

**Distribution of micronecton  
within lower mesopelagic  
layers of the Sea of Okhotsk  
and Bering Sea in relation to  
hydrological and hydrochemical  
environmental parameters**

**Alexei M. Orlov and Anatoly K. Gruzevich**

*Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (VNIRO)  
17, V. Krasnoselskaya, Moscow, 107140, Russia*

*E-mail: [orlov@vniro.ru](mailto:orlov@vniro.ru)*

Photo David Shale

## **BACKGROUND**

Micronecton plays an important role in the world oceans ecosystems. It represents significant component of various food webs and takes part in transport of organic matter and energy between different trophic levels. Despite huge abundance and high biodiversity of midwater micronecton species in the northwestern Pacific patterns of their distribution are still poorly understood. Effect of physical and chemical environment on their distributions are known even worse. A few studies dealing with this issue were conducted till present in the world oceans but none in the Sea of Okhotsk and Bering Sea.

## **MAIN PURPOSE**

This contribution is aimed to describe distributions of midwater micronecton (mesopelagic fishes, squids, hydrozoans, shrimp and mysid) and to find their possible relationships with some physical and chemical parameters in the Sea of Okhotsk and Bering Sea within 5-10 hundreds m layer.

## MATERIAL AND METHODS

### **Study area:**

Sea of Okhotsk (46°-56°N 145°-154°E);

Bering Sea (54°-60°N 164°E-177°W: Russian EEZ + “donut hole”)

**Study period:** October-December 1990

**Vessel name:** <Professor Soldatov>

**Data source:** Midwater trawl and oceanological surveys

**Depths investigated:** 500 - 1000 m

**Fishing gear:** Midwater trawl with 50 x 60 m opening and 10 mm mesh size in codend

**Method of hauls:** Oblique, duration 30 min.

**Oceanological equipment:** Hydrological Sensor <Neil Brown Mark III>, Rapid Flow Analyzer <Alpchem>

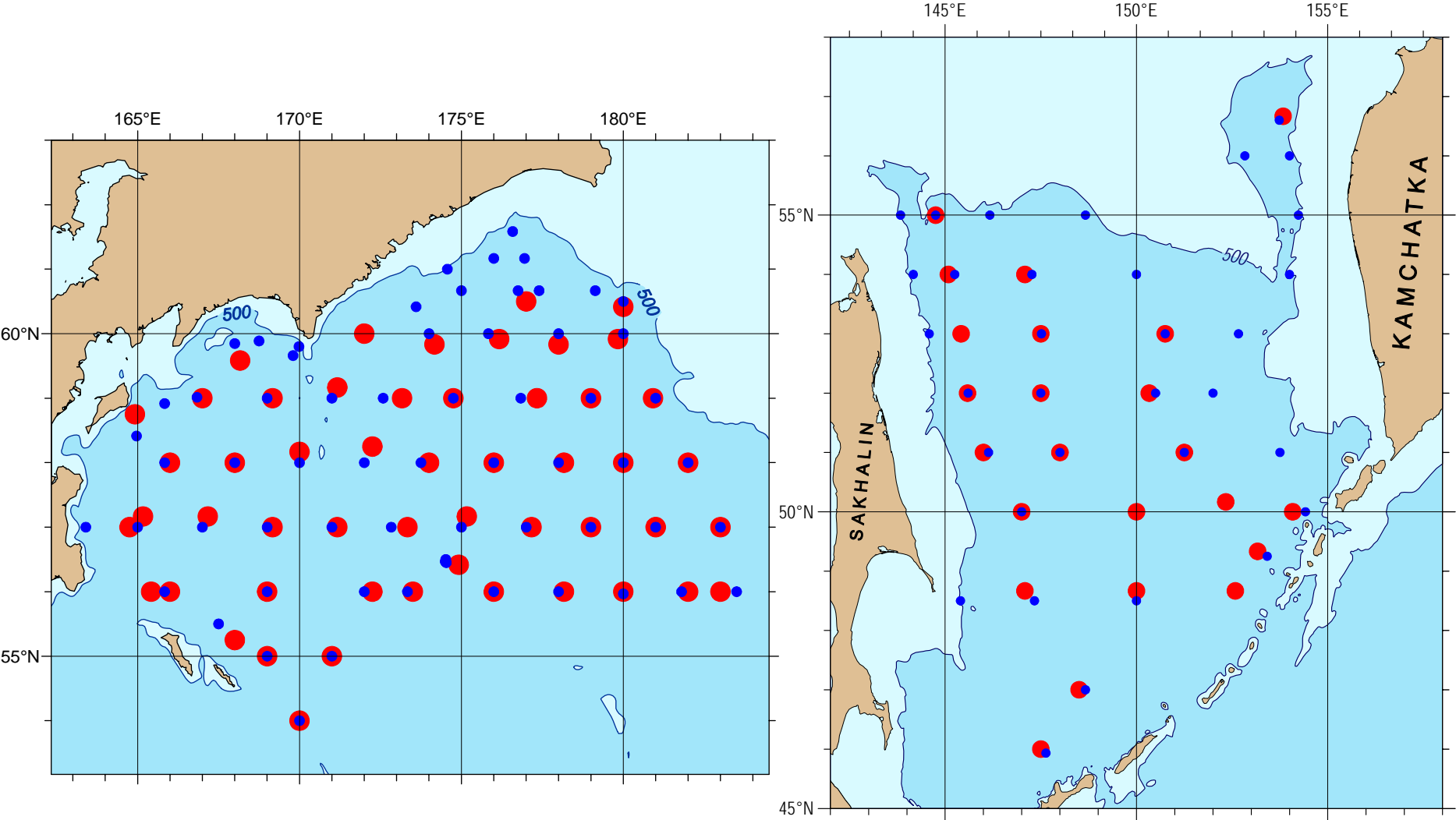
**Number of trawl and oceanological stations analyzed:**

51 trawl and 64 hydrological in the Bering Sea

23 trawl and 33 hydrological in the Sea of Okhotsk



# Positions of midwater trawl (●) and oceanological stations (●) in the Bering Sea (left) and Sea of Okhotsk (right), October – December, 1990



# FISH TAXA INVOLVED IN ANALYSIS

Slender blacksmelt *Bathylagus pacificus*



Northern smooth-tongue *Leuroglossus schmidti*



Eared blacksmelt *Lipolagus ochotensis*



Stout blacksmelt *Pseudobathylagus milleri*



Barelleye *Macropinna microstoma*



Pacific viperfish *Chauliodus macouni*



Northern pearleye *Bentalbella dentata*



Paperbone *Scopelosaurus adleri*



California headlightfish *Diaphus theta*



Brokenline lampfish *Lampanyctus jordani*

Pinpoint lampfish *Nannobrachiun regale*



Northern lampfish *Stenobrachius leucopsarus*

Garnet lanternfish *Stenobrachius nannochir*



Silvery eelpout *Bothrocarina microcephala*



Dreamers Oneirodidae

Ridgeheads Melamphaeidae

Giant grenadier *Albatrossia pectoralis*



Pacific grenadier *Coryphaenoides acrolepis*



Popeye grenadier *Coryphaenoides cinereus*



Images:

Fedorov, 1967;

Masuda et al., 1984;

Amaoka et al., 1995;

Orlov A.M.

