

# ОБЩАЯ ОКЕАНОЛОГИЯ

Термохалинная структура вод океана

Термохалинная структура =

Термическая структура + Халинная структура

Синонимы

Гидрологическая структура

Гидрология

Английский

*Hydrographic*

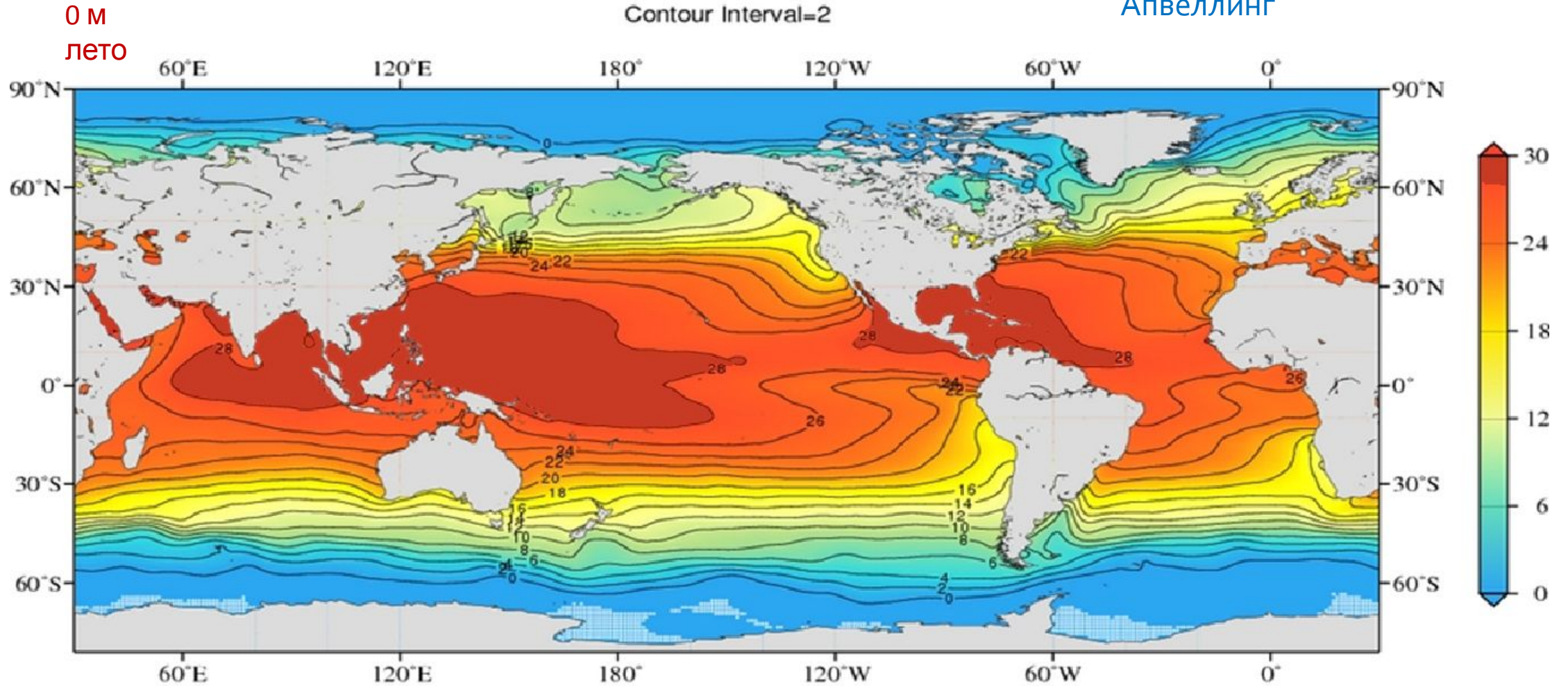
*Hydrologic*

*Thermohaline*

Чем обусловлено географическое распределение температуры воды в Мировом океане?

# Горизонтальное распределение температуры

Тепловой баланс на поверхности  
Ветровая циркуляция  
Конвекция  
Апвеллинг



Summer (Jul.-Sep.) temperature [°C] at the surface (one-degree grid)



# Горизонтальное распределение температуры

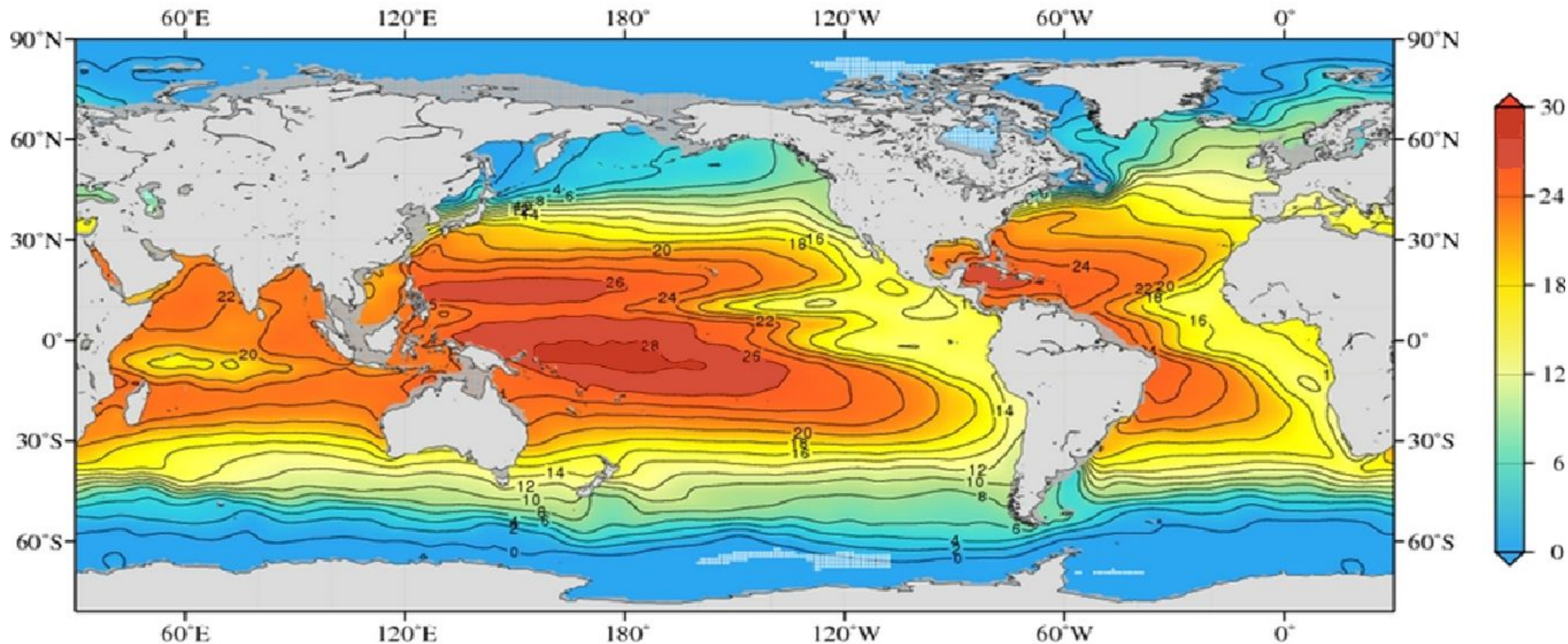
Тепловой баланс на поверхности  
Ветровая циркуляция  
Конвекция  
Апвеллинг

World Ocean Atlas Climatology

Decade 1995 - 2004

Contour Interval=2

100 м



Annual temperature [°C] at 100 m. depth (one-degree grid)

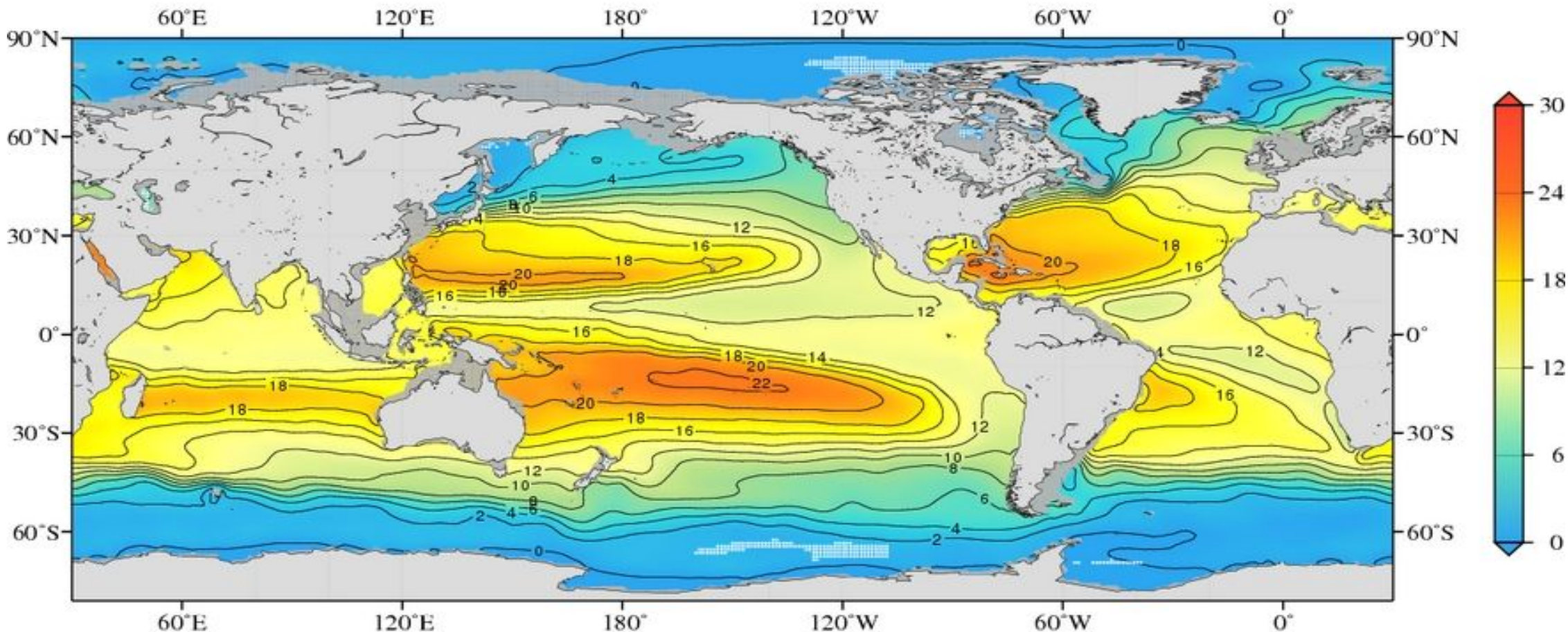


# Горизонтальное распределение температуры

Ветровая циркуляция  
Конвекция  
Апвеллинг

World Ocean Atlas Climatology  
Decade 1995 - 2004  
Contour Interval=2

200 м



Annual temperature [°C] at 200 m. depth (one-degree grid)



# Горизонтальное распределение температуры

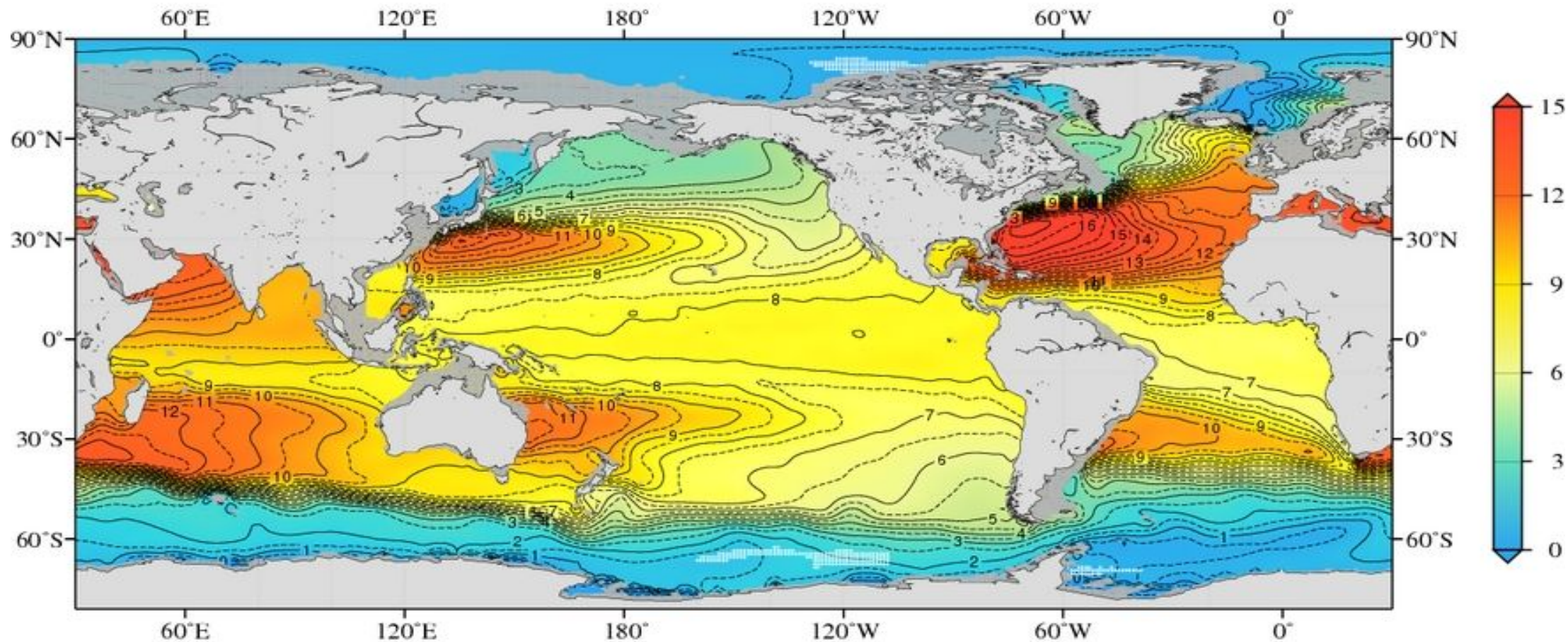
Ветровая циркуляция  
Циркуляция промежуточных слоев  
Конвекция

World Ocean Atlas Climatology

Decade 1995 - 2004

Contour Interval=0.5

500 m



Annual temperature [°C] at 500 m. depth (one-degree grid)



