	Пролиферация лимфоцитов
Рецептор ИЛ-4 (ИЛ-4R)	ИЛ-4	Пролиферация и дифференцировка В-лимфоцитов — переключение на IgE
TGFβ-R	TFRβ	Дифференцировка В-лимфоцитов — переключение на IgA. Остановка пролиферации
Рецептор ИЛ-13 (ИЛ-13R)	ИЛ-13	Дифференцировка В-лимфоцитов, переключение на IgE
Рецептор ИЛ-6 (ИЛ-6R)	ИЛ-6	Пролиферация и дифференцировка В-лимфоцитов

**Таблица 5.** Сравнительная характеристика первичного и вторичного иммунного ответа.

<b>Механизмы</b>	<b>Первичный</b>	<b>Вторичный</b>
Презентация антигена	Фагоциты, дендритные клетки	Иммунные В-лимфоциты памяти способны сами осуществлять синтез антител без поддержки со стороны макрофагов и Т-хелперов
Персистенция антигена в крови	До 5-8 дней, пока организуется синтез специфических IgM	Сразу выводятся из циркуляции за счёт образования циркулирующих иммунных комплексов
Накопление антител в крови	Сначала IgM, а после 10-17 дня – IgG	Сразу появляются IgG, концентрация IgM не меняется
Время формирования оптимальной концентрации IgG	10-17 день	4-7 день
Присутствие клеток памяти	Нет	Присутствуют
Место взаимодействия клеток с антигеном	Вторичные лимфоидные органы (лимфоузлы, селезёнка)	Третичные лимфоидные органы, формируемые в месте проникновения антигена

- 1. Иммунология : структура и функции иммунной системы : учебное пособие / Р. М. Хаитов. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2013.
- 2. Койко, Р. Иммунология / Р. Койко, Д. Саншайн, Э. Бенджамини; пер. с англ. А. В. Камаева, А. Ю. Кузнецовой под ред. Н. Б. Серебряной. -М: Издательский центр «Академия», 2008. — 368 с.
- 3. Ярилин А.А. Иммунология: учебник. - М.: ГЭОТАР Медиа, 2010. - 752 с.