# INVERTEBRATE TAXA INVOLVED IN ANALYSIS

**Squids:** All squids combined

*Belonella borelais*

*Gonatopsis borealis*

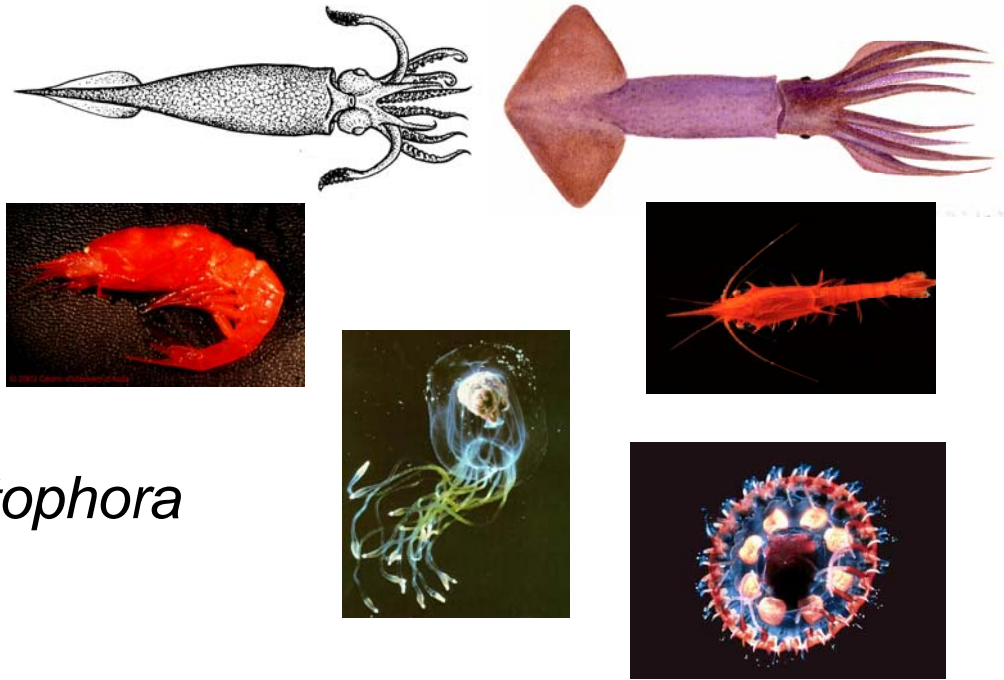
Other gonatid squids

**Shrimp:** *Hymenodora frontalis*

**Myxid:** *Neognathophausia gigas*

**Hydrozoans:** *Calycopsis nematophora*

*Atolla wyvillei*



## HYDROLOGICAL AND HYDROCHEMICAL PARAMETERS

Water temperature, °C

Salinity, ‰

Dissolved oxygen, ml/l

Dissolved oxygen, %

Phosphates, µM

Organic phosphorus, µM

Nitrates, µM

Ammonia, µM

Organic nitrogen, µM

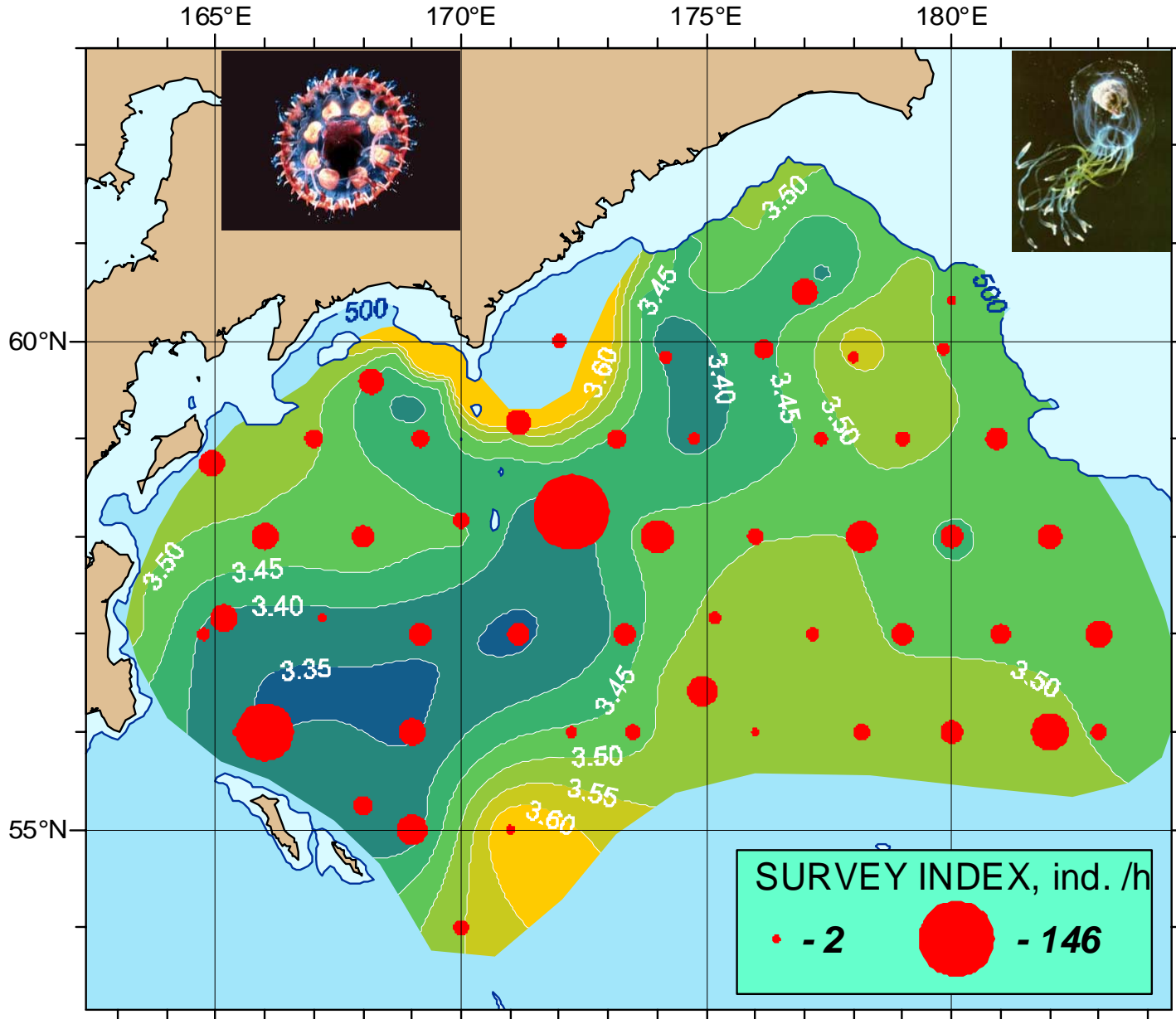
Silicates, µM

Chlorophyll "a", µg/l

**Matrix of correlations between survey indices of micronecton species and some hydrological and hydrochemical parameters at 500 m depth in the Bering Sea (marked correlations are significant at  $p < 0.05$ )**