# Горизонтальное распределение температуры

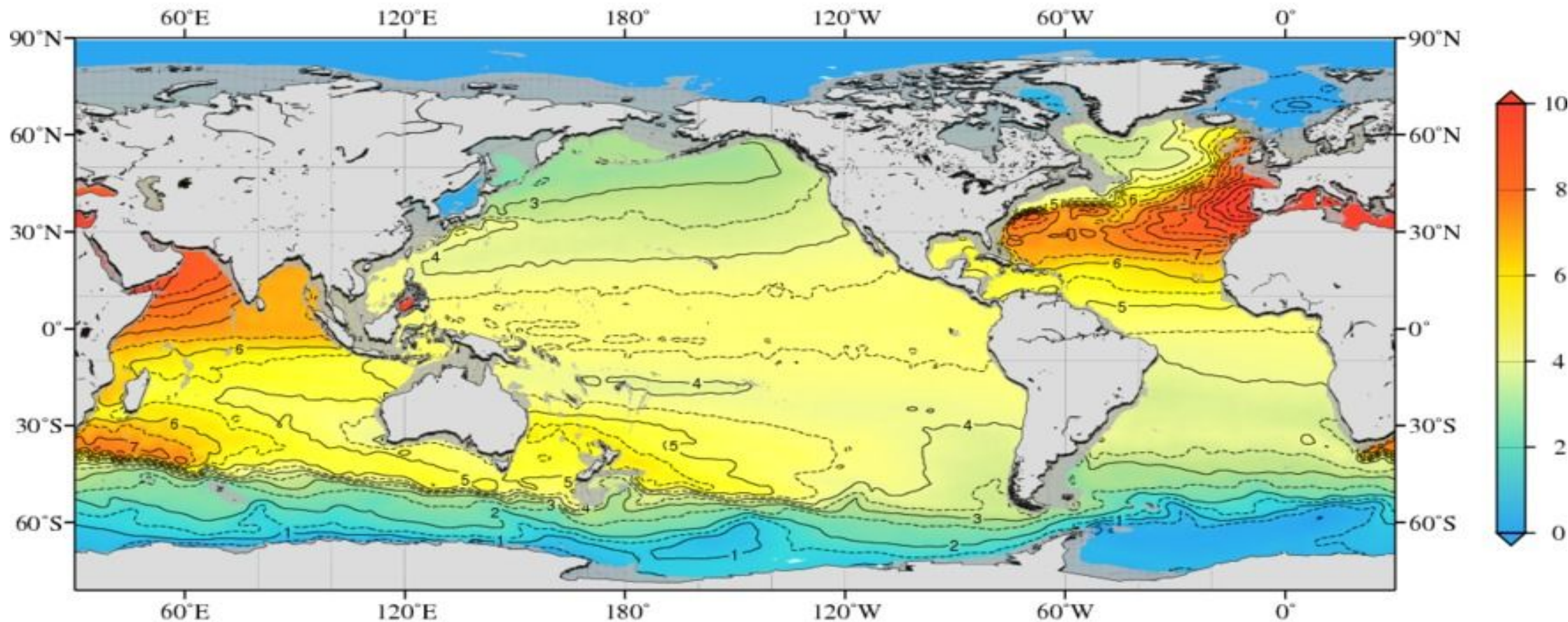
World Ocean Atlas Climatology

Decadal Average: 1955 - 2012

Contour Interval=0.5

Циркуляция промежуточных слоев

1000 м



Annual temperature [°C] at 1000 m. depth (quarter-degree grid)



# Горизонтальное распределение температуры

World Ocean Atlas Climatology

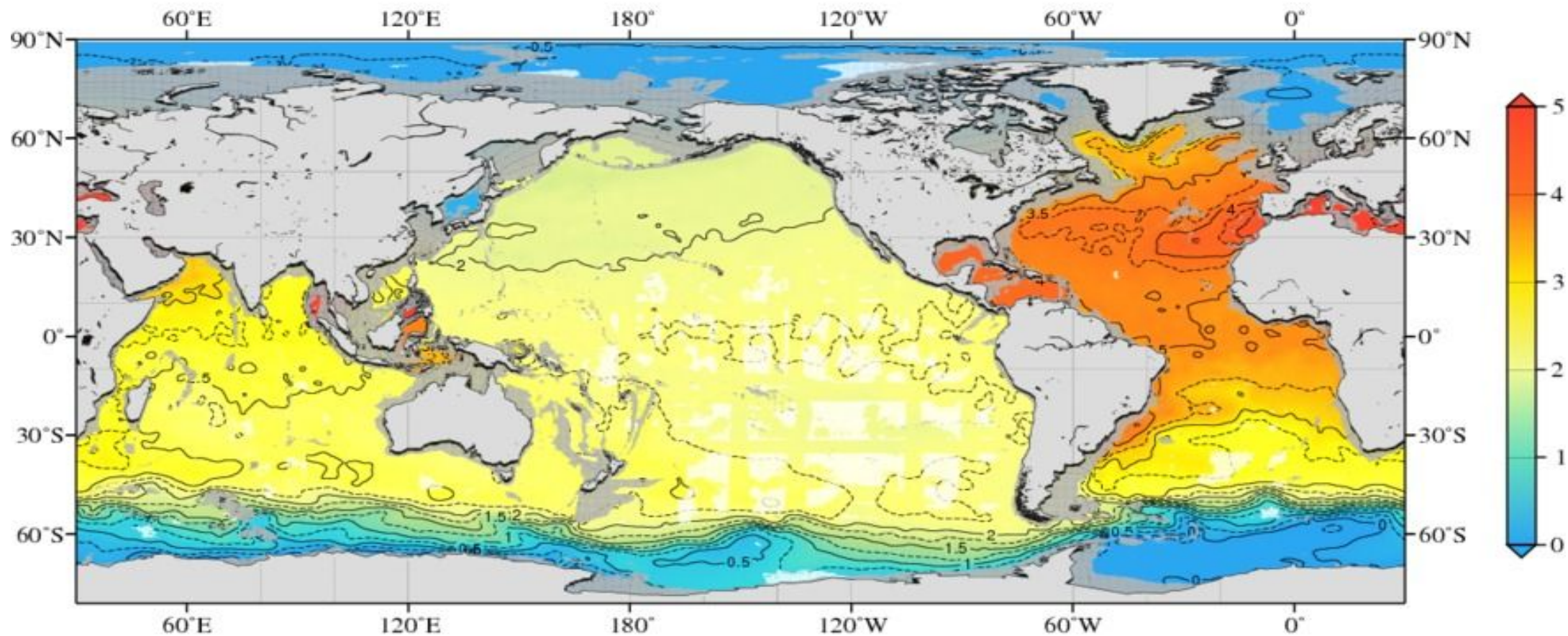
Decadal Average: 1955 - 2012

Contour Interval=0.25

Циркуляция промежуточных слоев

Циркуляция глубинных слоев

2000 м



Annual temperature [°C] at 2000 m. depth (quarter-degree grid)

# Горизонтальное распределение температуры

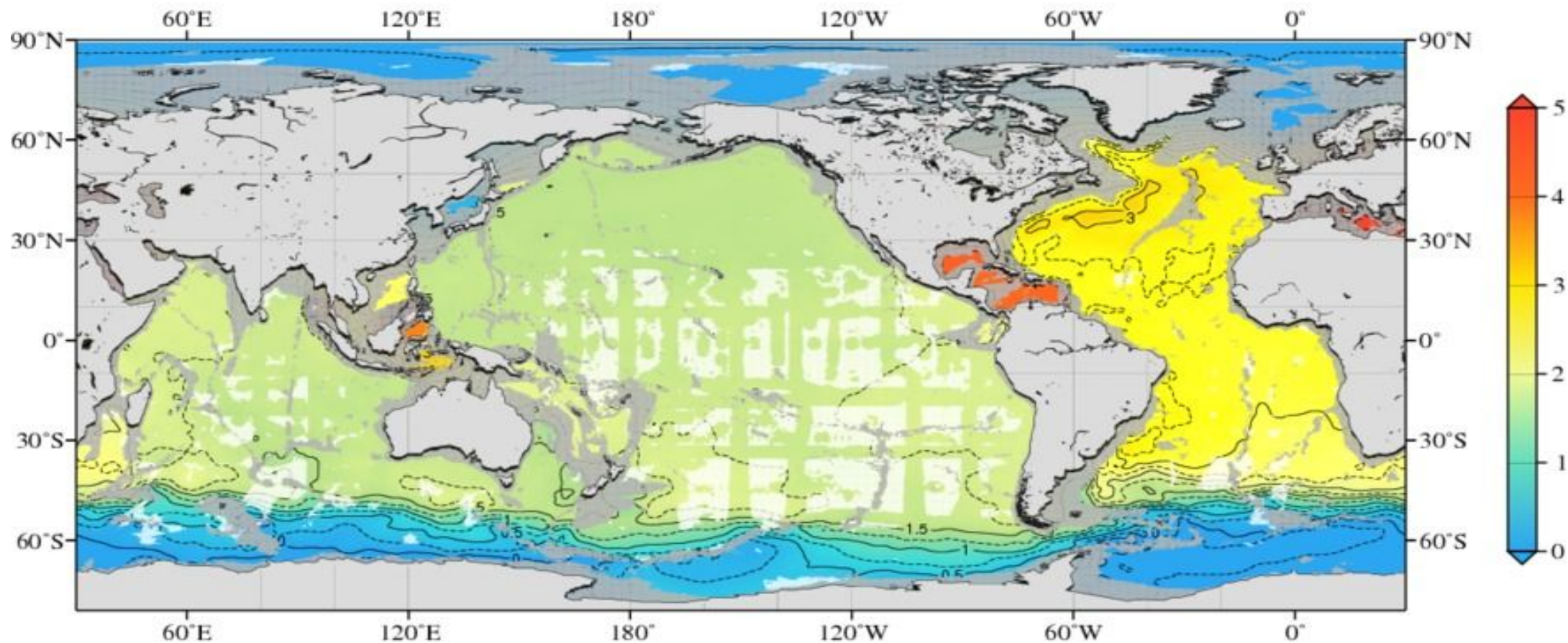
World Ocean Atlas Climatology

Decadal Average: 1955 - 2012

Contour Interval=0.25

Циркуляция глубинных слоев

3000 м



Annual temperature [°C] at 3000 m. depth (quarter-degree grid)



# Горизонтальное распределение температуры

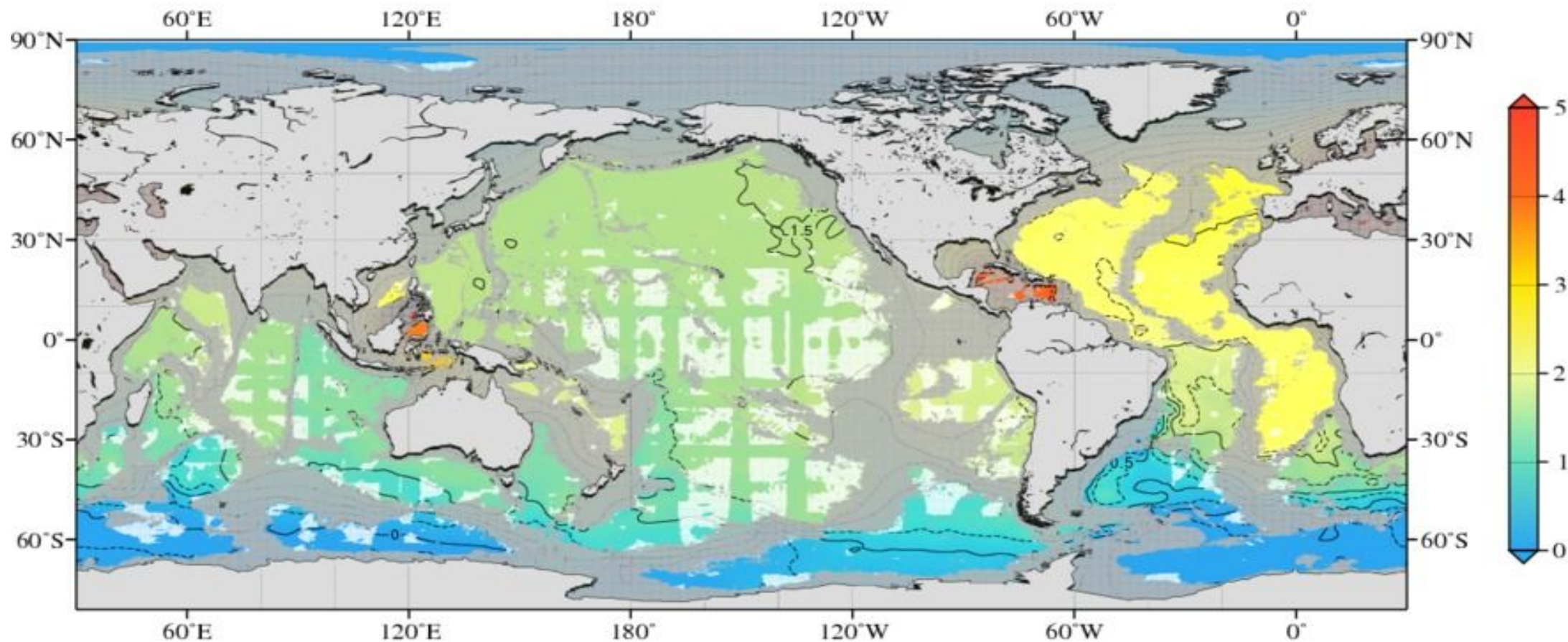
World Ocean Atlas Climatology

Decadal Average: 1955 - 2012

Contour Interval=0.25

Циркуляция придонных слоев

4000 м



Annual temperature [°C] at 4000 m. depth (quarter-degree grid)



# Горизонтальное распределение температуры

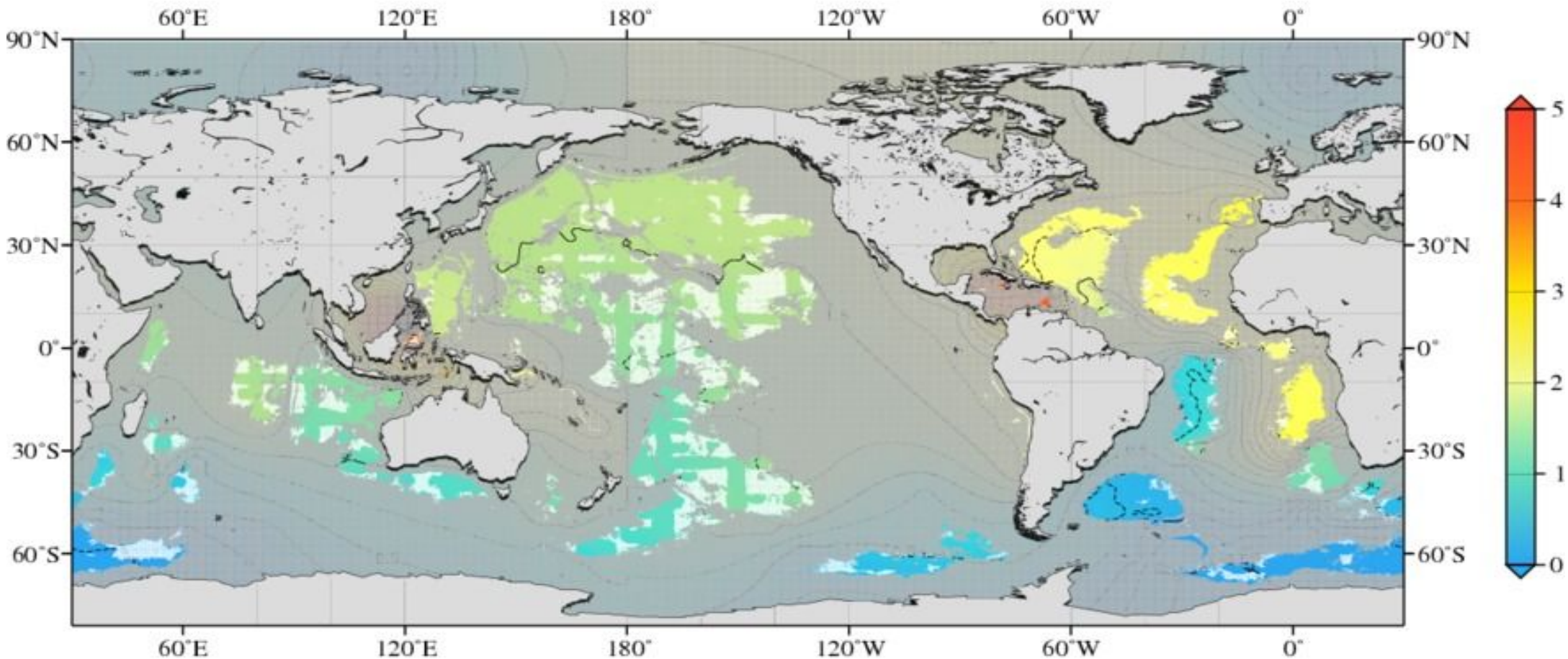
World Ocean Atlas Climatology

Decadal Average: 1955 - 2012

Contour Interval=0.25

Циркуляция придонных слоев

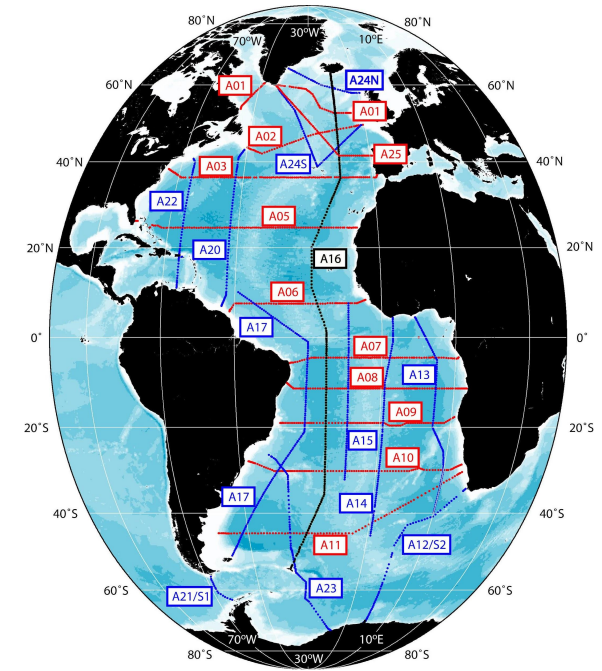
5000 м



Annual temperature [°C] at 5000 m. depth (quarter-degree grid)