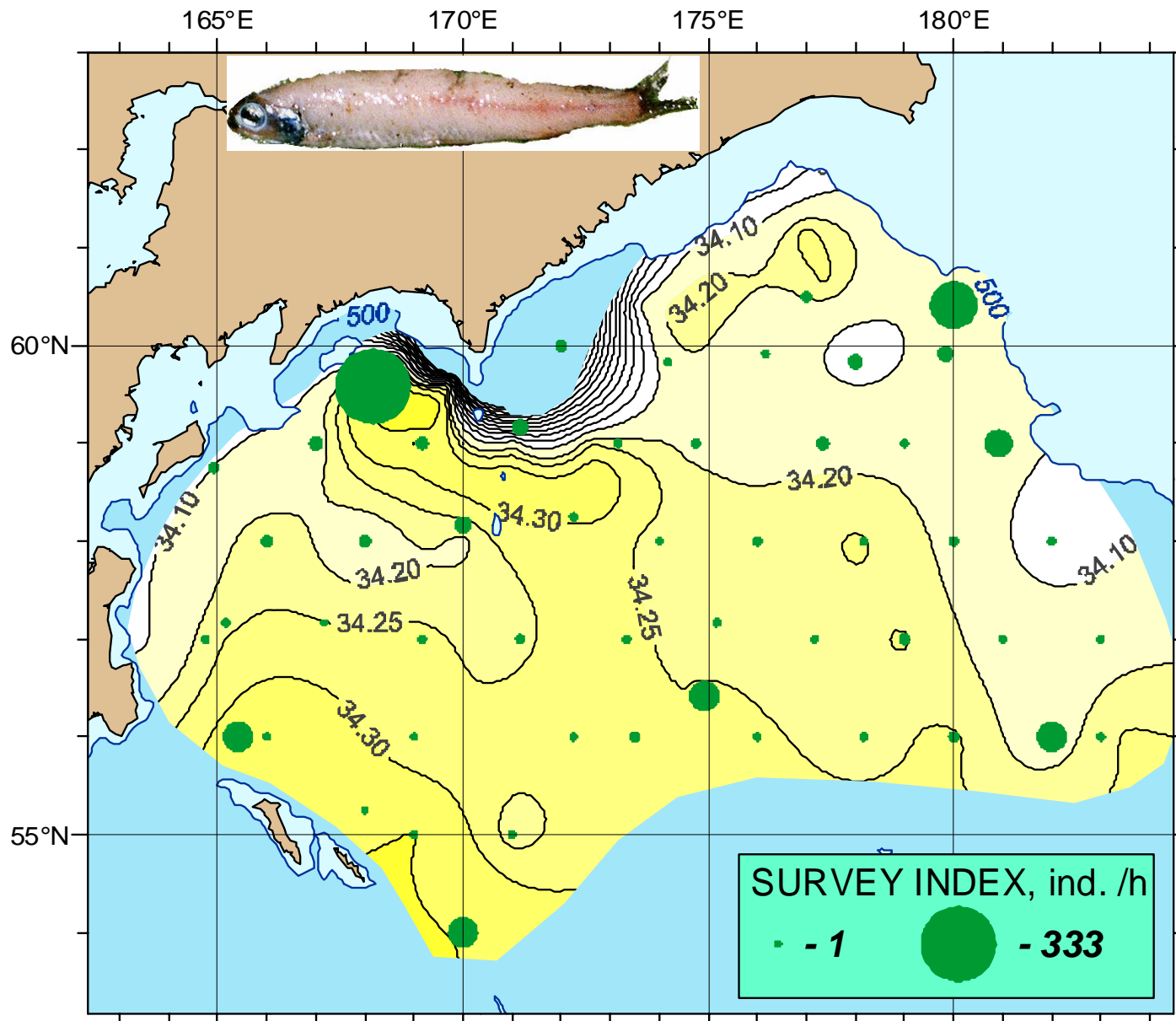
	Temperature	Salinity	Dissolved oxygen	Phosphates	Organic phosphorus	Nitrates	Ammonia	Organic nitrogen	Silicates	Chlorophyll "a"
Total midwater fish	0,08	<b>-0,47</b>	<b>0,50</b>	-0,06	0,07	-0,17	-0,33	0,11	0,28	-0,06
Stenobrachius leucopsarus	0,08	<b>-0,40</b>	<b>0,47</b>	0,04	-0,04	-0,12	-0,29	0,07	0,27	-0,07
Stenobrachius nannochir	0,06	<b>-0,38</b>	0,26	-0,34	0,33	-0,24	-0,17	0,17	0,13	0,02
Lampanyctus jordani	0,03	0,02	-0,08	<b>-0,35</b>	<b>0,48</b>	0,10	-0,01	-0,30	0,06	0,08
Nannobrachium regale	-0,10	0,05	-0,09	0,12	0,08	-0,03	0,00	0,20	0,33	0,12
Diaphus theta	<b>0,38</b>	0,02	0,02	0,17	-0,23	0,11	0,19	-0,03	-0,18	0,02
Bathylagus pacificus	-0,05	-0,22	0,14	-0,10	0,14	-0,04	-0,33	0,08	0,06	-0,08
Pseudobathylagus milleri	-0,08	-0,15	0,04	<b>-0,45</b>	<b>0,48</b>	-0,03	-0,12	-0,20	-0,15	-0,16
Lipolagus ochotensis	0,26	<b>-0,53</b>	<b>0,66</b>	-0,31	<b>0,41</b>	-0,33	-0,24	0,01	0,01	0,03
Leuroglossus schmidti	-0,02	-0,33	<b>0,37</b>	-0,09	0,04	0,04	-0,08	0,01	0,33	0,04
Chauliodus macouni	-0,07	0,00	-0,11	-0,17	0,18	-0,17	0,18	0,23	-0,09	0,22
Bentalbella dentata	-0,14	0,10	-0,16	-0,34	0,28	-0,03	0,18	0,02	-0,08	0,20
Macropinna microstoma	-0,11	0,08	-0,01	-0,10	0,11	0,19	-0,13	-0,09	0,28	0,02
Coryphaenoides acrolepis	<b>0,38</b>	<b>-0,38</b>	0,35	-0,02	-0,04	-0,35	0,16	0,19	-0,08	0,05
Coryphaenoides cinereus	-0,04	-0,02	-0,32	-0,06	-0,07	0,18	-0,04	-0,15	-0,20	-0,16
Albatrossia pectoralis	0,27	<b>-0,44</b>	0,18	-0,11	-0,05	-0,19	0,07	0,04	<b>-0,36</b>	-0,20
Scopelosaurus adleri	-0,10	-0,33	0,25	0,06	-0,09	<b>-0,58</b>	-0,11	<b>0,41</b>	0,01	-0,04
Melamphaeidae	0,07	0,45	-0,26	0,24	-0,16	0,31	0,06	-0,02	-0,08	0,13
Oneirodidae	0,10	0,11	-0,13	0,03	0,16	<b>0,35</b>	0,12	-0,23	0,26	0,19
Other midwater fish	0,12	-0,13	0,16	0,30	-0,23	0,03	-0,26	0,21	-0,03	-0,18
Hydrozoans	<b>-0,49</b>	<b>0,45</b>	<b>-0,46</b>	-0,12	0,16	0,08	0,01	-0,16	0,03	0,19
Midwater shrimps & mysids	-0,32	-0,16	0,05	-0,13	0,17	-0,10	<b>-0,41</b>	0,14	0,09	-0,23
Total cephalopods	-0,35	0,27	-0,16	-0,09	-0,04	-0,13	-0,12	-0,09	-0,15	0,09
Belonella borealis	0,25	-0,26	0,08	-0,11	0,14	<b>-0,39</b>	-0,01	0,34	-0,02	0,16
Gonatopsis borealis	<b>-0,37</b>	<b>0,39</b>	-0,24	-0,08	-0,02	-0,03	-0,01	-0,15	-0,14	0,08
Other gonatid squids	0,03	<b>-0,36</b>	0,29	-0,01	-0,05	-0,21	-0,34	0,09	0,00	0,00

# Distribution of water temperature and relative abundance of hydrozoans in the Bering Sea, 1990 ( $r = -0.49$ )

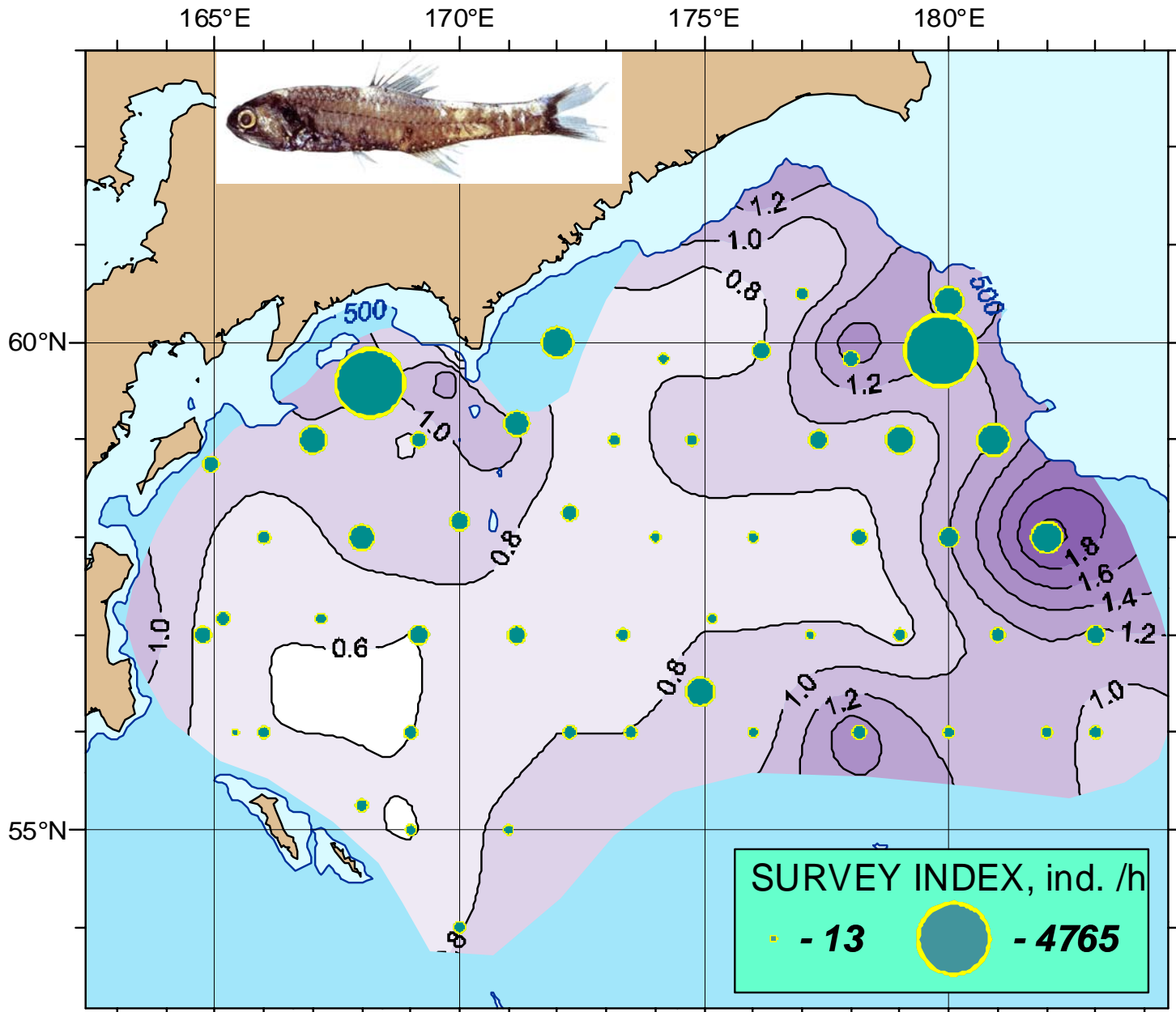




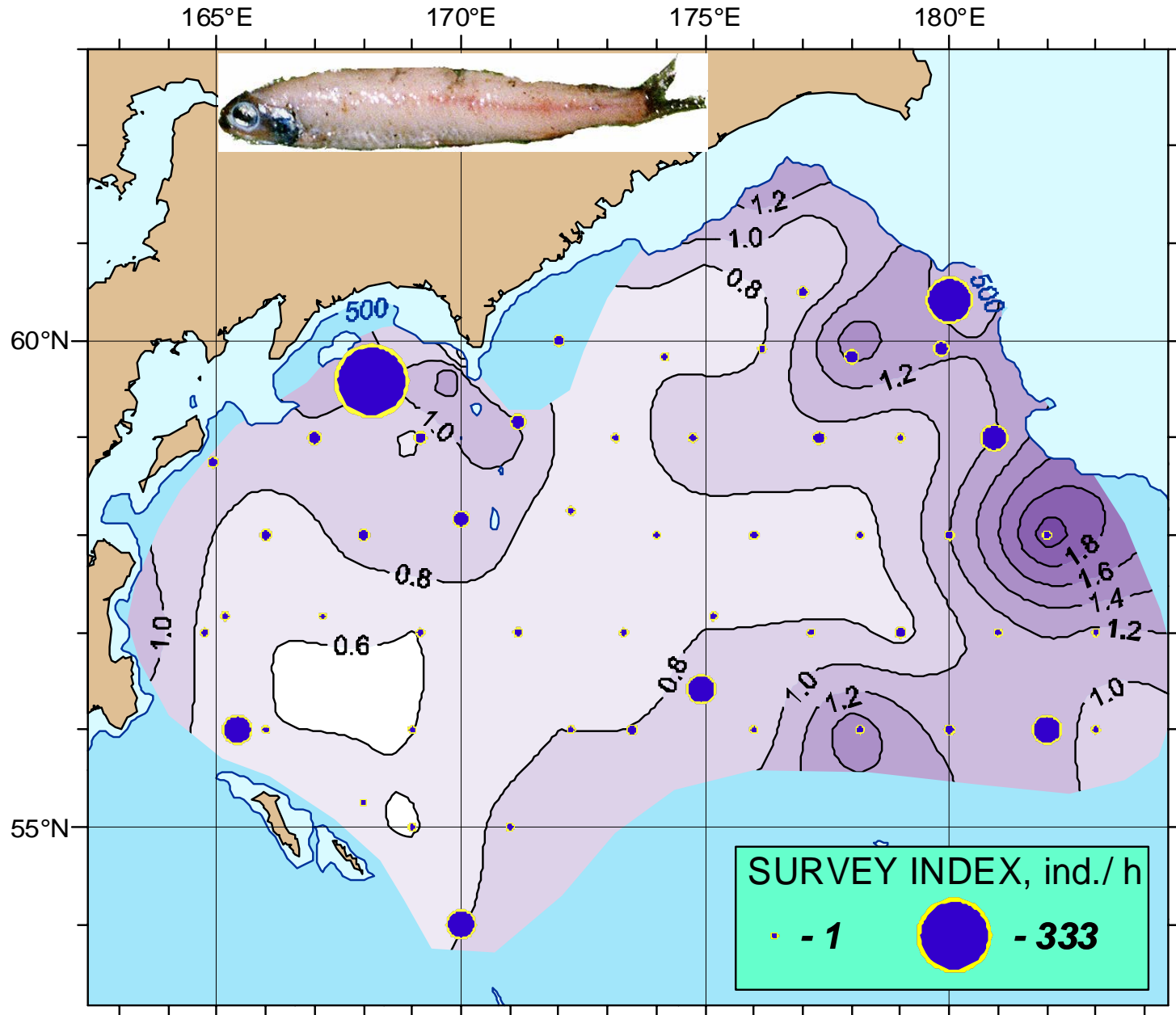
# Distribution of salinity and relative abundance of *Lipolagus ochotensis* in the Bering Sea, 1990 ( $r = -0.53$ )



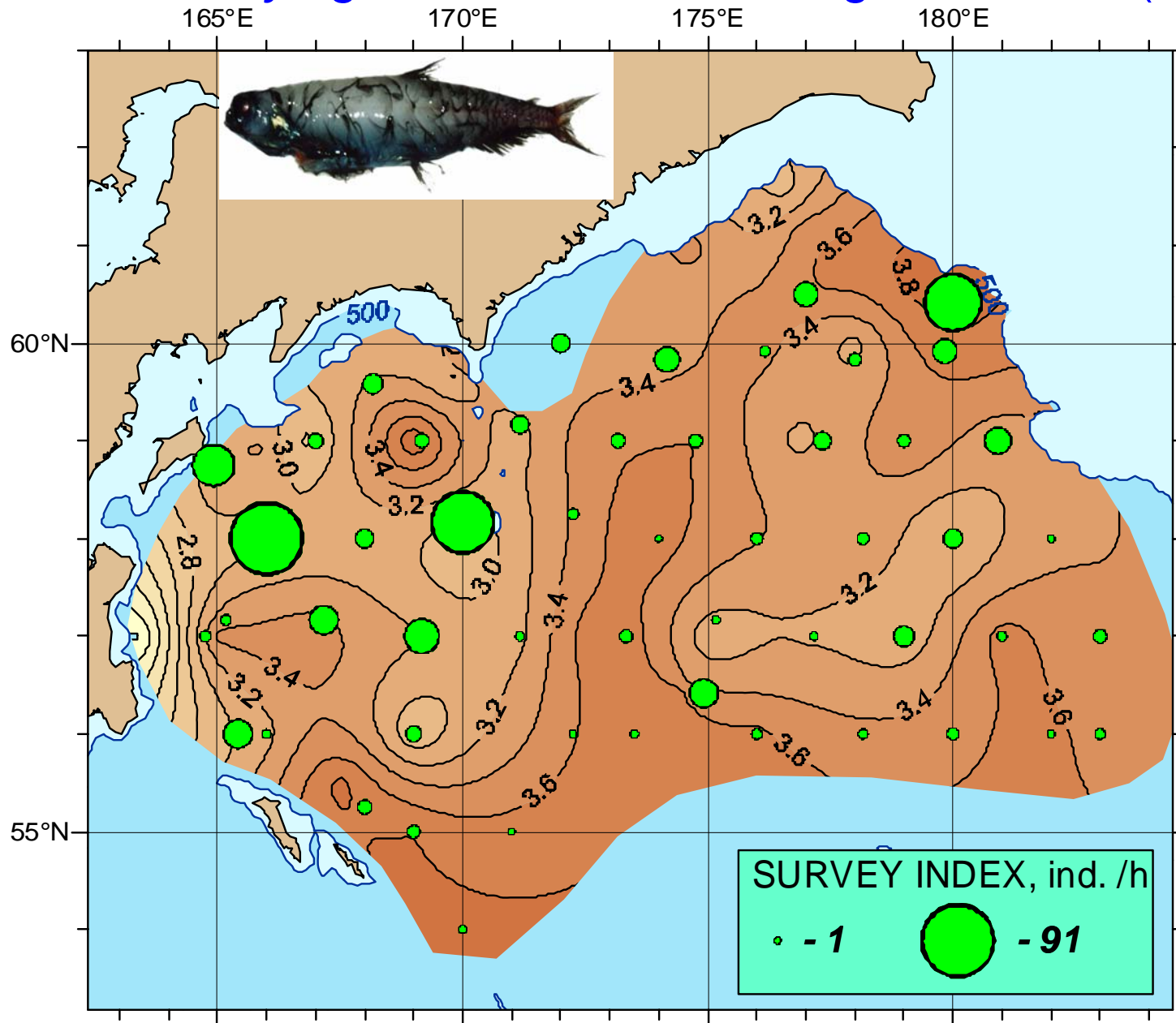
# Distribution of dissolved oxygen and relative abundance of *Stenobrachius leucopsarus* in the Bering Sea, 1990 ( $r = 0.47$ )



# Distribution of dissolved oxygen and relative abundance of *Lipolagus ochotensis* in the Bering Sea, 1990 ( $r = 0.66$ )