# Вертикальное распределение температуры

Атлантический океан

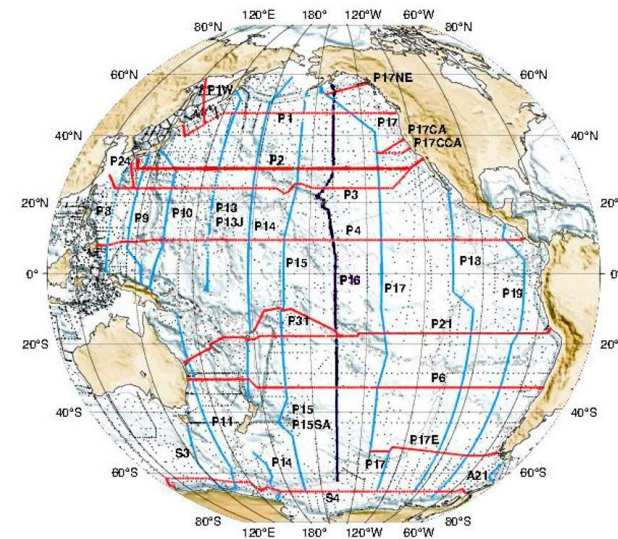
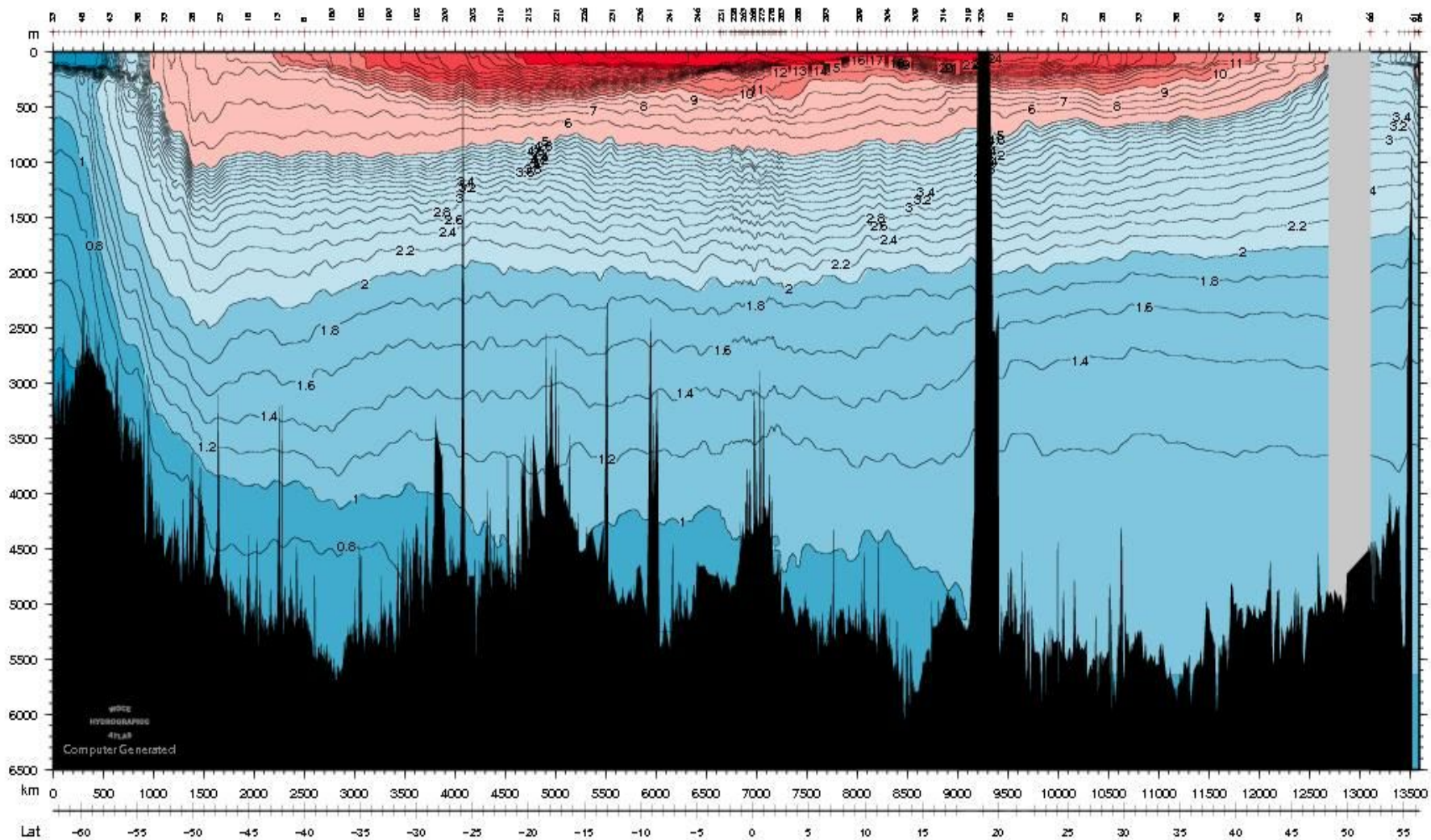




# Вертикальное распределение температуры

## Тихий океан

Potential Temperature (°C) for P16 150°W (1000:1)

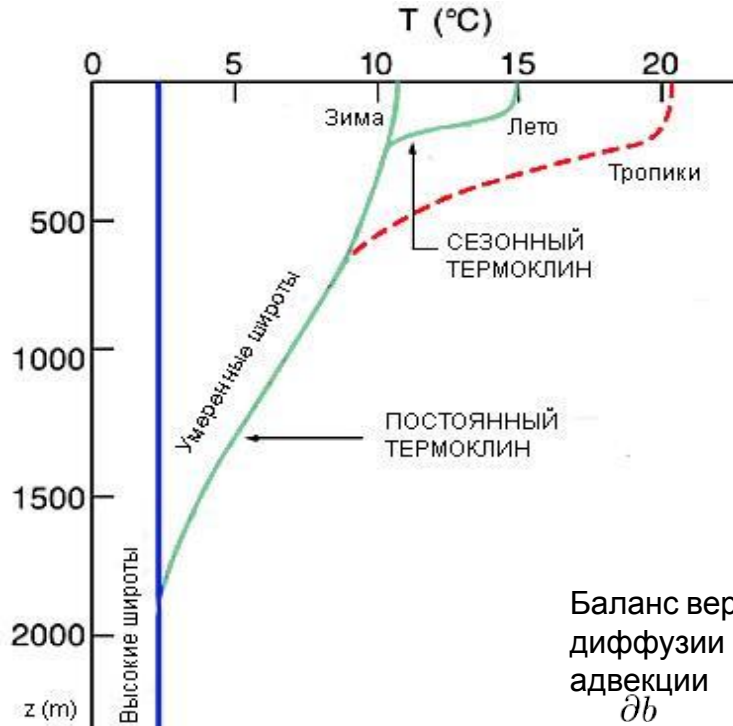






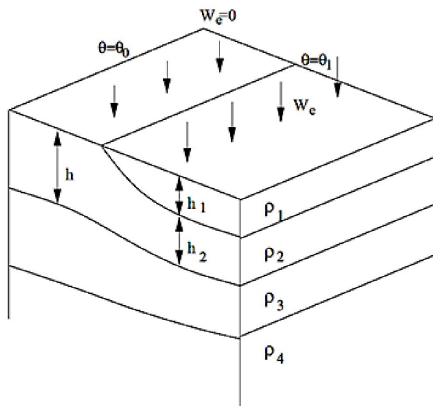
# Вертикальное распределение температуры

## Термоклин



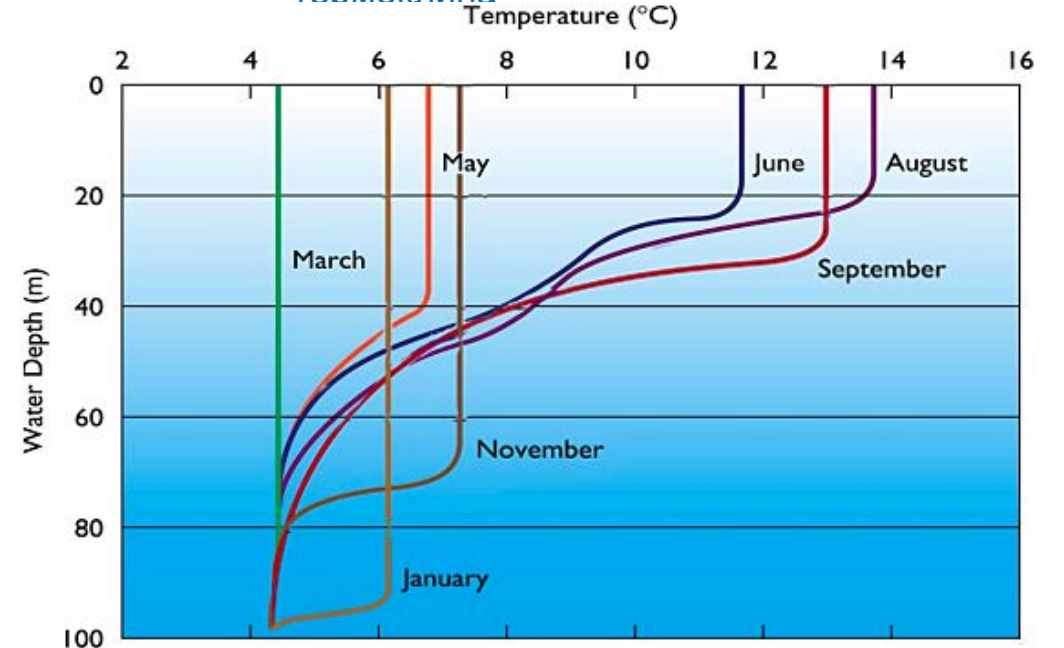
Баланс вертикальной диффузии и вертикальной адвекции

$$w \frac{\partial b}{\partial z} \approx \kappa \frac{\partial^2 b}{\partial z^2}$$



Вентилируемый термоклин [Pullosky, and Stommel, 1983](#)

## Развитие сезонного термоклина



Поток тепла из атмосферы, вертикальная диффузия тепла и процессы перемешивания в ВКС

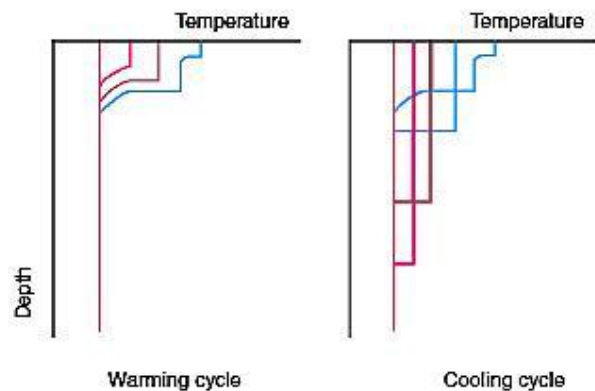


# Вертикальное распределение температуры

Верхний квазиоднородный слой

ВКС

(верхний перемешанный, гомогенный)



Конвективное

перемешивание

термическое (охлаждение);

соленостное (испарение, ледообразование)

Ветро-волновое

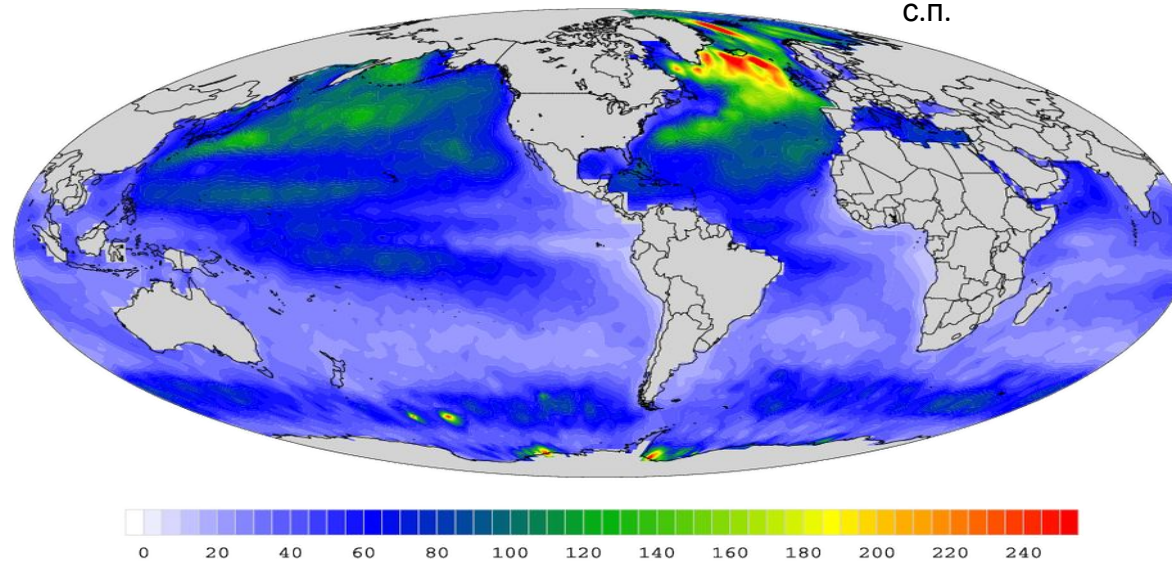
перемешивание

обрушение поверхностных волн;

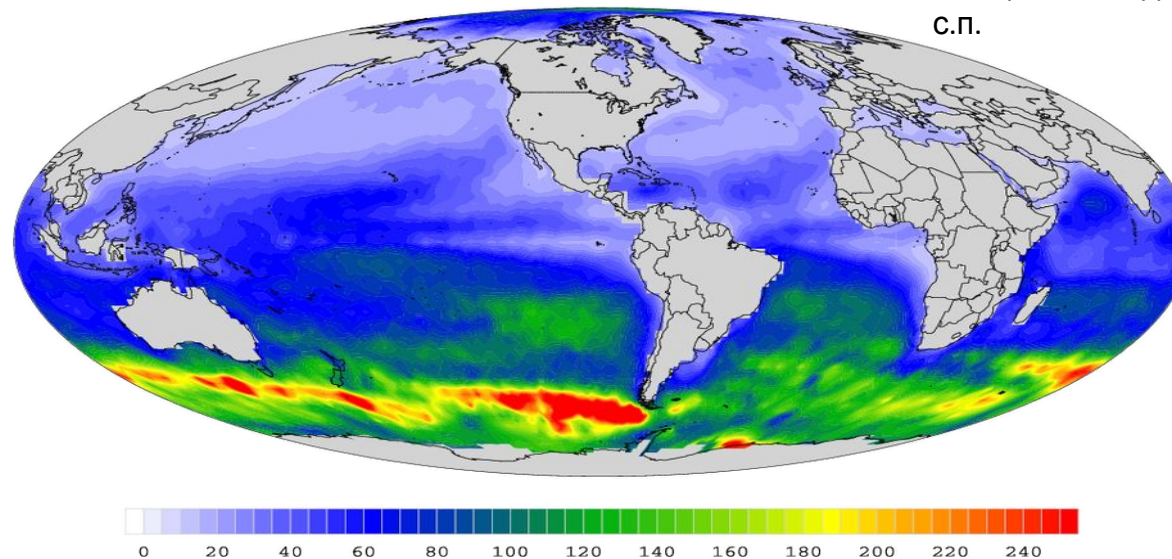
турбулентность ветровых течений;

Инерционные колебания

Толщина ВКС для зимнего периода  
с.п.