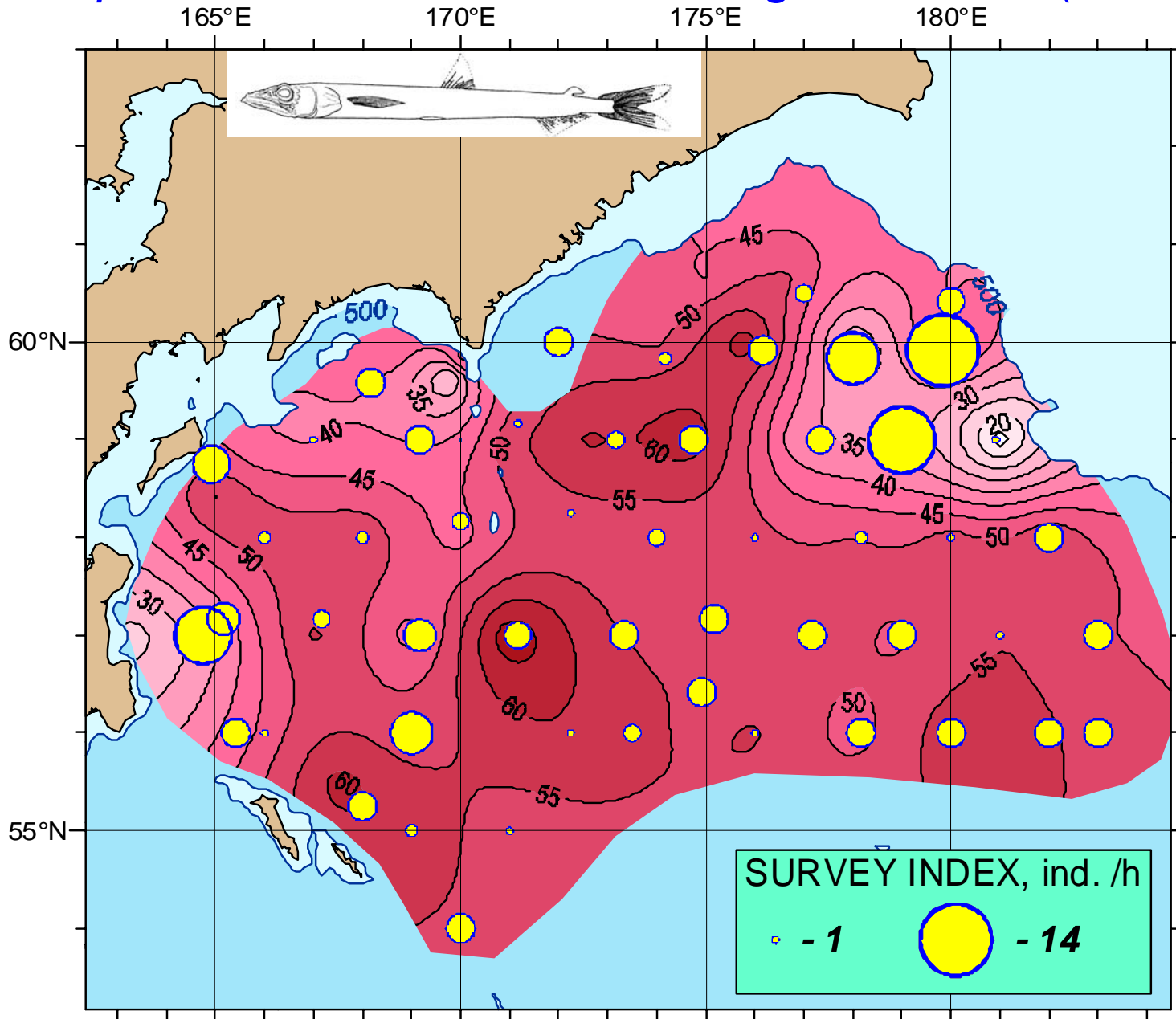


# Distribution of phosphates and relative abundance of *Pseudobathylagus milleri* in the Bering Sea, 1990 ( $r = -0.45$ )





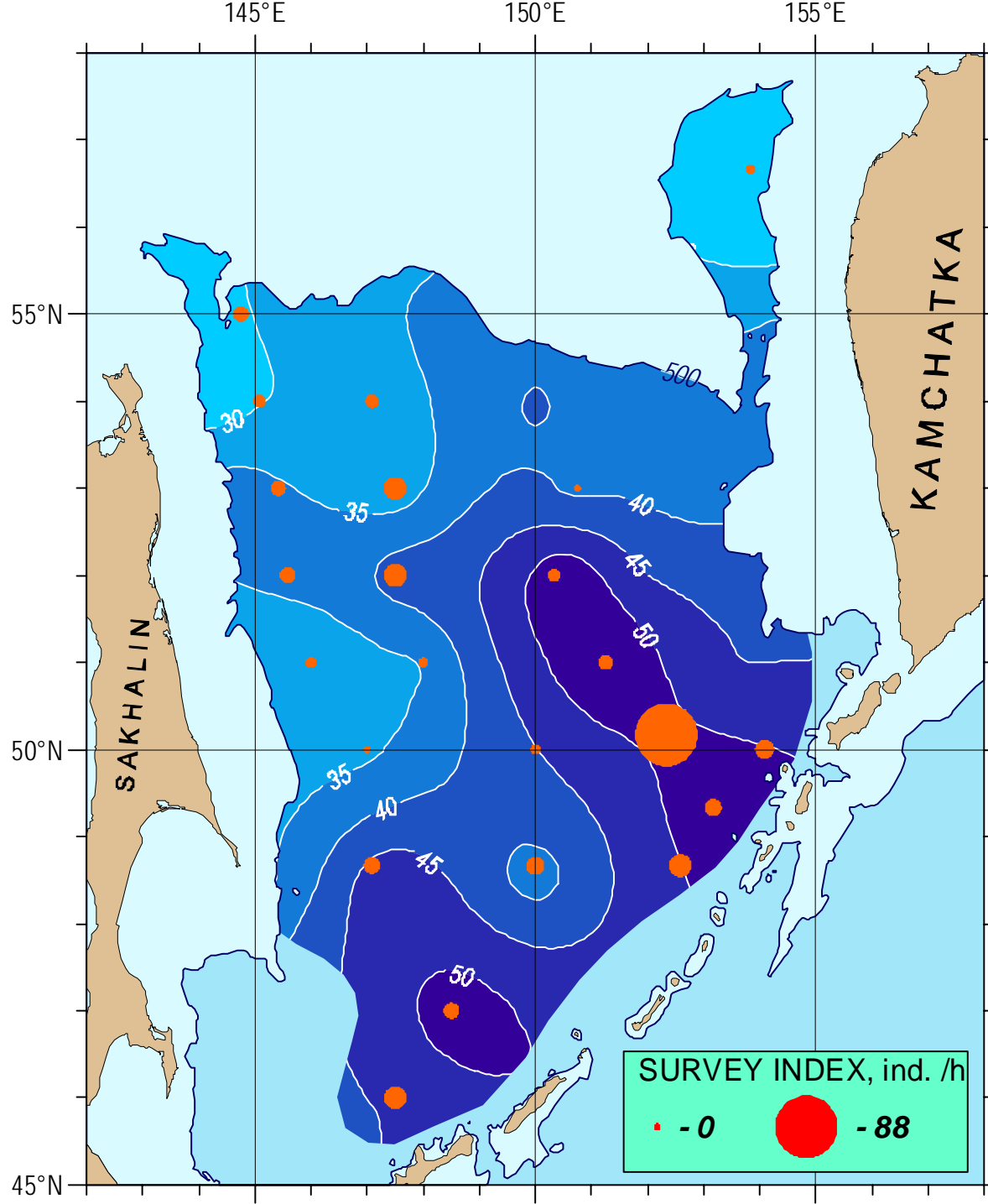
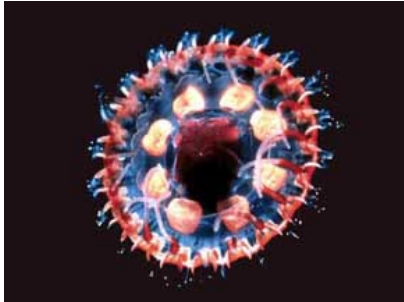
# Distribution of nitrates and relative abundance of *Scopelosaurus adleri* in the Bering Sea, 1990 ( $r = -0.58$ )



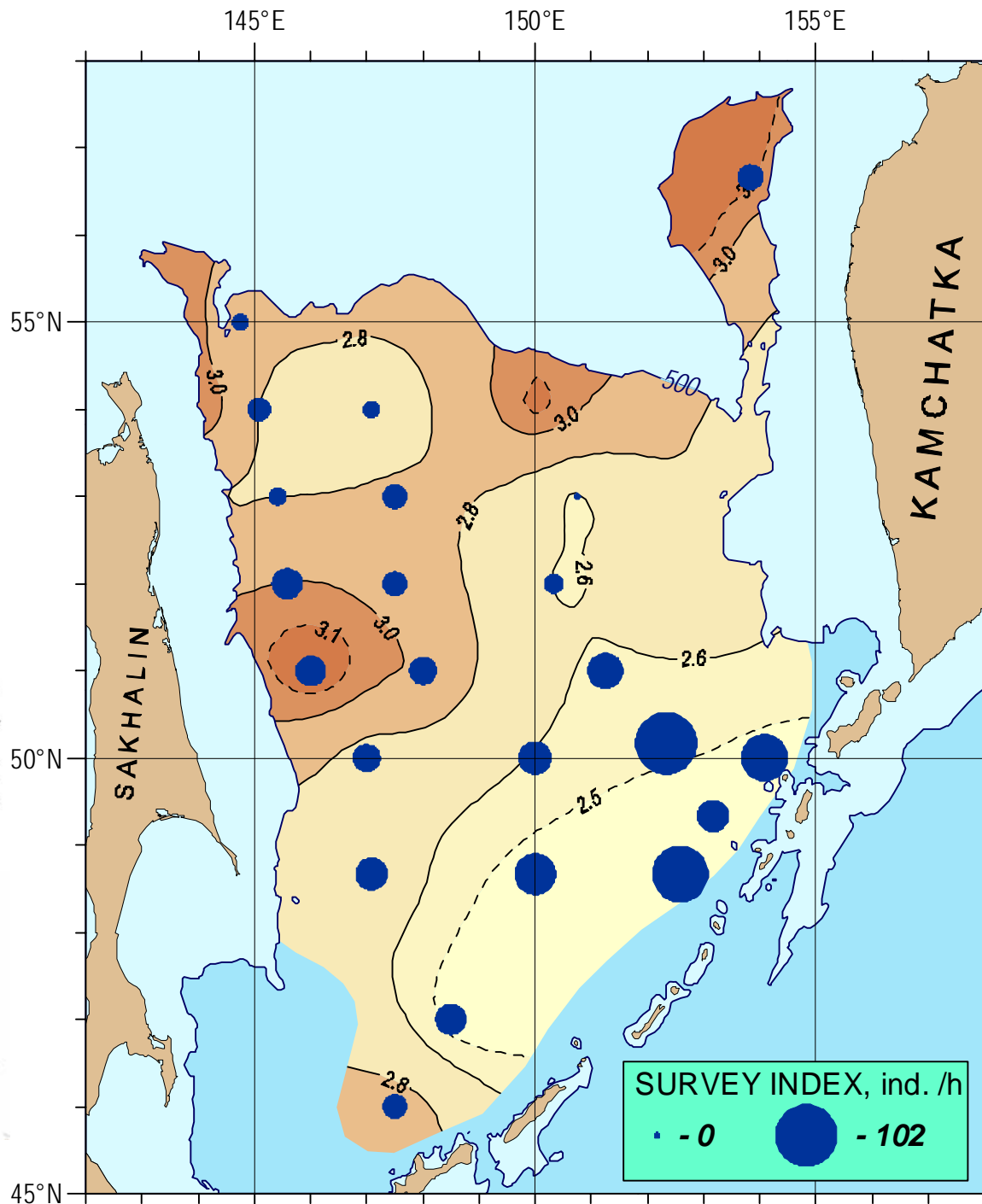
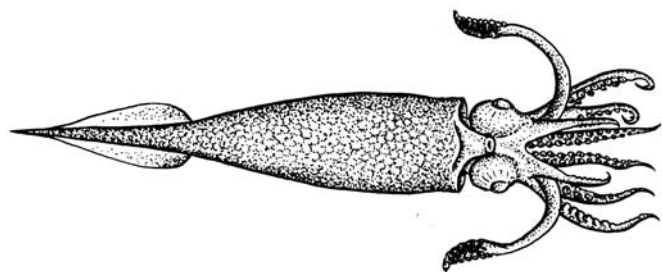
Matrix of correlations between survey indices of micronecton species and some hydrological and hydrochemical parameters at 500 m depth in the Sea of Okhotsk (marked correlations are significant at  $p < 0.05$ )