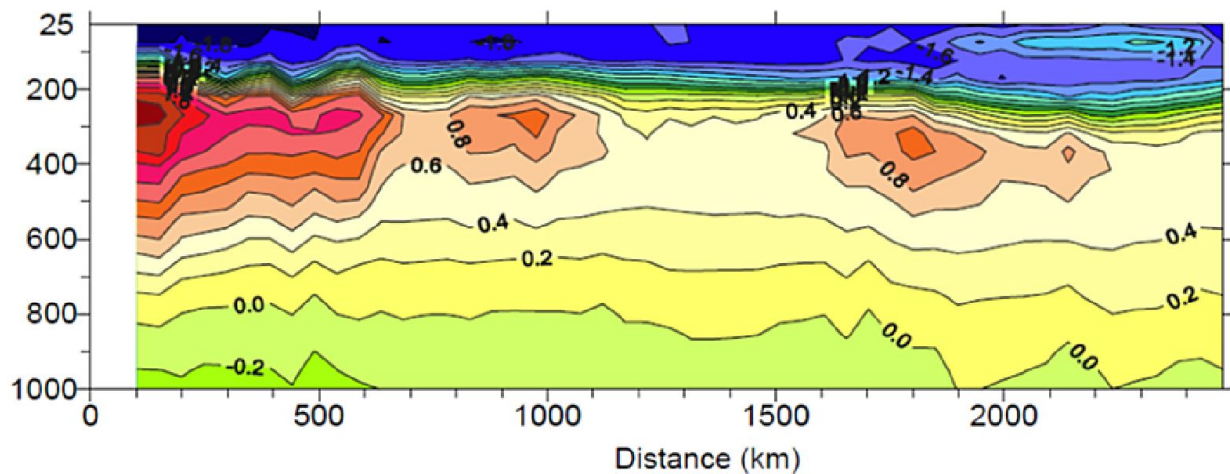
Толщина ВКС для летнего периода  
с.п.





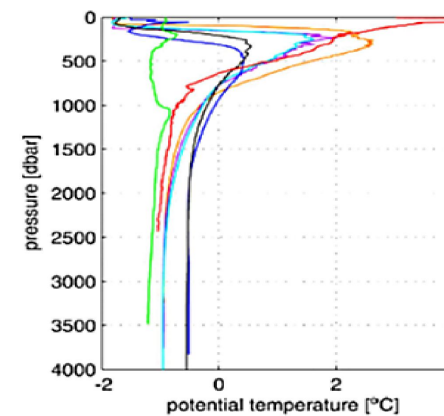
# Вертикальное распределение температуры

## Промежуточные экстремумы

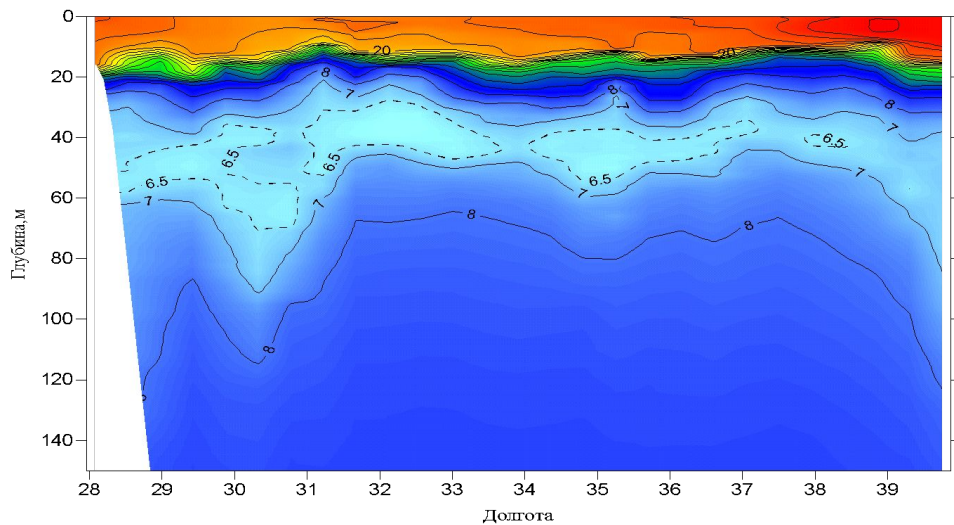


Слой атлантических вод в Арктике

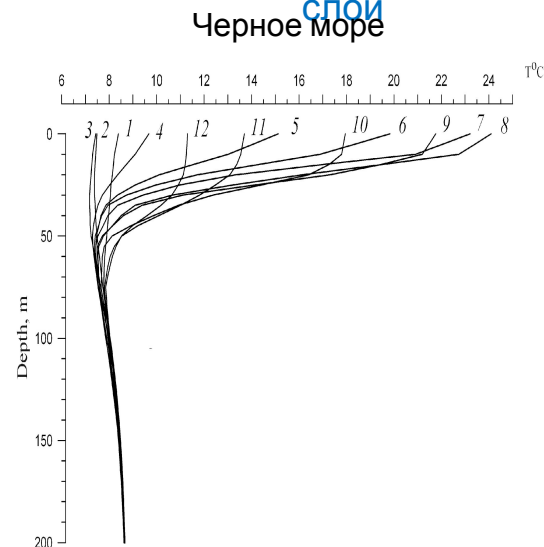
Теплый промежуточный слой  
Арктика



Холодный промежуточный слой  
Черное море

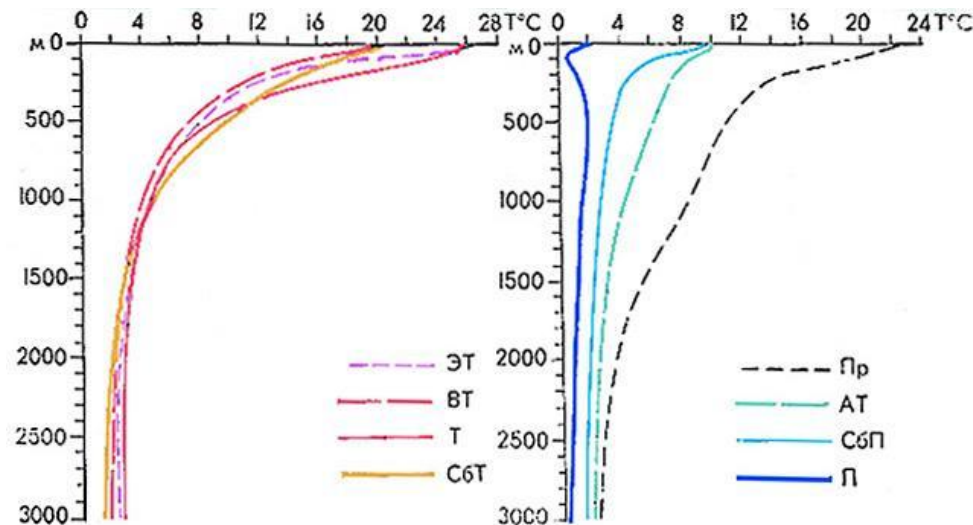
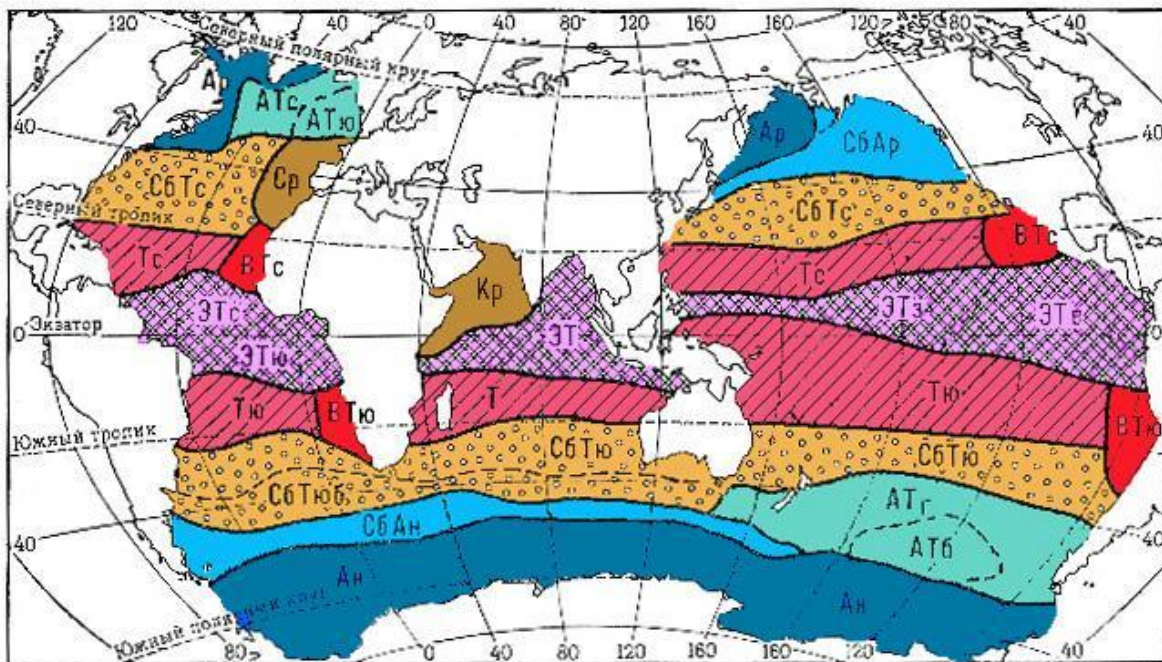


ХПС в Черном море в июле 1992 г.



# Вертикальное распределение температуры

## Типизация



Районирование Мирового океана по типам вертикального распределения температуры воды (по В.Н. Степанову)

ЭТ – экваториально-тропический; Т – тропический (основной); ВТ – восточнотропический;  
Пр – присредиземноморский (Ср – средиземноморский, Кр – красноморский); СБТ – субтропический; АТ – атлантико-тихоокеанский; СБП – субполярный (СБАр – субарктический, СБАН – субантарктический); П – полярный (Ар – арктический, АН – антарктический).



# Формирование термической структуры океана

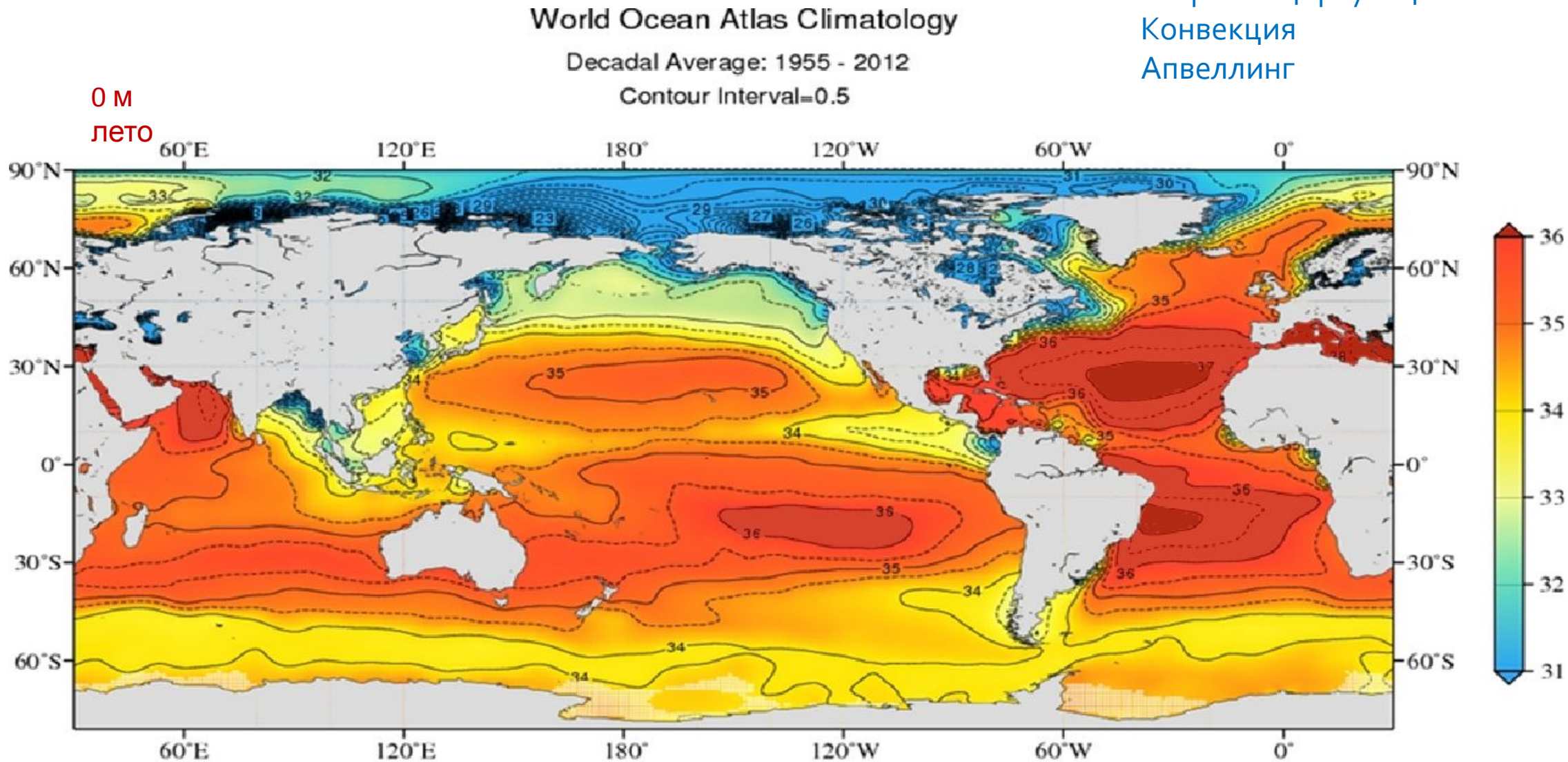
- **Поверхностные слои** – тепловой баланс поверхности океана, в полярных районах ледовые процессы, поверхностные течения;
- **Промежуточные слои** – вертикальный теплообмен, вертикальная циркуляция вод, распространение более теплых водных масс из районов умеренных широт в полярные районы (промежуточный максимум температуры), зимнее конвективное перемешивание (промежуточный минимум температуры);
- **Глубинные и придонные слои** – распространение водных масс из районов глубокой конвекции (Антарктида и Северная Атлантика);

Чем обусловлено географическое распределение  
солёности воды в Мировом океане?



# Горизонтальное распределение солёности

Водный баланс на поверхности  
Ветровая циркуляция  
Конвекция  
Апвеллинг

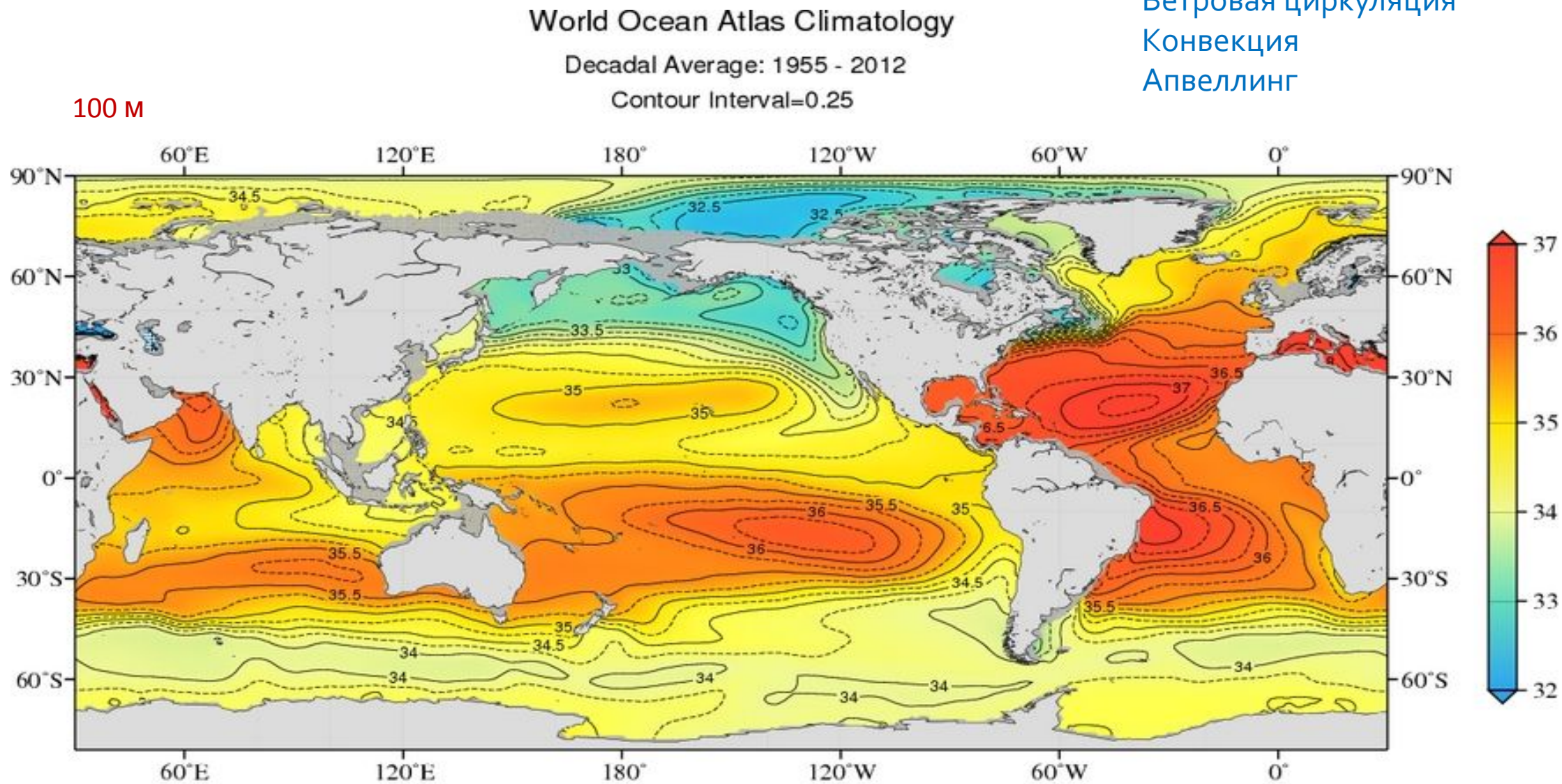


Summer (Jul.-Sep.) salinity at the surface (one-degree grid)



# Горизонтальное распределение солености

Водный баланс на поверхности  
Ветровая циркуляция  
Конвекция  
Апвеллинг

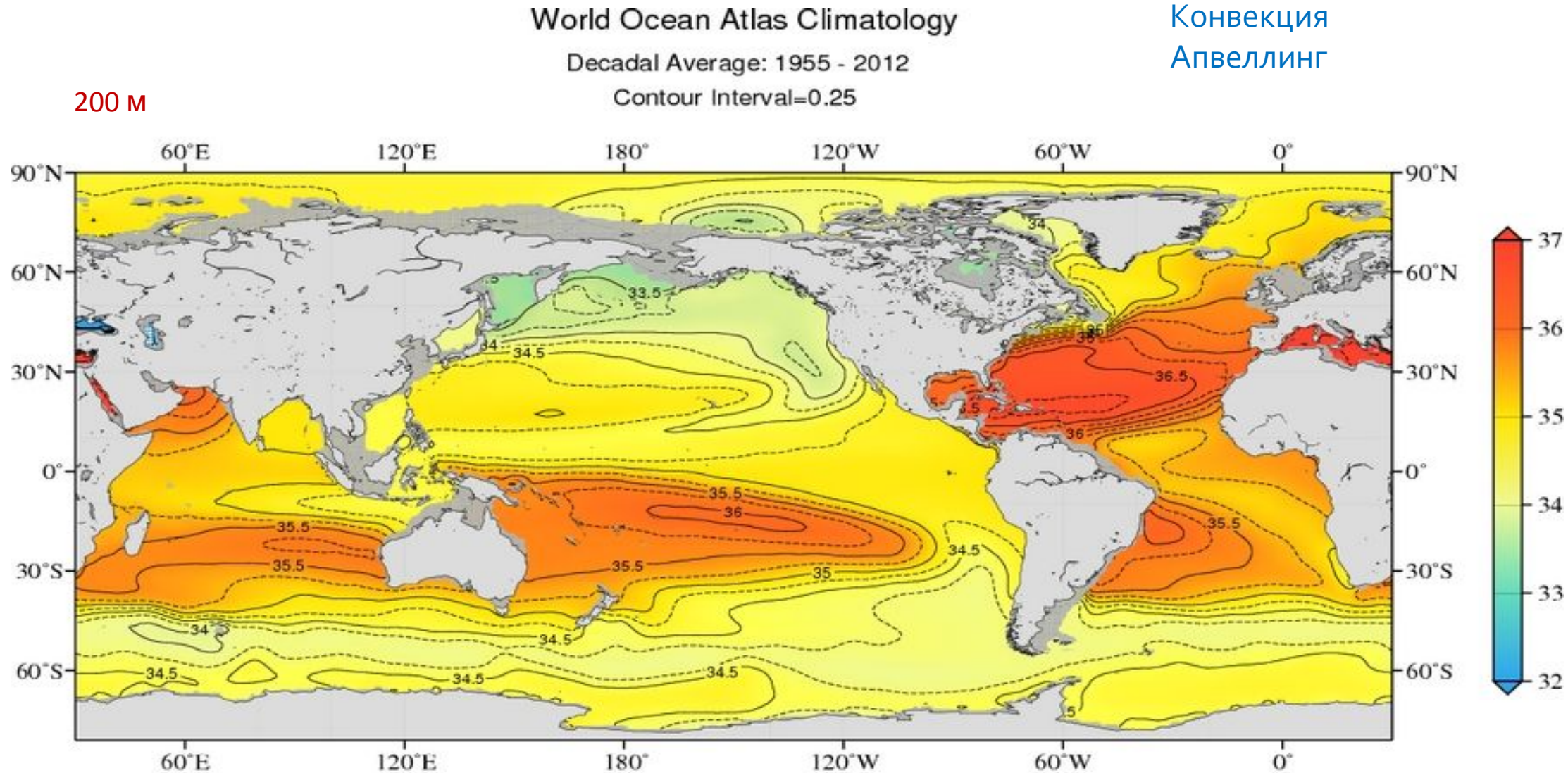


Annual salinity at 100 m. depth (one-degree grid)



# Горизонтальное распределение солёности

Ветровая циркуляция  
Конвекция  
Апвеллинг

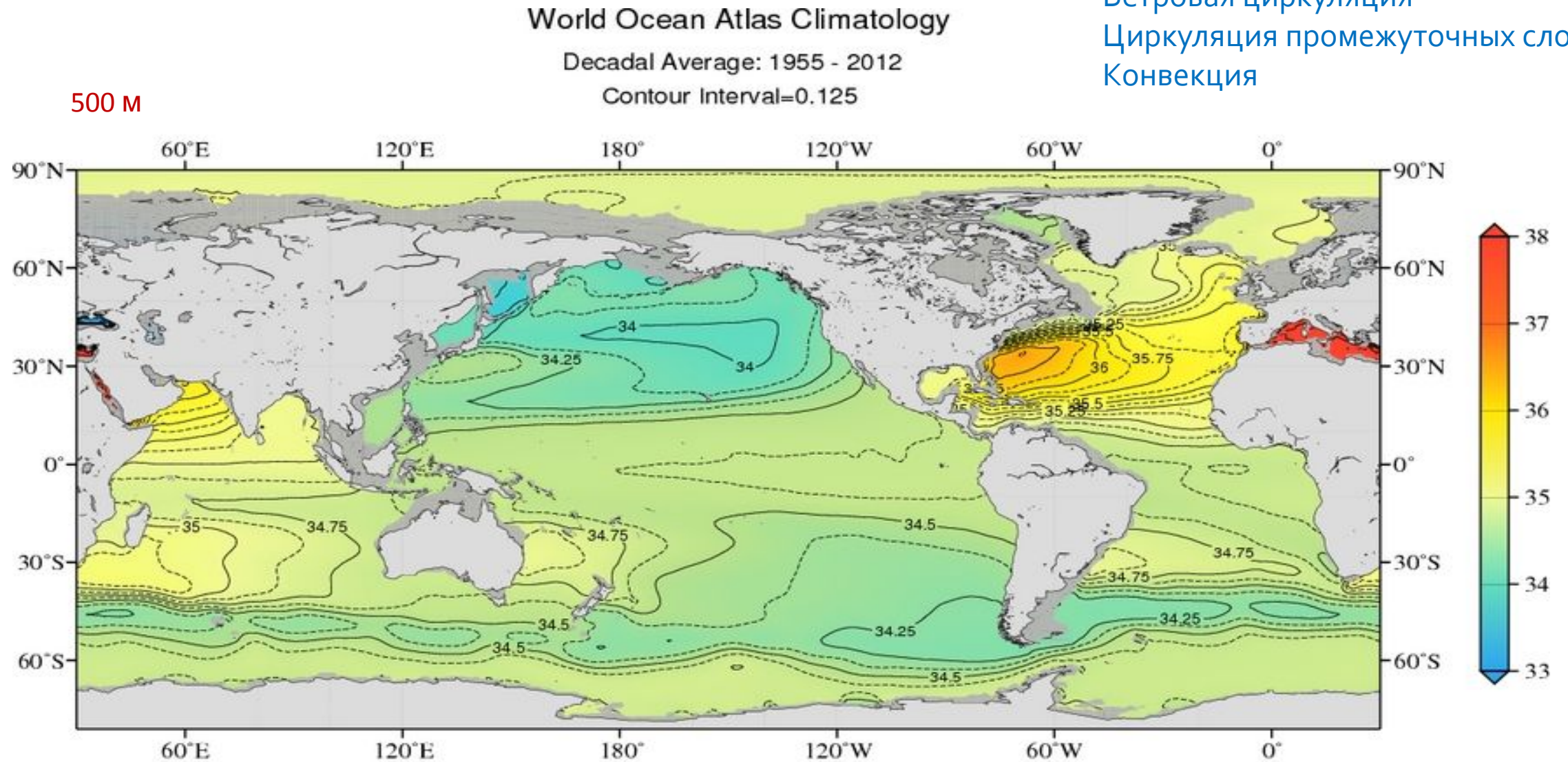


Annual salinity at 200 m. depth (one-degree grid)



# Горизонтальное распределение солёности

Ветровая циркуляция  
Циркуляция промежуточных слоев  
Конвекция





# Горизонтальное распределение солёности

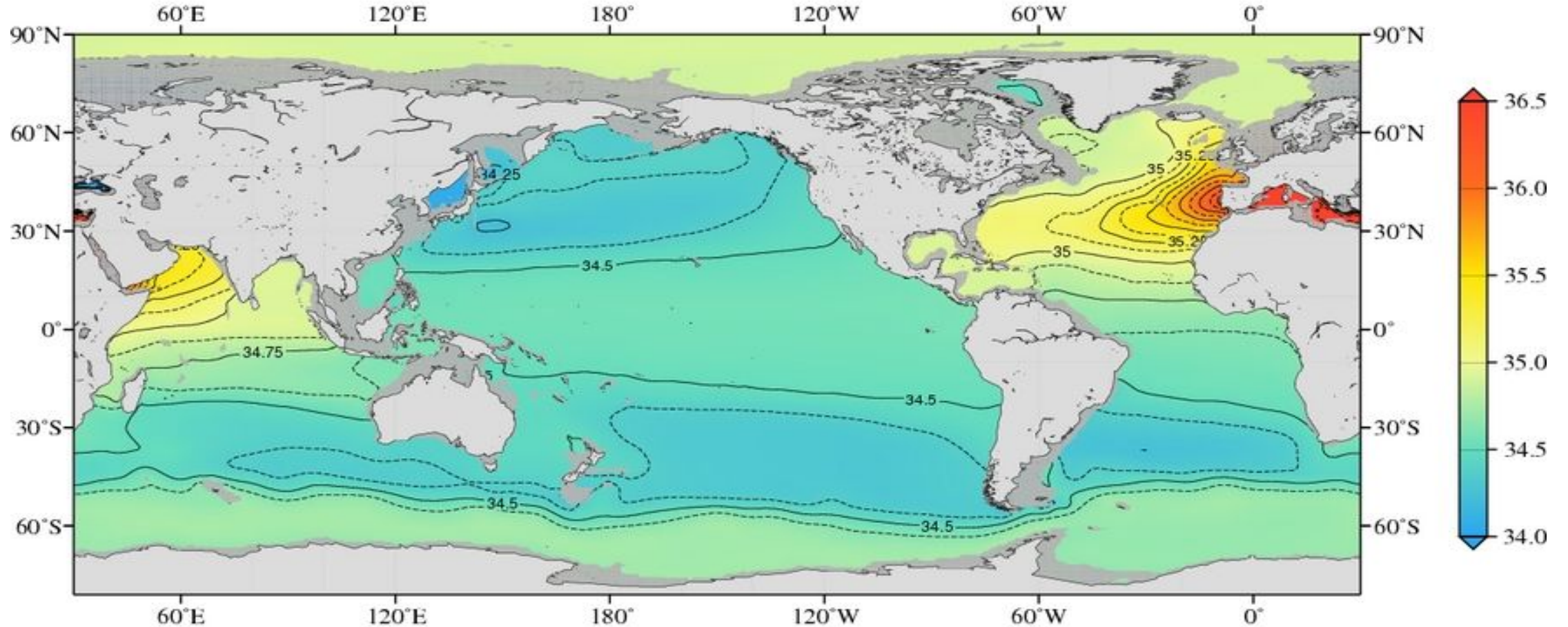
World Ocean Atlas Climatology

Decadal Average: 1955 - 2012

Contour Interval=0.125

Циркуляция промежуточных слоев

1000 м



Annual salinity at 1000 m. depth (one-degree grid)