	Temperature	Salinity	Dissolved oxygen	Phosphates	Organic phosphorus	Nitrates	Ammonia	Organic nitrogen	Silicates	Chlorophyll "a"
Total midwater fish	0,18	-0,34	0,23	-0,10	0,14	-0,14	0,03	-0,08	0,11	-0,07
● Stenobrachius nannochir	0,33	-0,13	0,37	-0,31	0,00	0,04	0,30	0,03	0,04	-0,30
Stenobrachius leucopsarus	<b>0,46</b>	-0,09	0,35	-0,06	-0,25	0,23	0,33	0,19	0,21	-0,16
● Diaphus theta	0,40	-0,27	0,09	0,17	-0,30	0,20	-0,19	-0,14	0,34	0,16
● Bathylagus pacificus	0,26	-0,14	0,34	-0,28	-0,05	-0,14	0,08	-0,06	0,20	-0,30
Pseudobathylagus milleri	0,27	0,13	0,28	-0,24	-0,05	0,07	<b>0,60</b>	0,35	-0,05	-0,32
● Lipolagus ochotensis	-0,10	0,03	-0,12	0,22	-0,34	0,10	-0,11	-0,15	0,19	0,03
Leuroglossus schmidti	-0,06	-0,37	0,01	0,10	<b>0,44</b>	-0,22	-0,10	-0,14	0,07	0,14
● Bothrocarichthys microcephalus	-0,17	0,20	-0,17	0,30	-0,36	0,07	-0,25	-0,11	0,11	0,17
● Chauliodud macouni	0,21	-0,30	0,24	-0,06	-0,30	0,10	-0,09	-0,21	0,13	0,02
● Coryphaenoides cinereus	-0,28	0,03	0,14	-0,29	-0,20	-0,34	-0,10	0,27	-0,03	-0,40
Albatrossia pectoralis	-0,23	-0,06	-0,03	<b>-0,44</b>	-0,41	-0,33	-0,15	0,06	-0,25	-0,37
Other midwater fish	-0,03	0,22	-0,16	0,30	<b>-0,46</b>	0,13	-0,15	-0,08	0,18	0,13
Hydrozoans	-0,06	-0,11	<b>0,42</b>	-0,41	-0,05	-0,21	<b>0,47</b>	0,27	-0,11	-0,30
Midwater shrimps & mysids	0,23	-0,15	0,40	-0,31	-0,10	-0,26	<b>0,51</b>	0,40	-0,04	-0,15
Total cephalopods	0,07	-0,06	<b>0,49</b>	<b>-0,47</b>	0,10	-0,27	<b>0,72</b>	0,39	-0,17	<b>-0,47</b>
Gonatopsis borealis	0,17	0,00	<b>0,48</b>	-0,39	0,24	-0,19	<b>0,76</b>	0,38	-0,08	<b>-0,42</b>
Other gonatid squids	-0,05	-0,14	0,16	-0,21	-0,14	-0,12	0,34	0,15	-0,13	-0,22

Distribution of  
dissolved oxygen  
(%) and relative  
abundance  
of hydrozoans in the  
Sea of Okhotsk,  
1990  
( $r = 0.50$ )

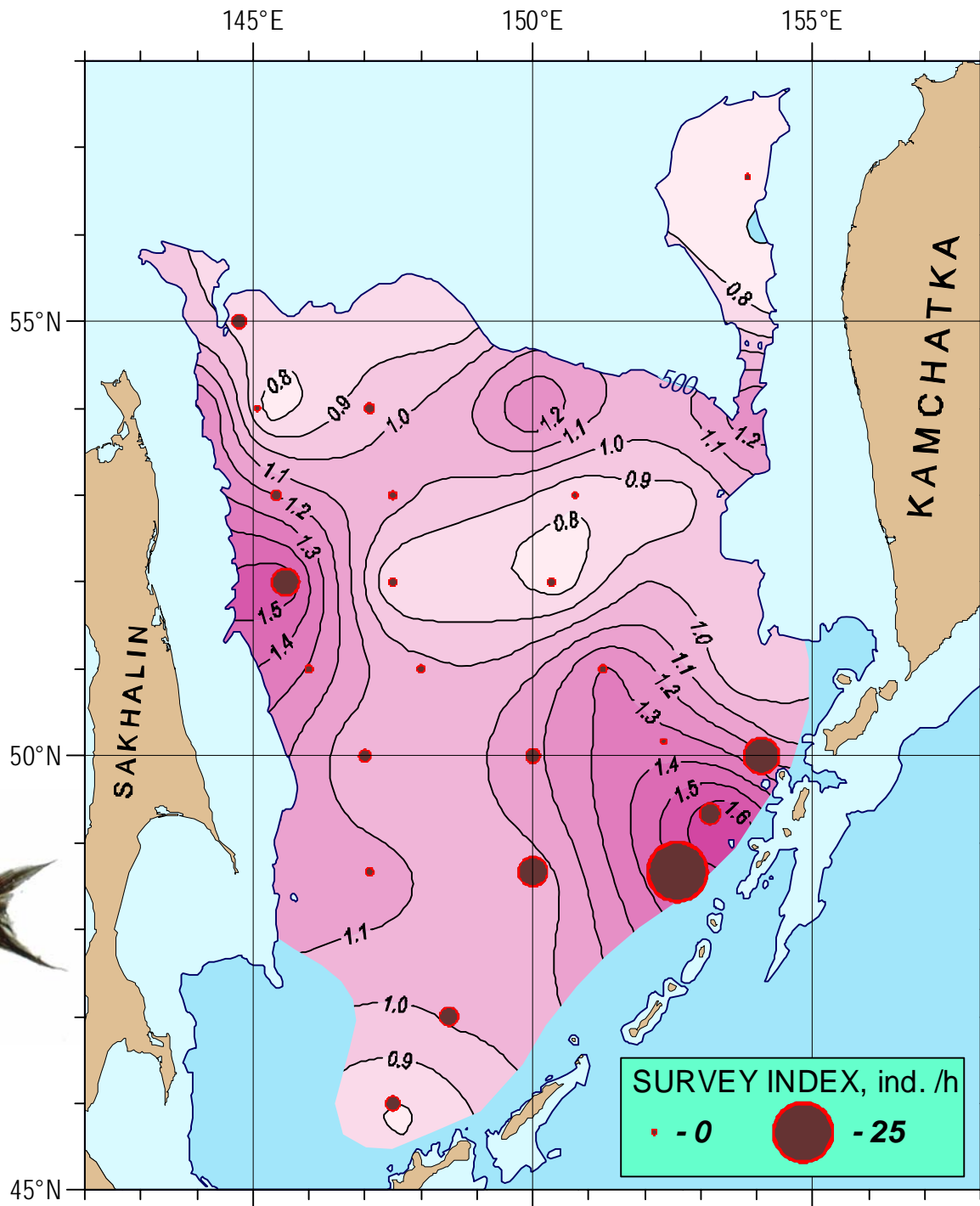


Distribution of phosphates and relative abundance of cephalopods in the Sea of Okhotsk, 1990  
( $r = -0.47$ )

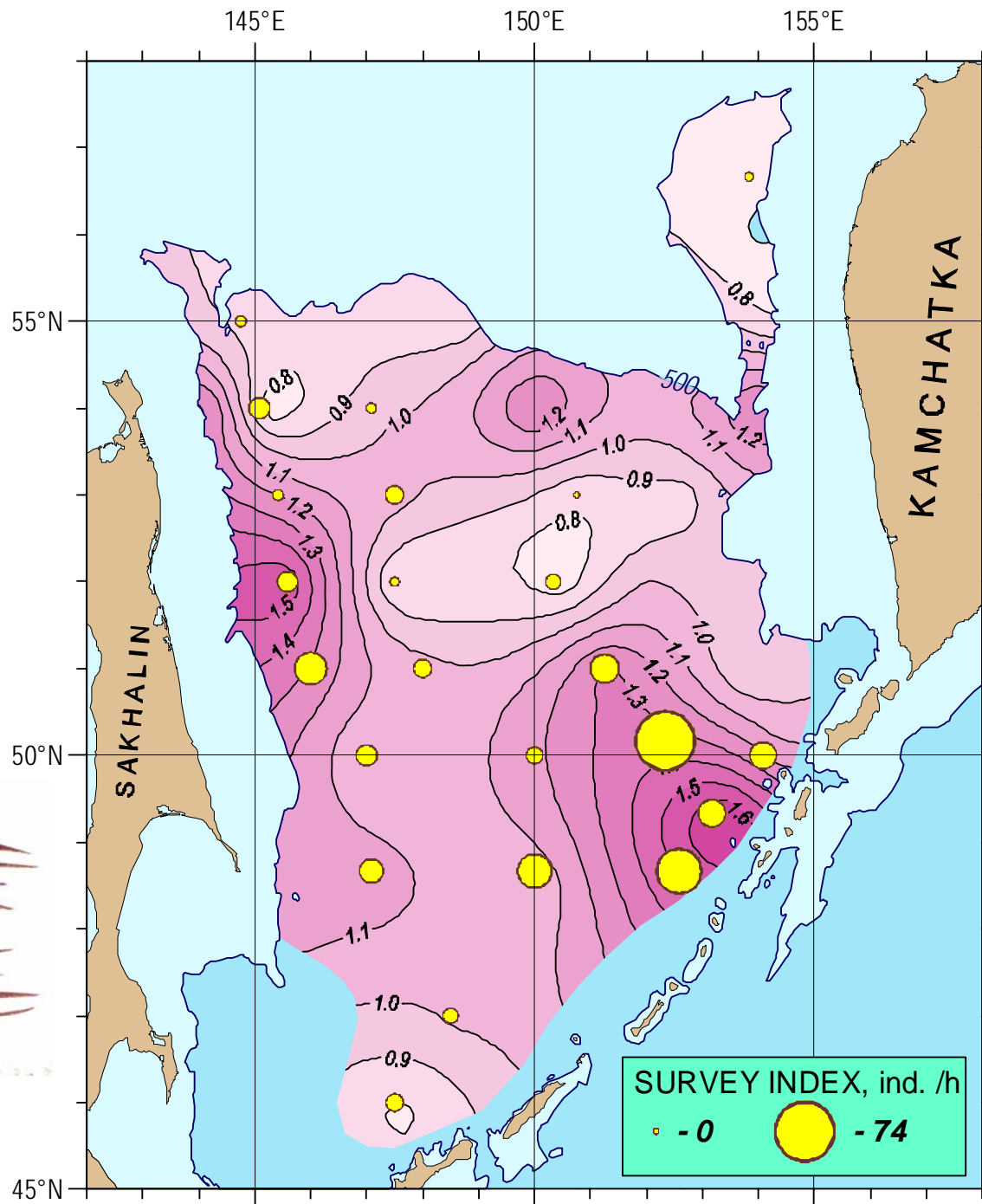
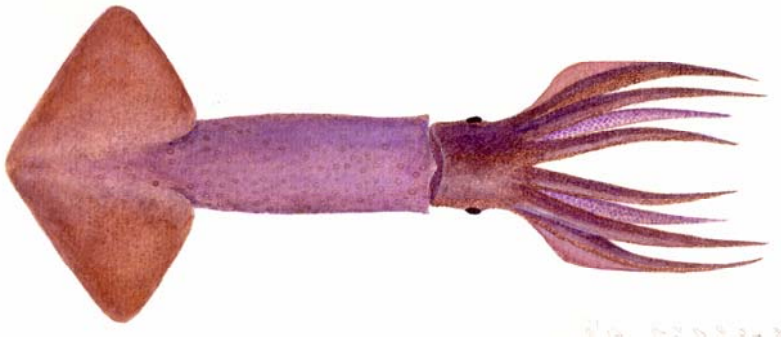




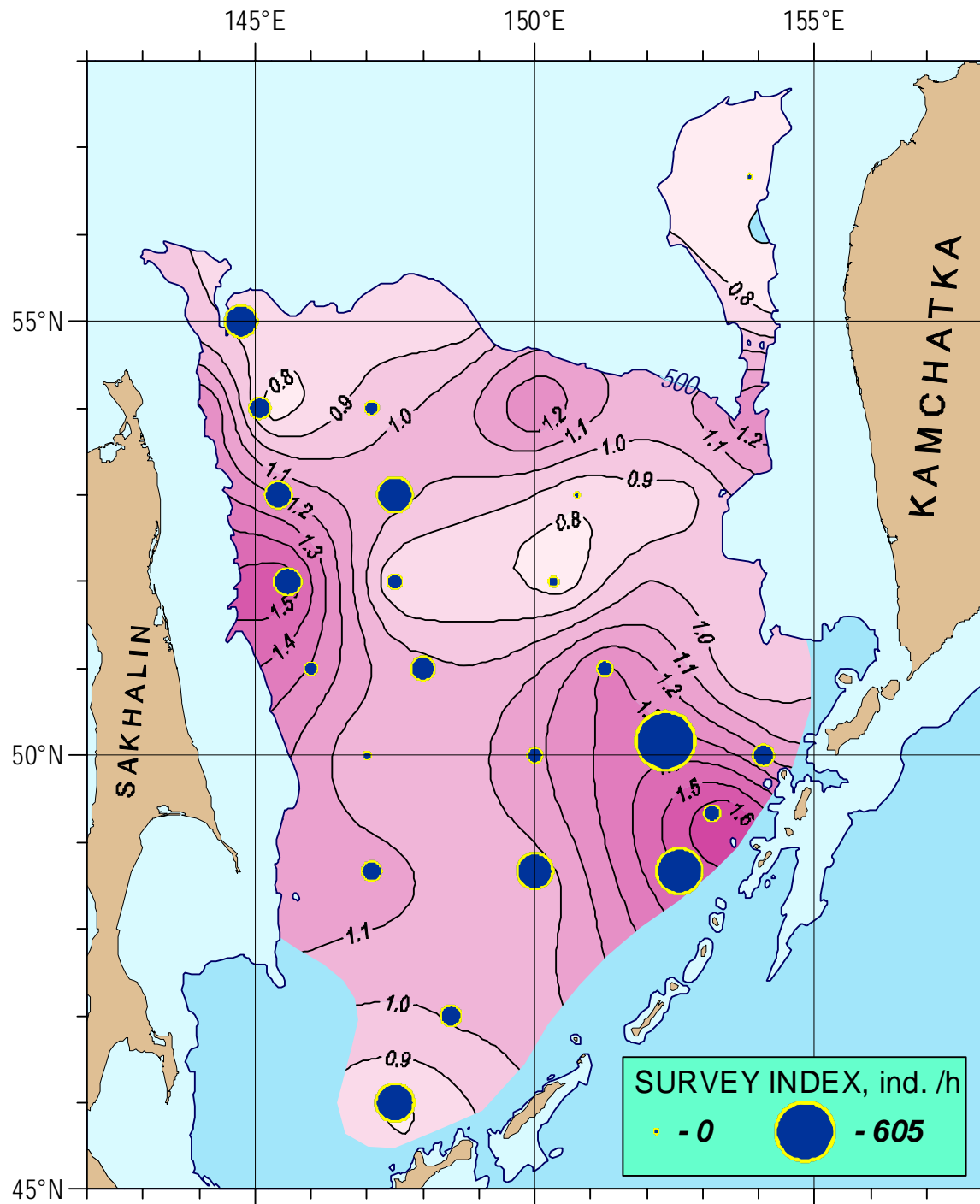
Distribution of ammonia and relative abundance of *Pseudobathylagus milleri* in the Sea of Okhotsk, 1990 ( $r = 0.60$ )



Distribution of ammonia and relative abundance of *Gonatopsis borealis* in the Sea of Okhotsk, 1990 ( $r = 0.72$ )



Distribution of ammonia and relative abundance of midwater shrimp and mysid in the Sea of Okhotsk, 1990 ( $r = 0.51$ )