# Горизонтальное распределение солёности

World Ocean Atlas Climatology

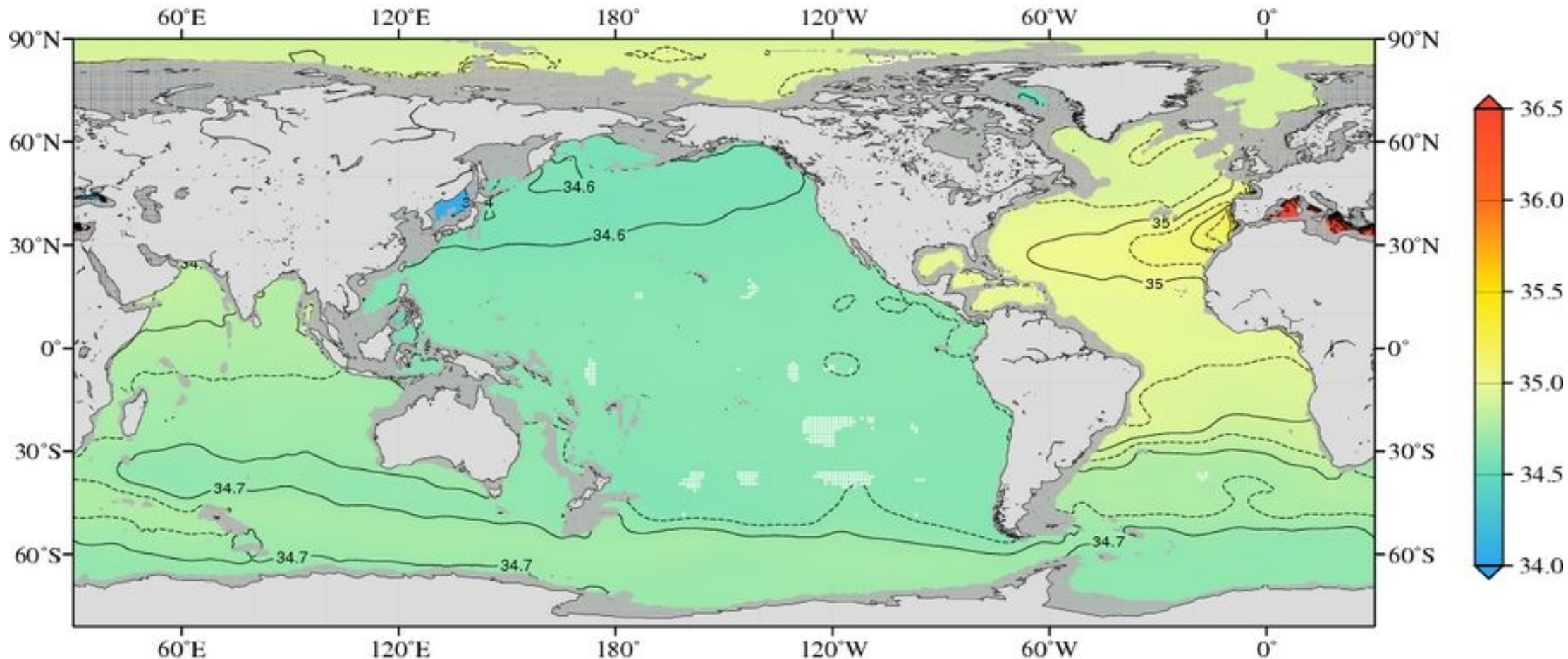
Decadal Average: 1955 - 2012

Contour Interval=0.05

Циркуляция промежуточных слоев

Циркуляция глубинных слоев

2000 м



Annual salinity at 2000 m. depth (one-degree grid)



# Горизонтальное распределение солёности

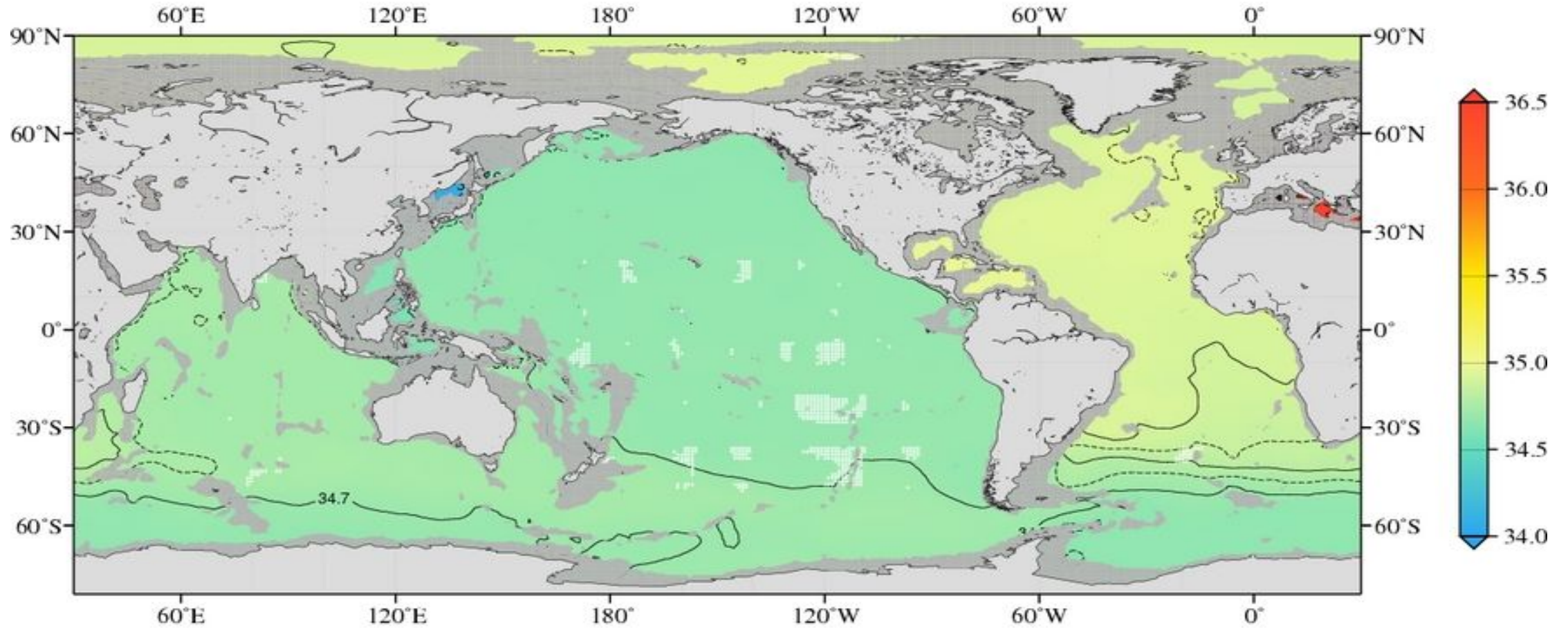
World Ocean Atlas Climatology

Decadal Average: 1955 - 2012

Contour Interval=0.05

Циркуляция глубинных слоев

3000 м



Annual salinity at 3000 m. depth (one-degree grid)

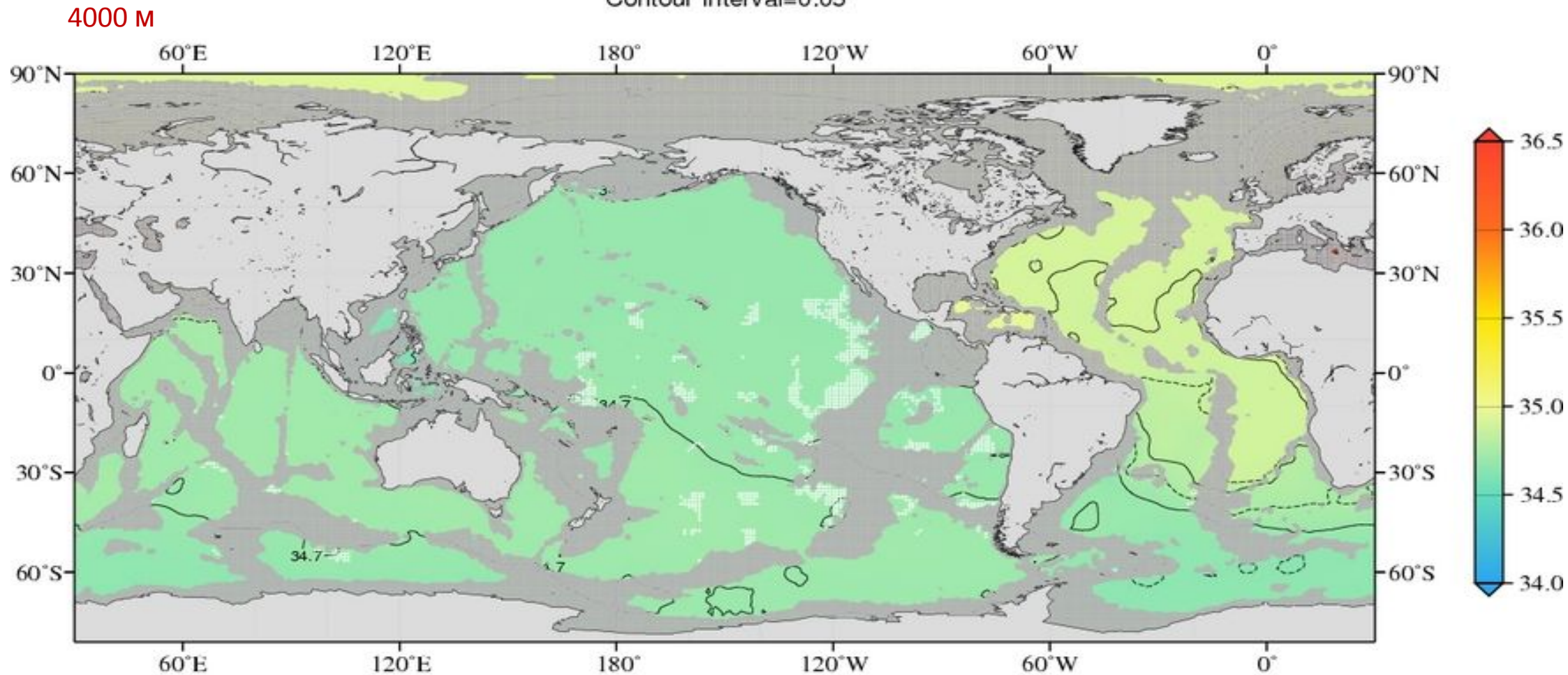
# Горизонтальное распределение солёности

World Ocean Atlas Climatology

Decadal Average: 1955 - 2012

Contour Interval=0.05

Циркуляция придонных слоев



Annual salinity at 4000 m. depth (one-degree grid)



# Горизонтальное распределение солёности

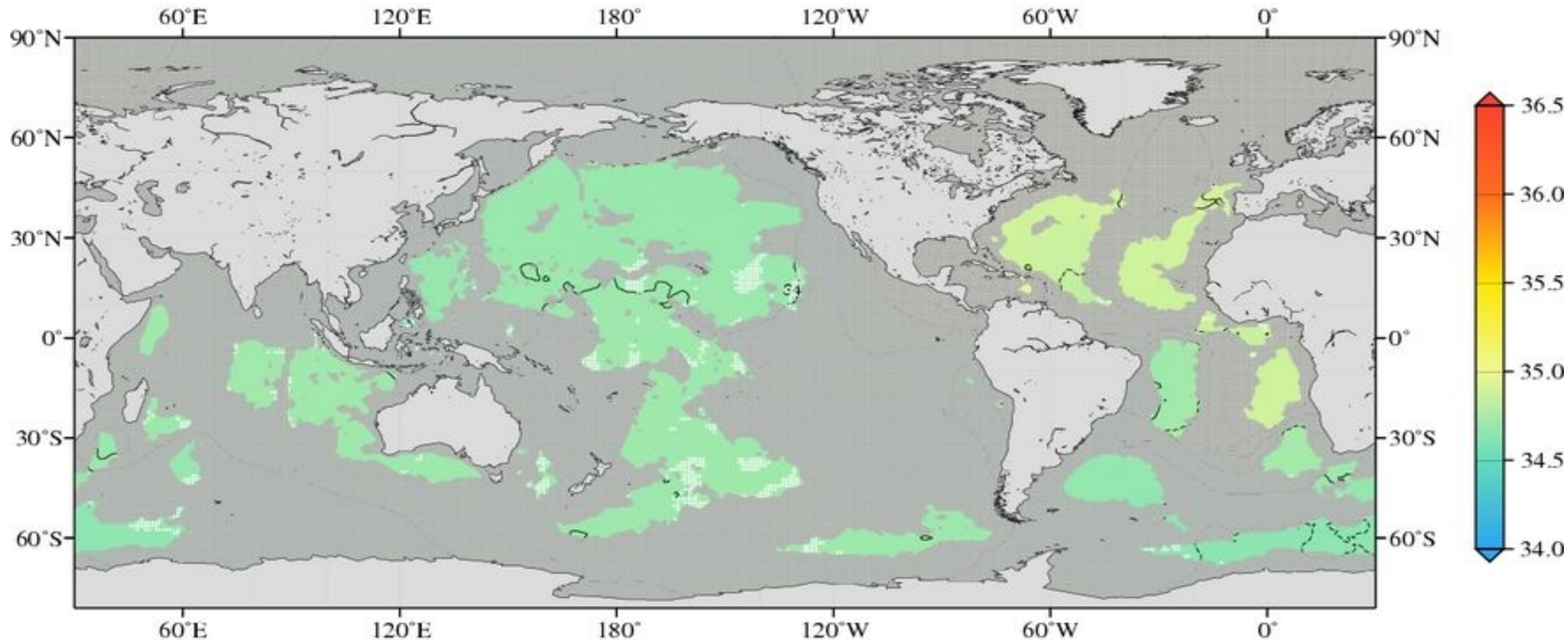
World Ocean Atlas Climatology

Decadal Average: 1955 - 2012

Contour Interval=0.05

Циркуляция придонных слоев

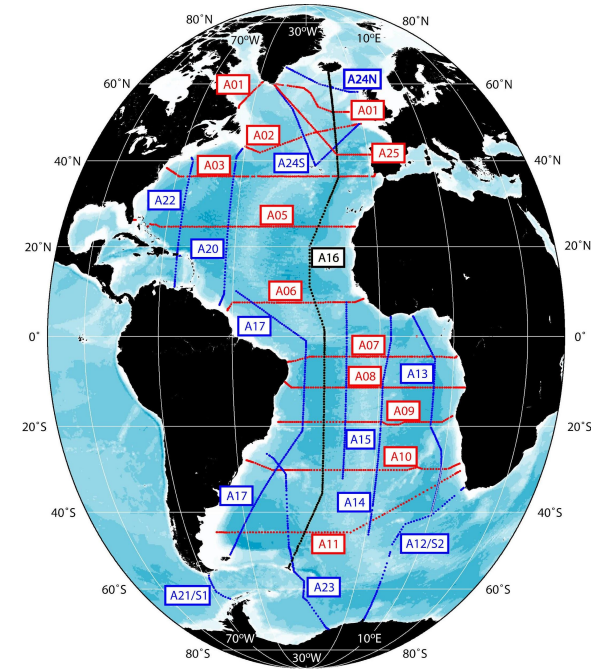
5000 м



Annual salinity at 5000 m. depth (one-degree grid)

# Вертикальное распределение солёности

Атлантический океан

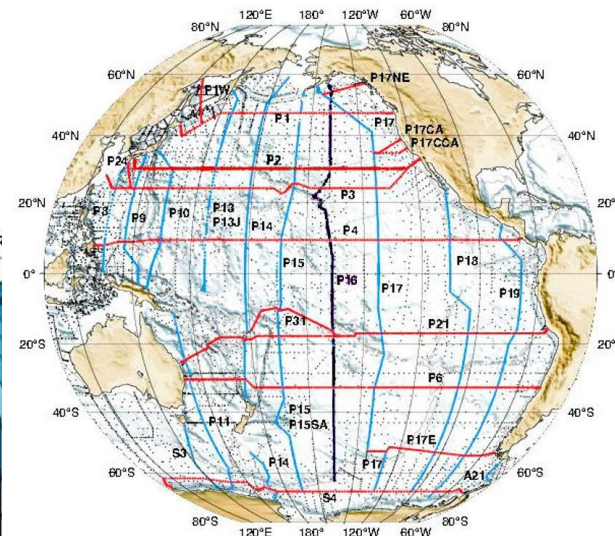
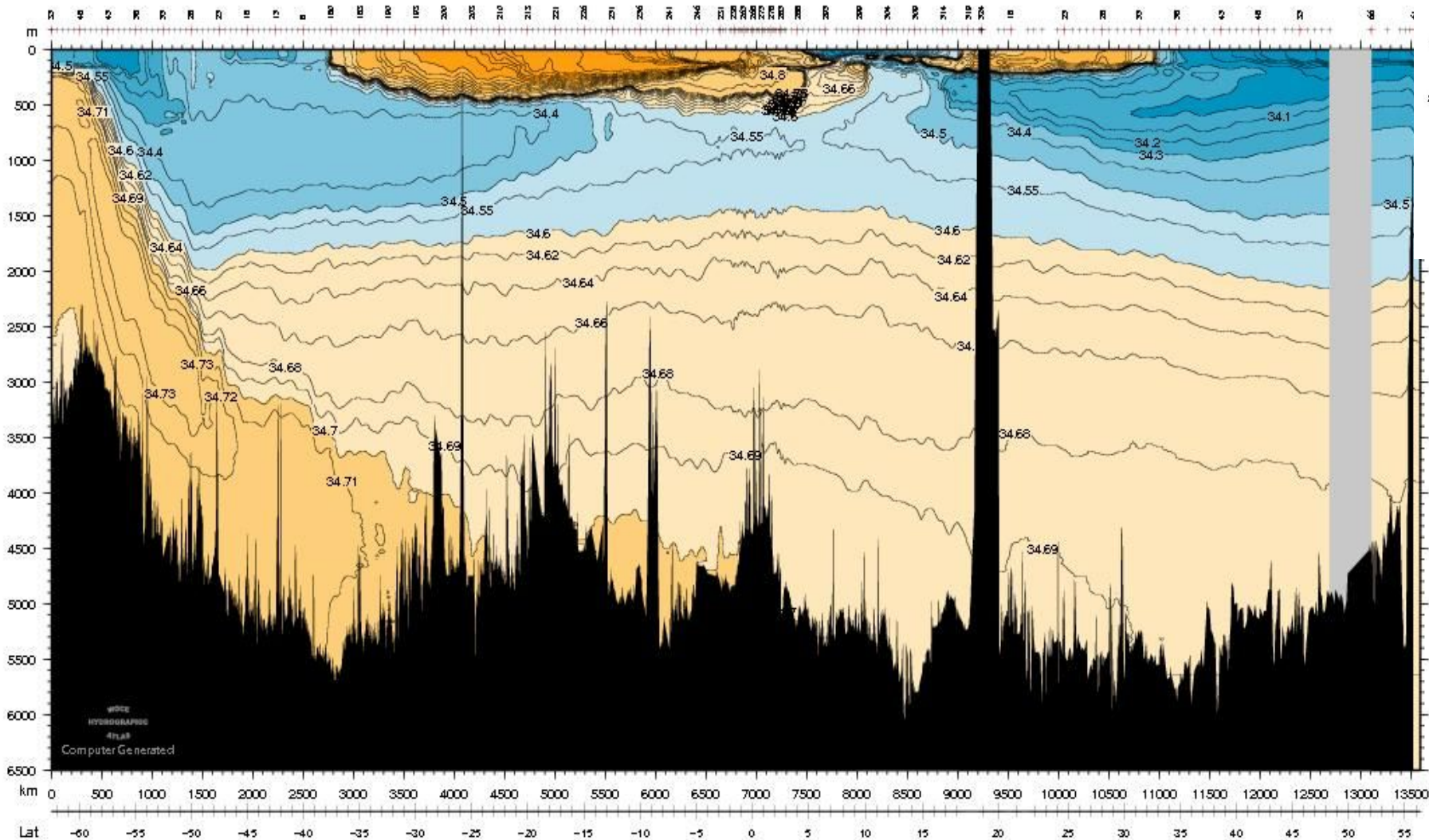




# Вертикальное распределение солености

Тихий океан

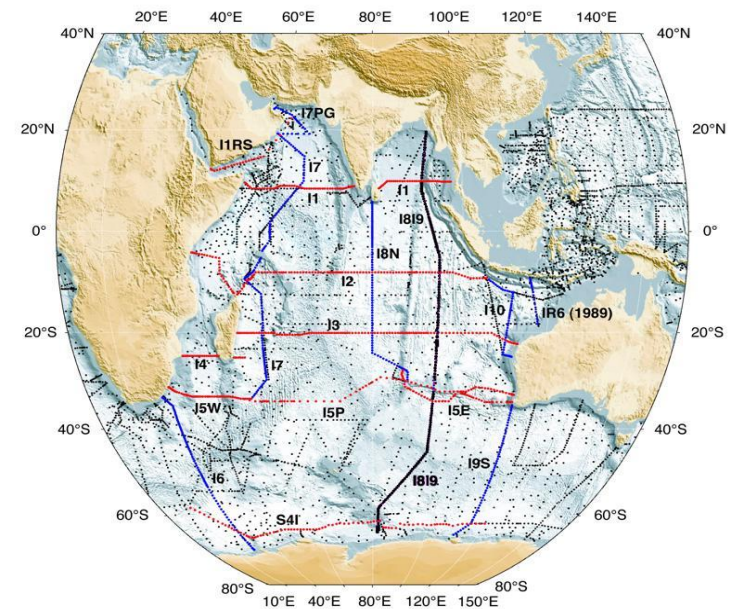
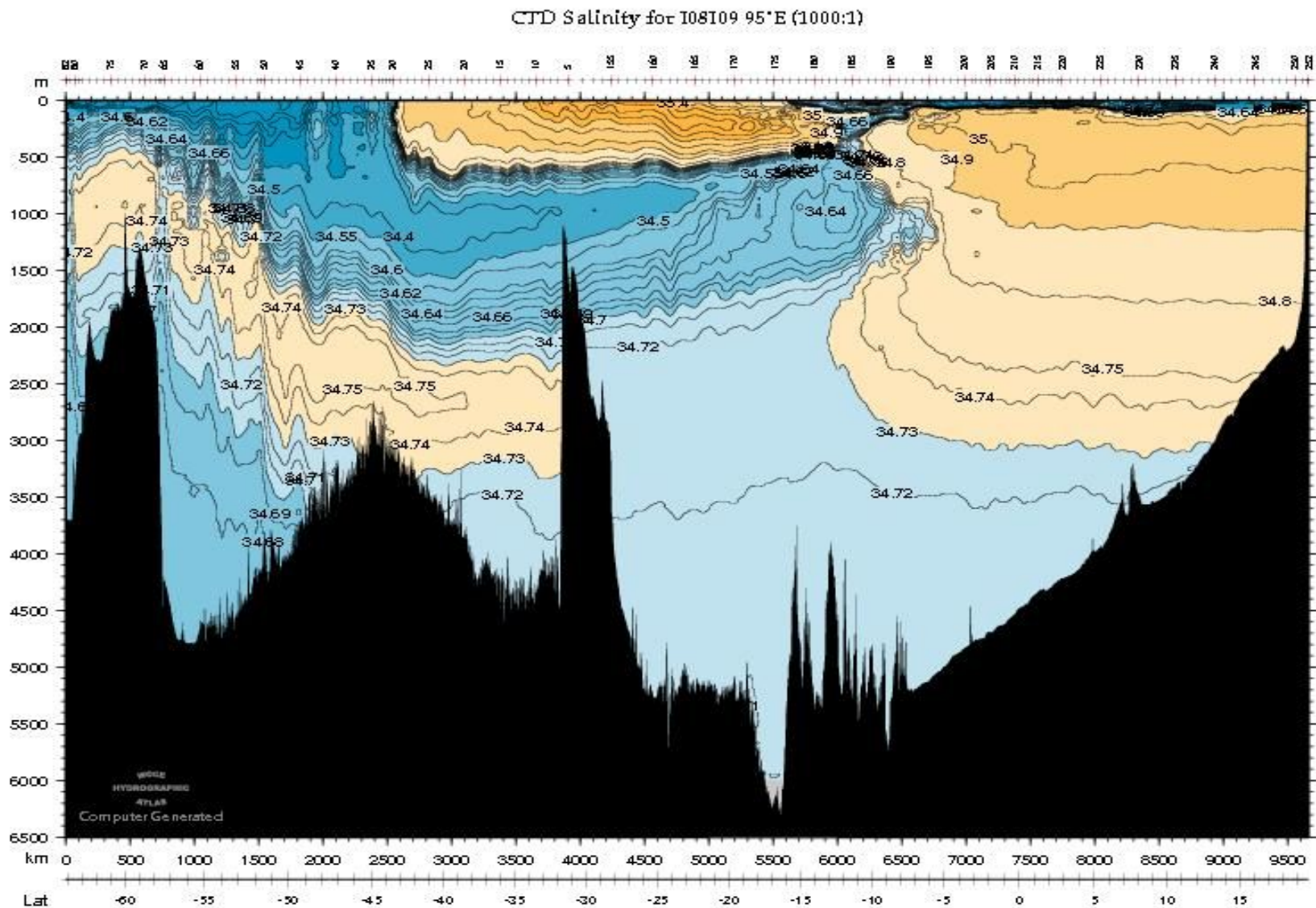
CTD Salinity for P16 150°W (1000:1)





# Вертикальное распределение солености

## Индийский океан

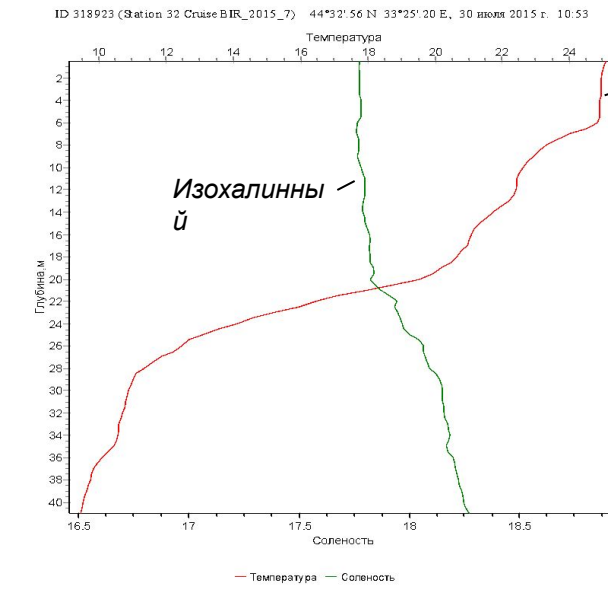
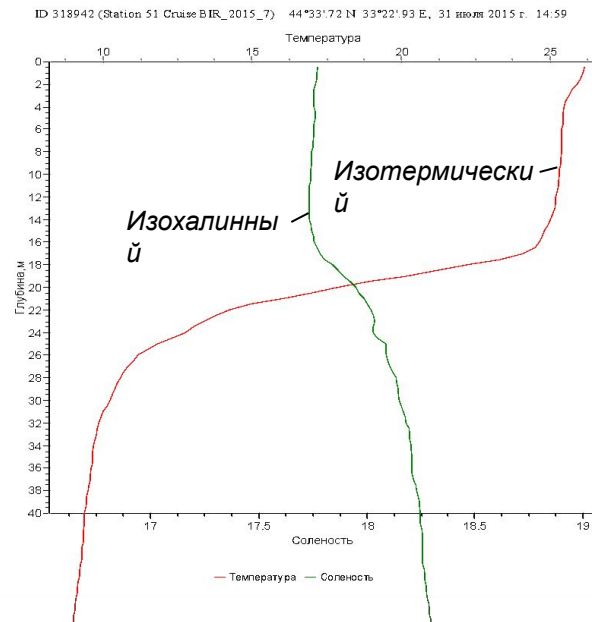




# Вертикальное распределение солености

## Верхний квазиоднородный слой

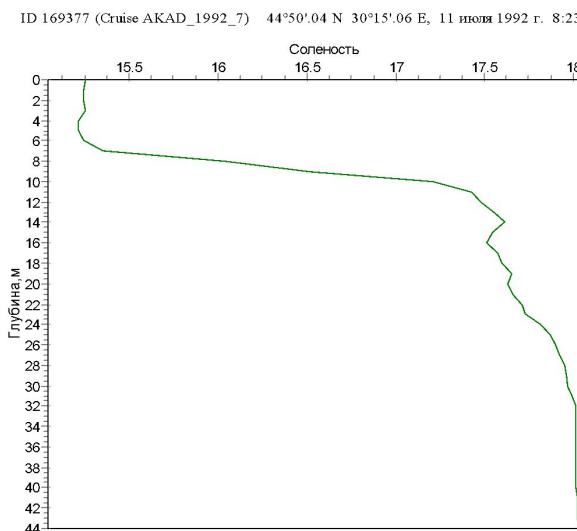
Изохалинный слой более консервативен, чем изотермический слой. В весенне-летний период года его толщина может преобладать.



Изотермический

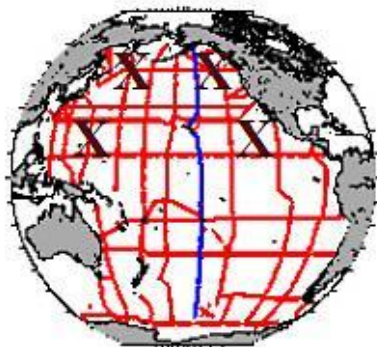
## Сезонный галоклин

Происхождение – сезонный ход таяния льдов, стока рек, атмосферных осадков



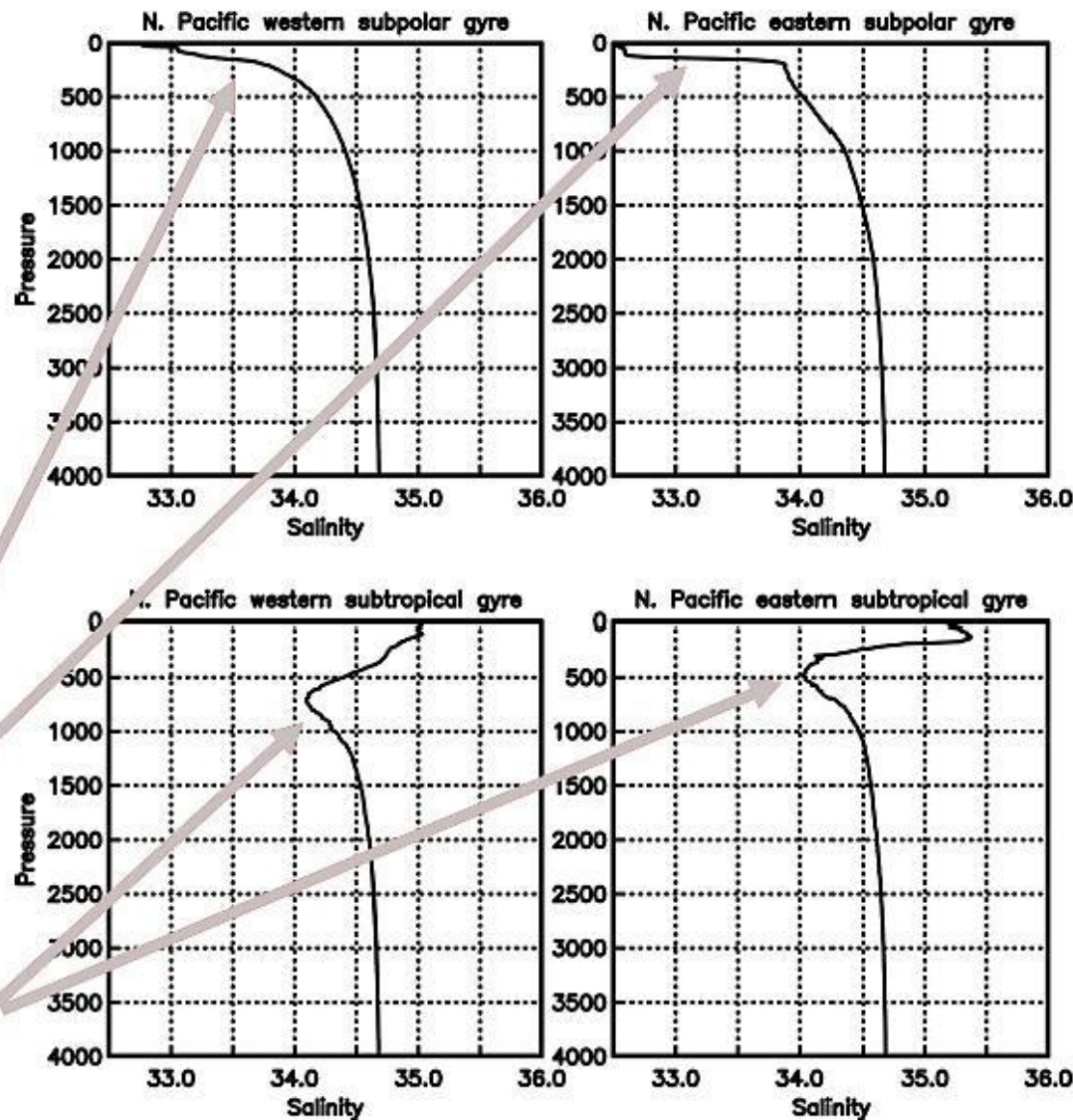
Черное море

# Вертикальное распределение солёности



Постоянный  
галоклин

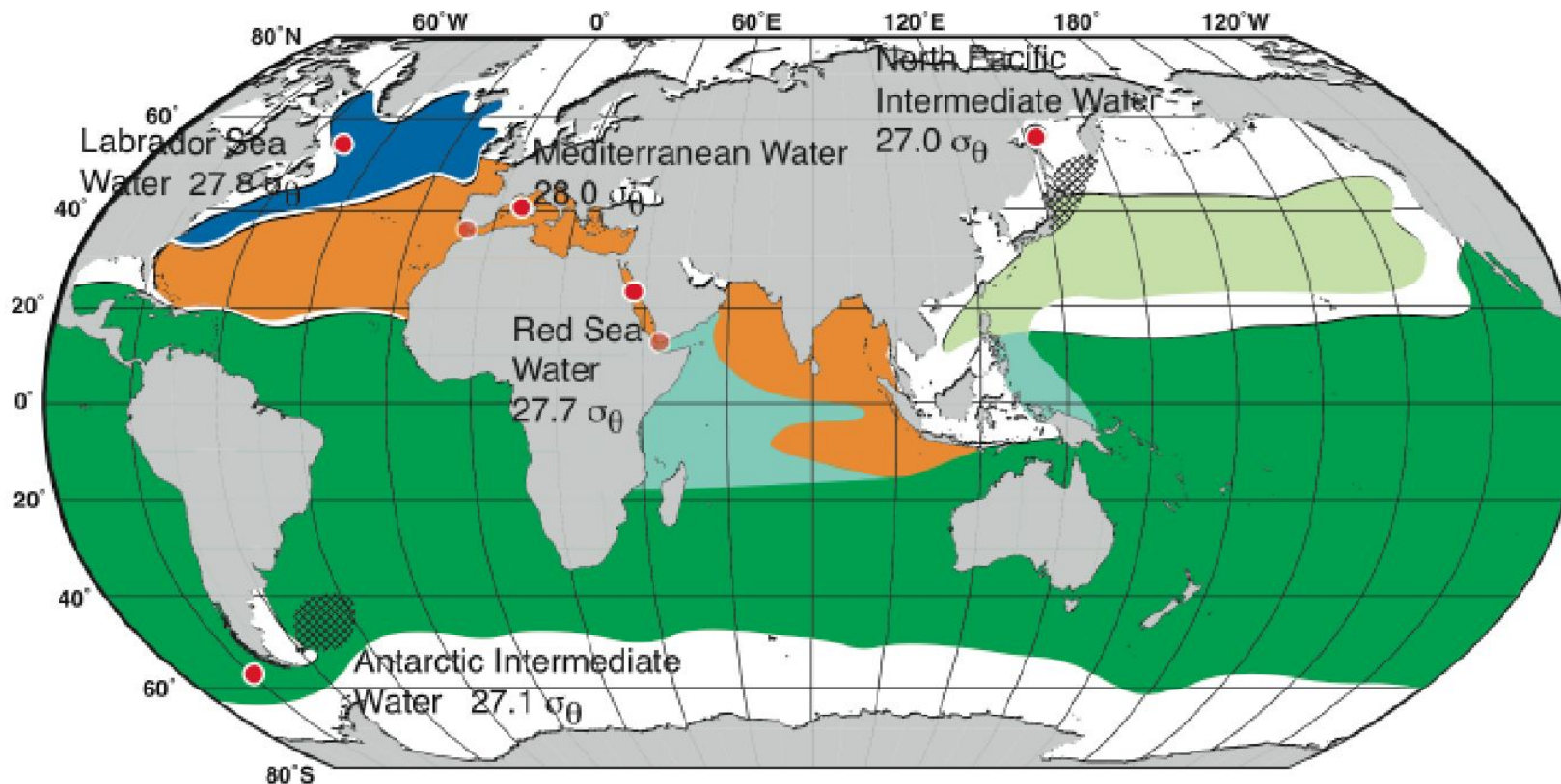
Промежуточный  
минимум  
солёности





# Вертикальное распределение солёности

Промежуточные экстремумы

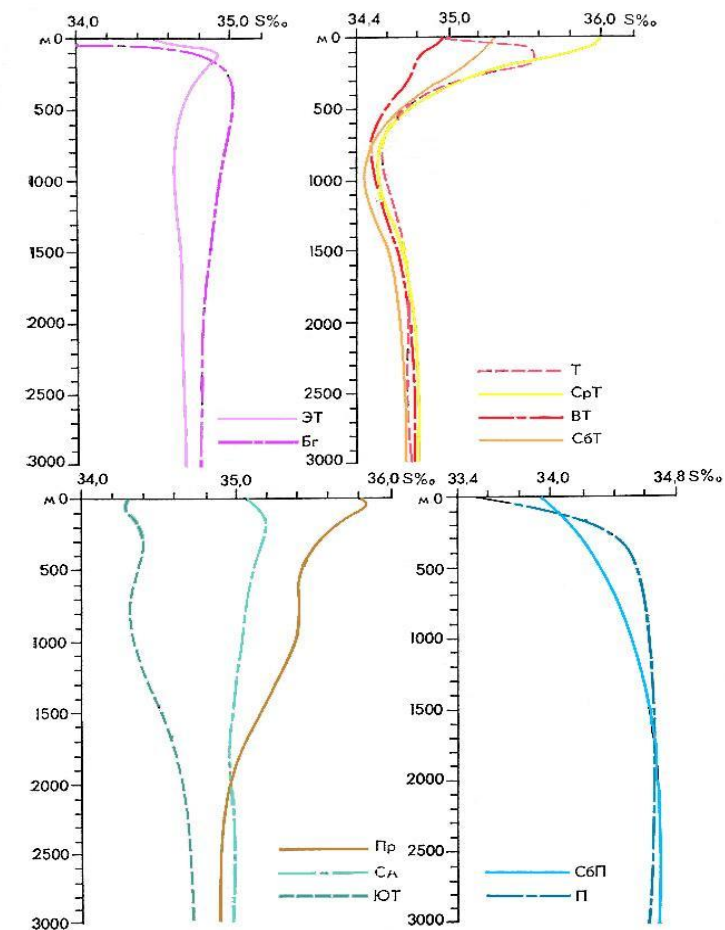
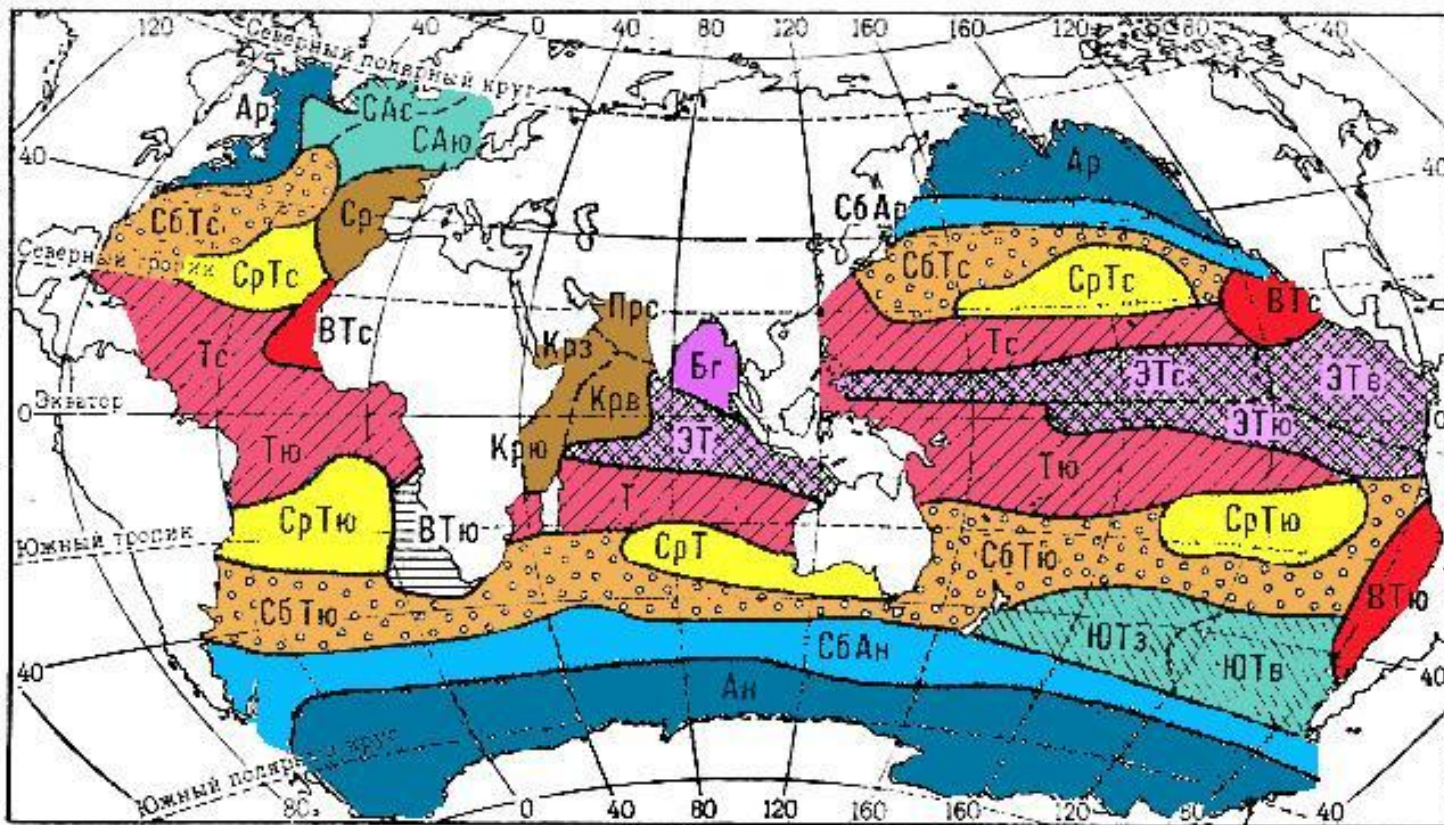


Промежуточный максимум солёности

Промежуточный минимум солёности

# Вертикальное распределение солености

## Типизация



Районирование Мирового океана по типам вертикального распределения солености (по В.Н. Степанову)

ЭТ – экваториально-тропический; Бг – бенгальский; Т – тропический (основной); СрТ – срединнотропический; ВТ – восточнотропический;

Пр – присредиземноморский (Ср – средиземноморский, Кр – красноморский); СБТ – субтропический; СА – североатлантический;

ЮТ – южнотихоокеанский; СБП – субполярный (СБАр – субарктический, СБАН – субантарктический); П – полярный (Ар – арктический, Ан – антарктический).



# Формирование халинной структуры океана

- **Поверхностные слои** – разность испарения и атмосферных осадков, в прибрежных районах речной сток, в полярных районах ледовые процессы, поверхностные течения;
- **Промежуточные слои** – вертикальный солеобмен, вертикальная циркуляция вод, распространение менее соленых водных масс из субполярных районов (промежуточный минимум солености) или более соленых вод из субтропических районов (промежуточный максимум солености);
- **Глубинные и придонные слои** – распространение водных масс из районов глубокой конвекции (Антарктида и Северная Атлантика);