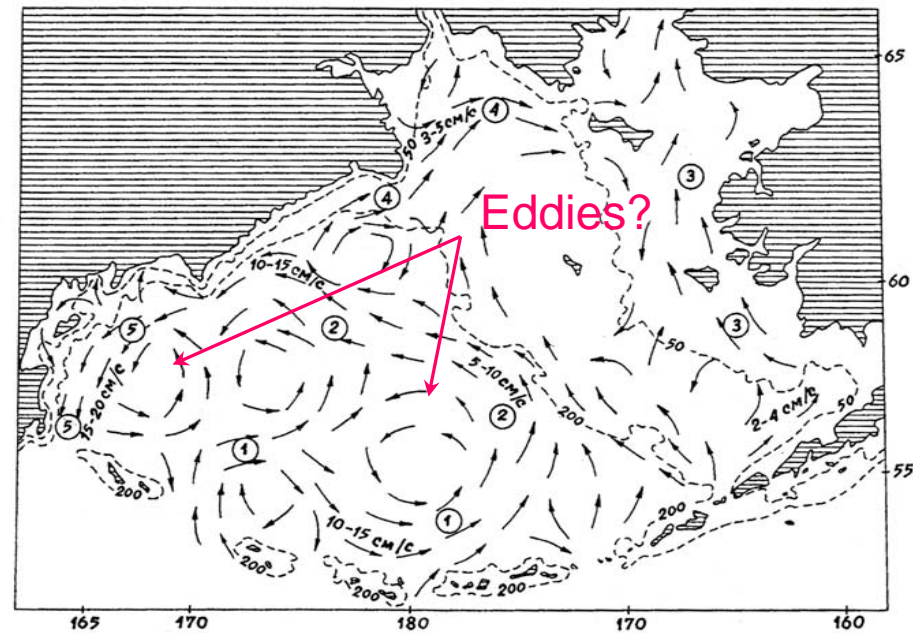
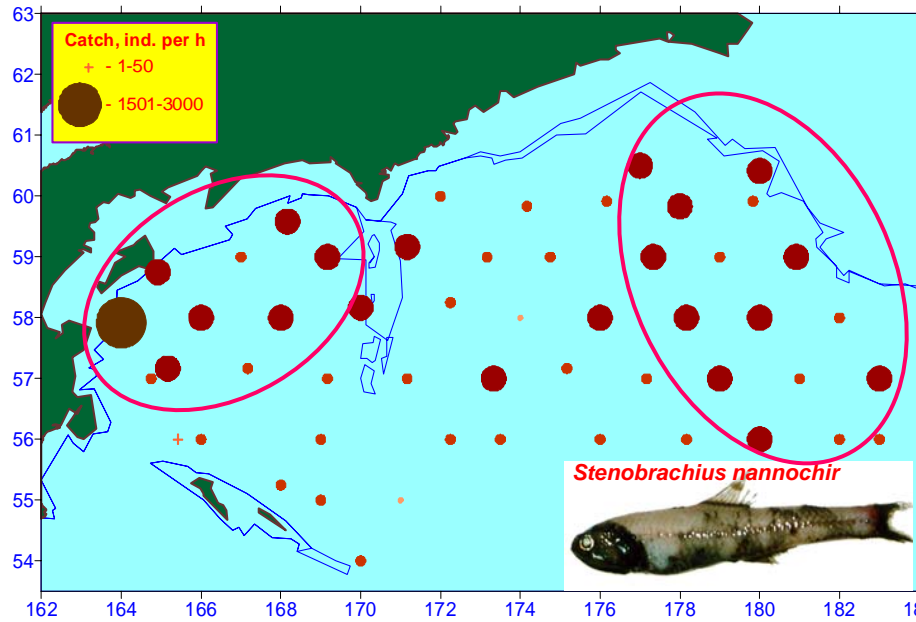
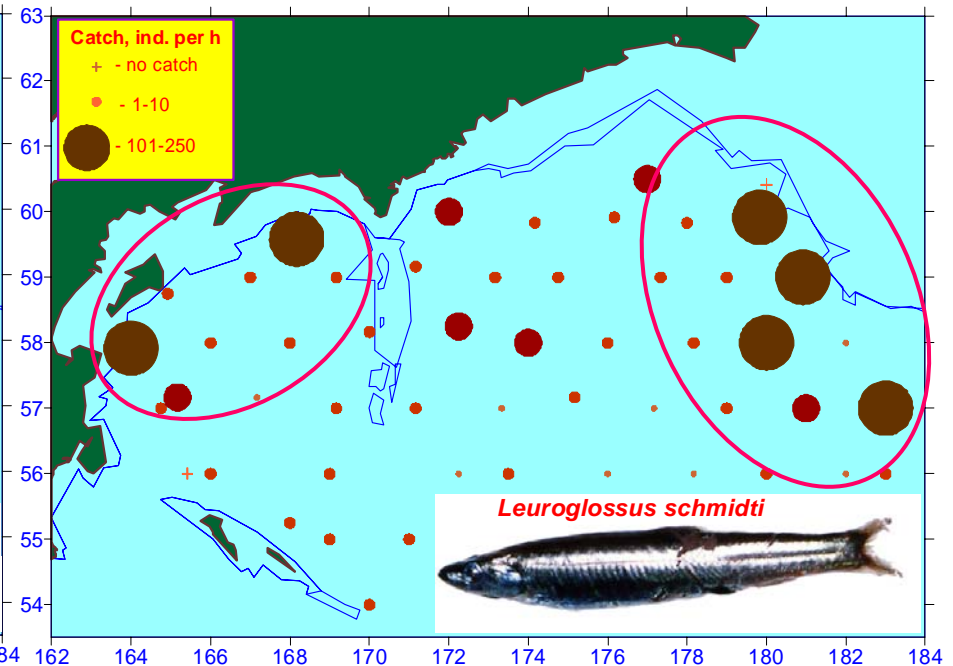
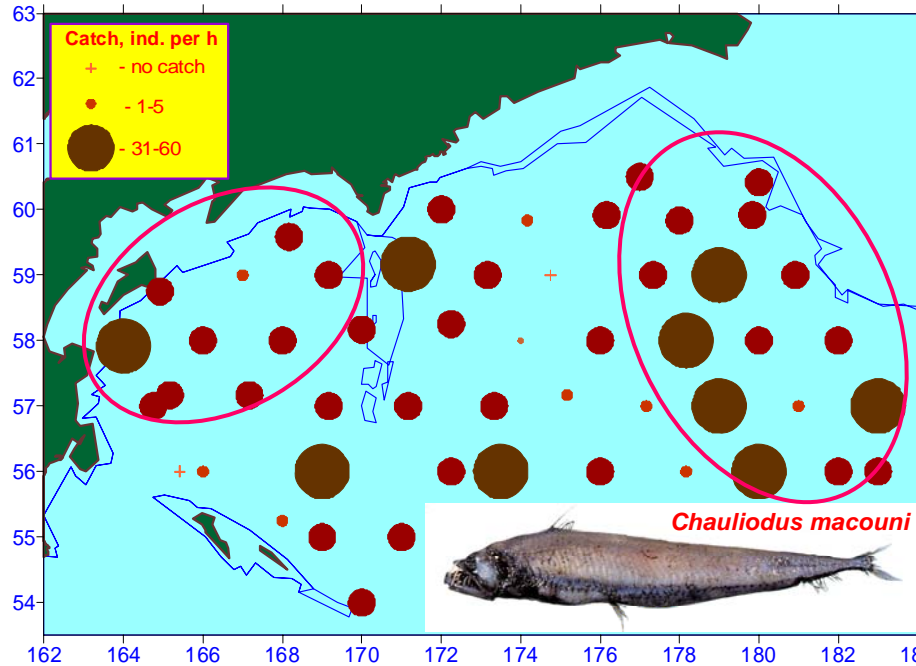


# Matrix of correlations between survey indices of different micronecton species at 500 m depth in the Bering Sea (marked correlations are significant at $p < 0.05$ )

	Tot. m/w fish	S. leucopsarus	S. nannochir	L. jordani	N. regale	D. theta	B. pacificus	P. milleri	L. ochotensis	L. schmidti	C. macouni	B. dentata	M. microstoma	C. acrolepis	C. cinereus	A. pectoralis	S. adleri	Maelamphaeidae	Oneirodidae	Oth. m/w fish	Hydrozoans	M/w shrimps & mysids	Tot. cephalopods
Tot. m/w fish																							
S. leucopsarus	<b>0,95</b>																						
S. nannochir	<b>0,45</b>	0,17																					
L. jordani	0,06	0,02	0,13																				
N. regale	<b>0,37</b>	0,34	0,18	0,03																			
D. theta	-0,19	-0,13	-0,29	0,28	-0,05																		
B. pacificus	0,25	0,06	<b>0,47</b>	0,00	0,18	-0,15																	
P. milleri	0,28	0,14	<b>0,40</b>	<b>0,57</b>	0,18	-0,13	<b>0,39</b>																
L. ochotensis	<b>0,65</b>	<b>0,53</b>	<b>0,52</b>	0,29	0,12	-0,15	<b>0,37</b>	<b>0,50</b>															
L. schmidti	<b>0,64</b>	<b>0,53</b>	<b>0,49</b>	-0,12	0,07	-0,15	0,25	0,12	0,27														
C. macouni	0,16	-0,02	<b>0,61</b>	0,03	<b>0,39</b>	-0,08	0,11	0,23	0,05	0,26													
B. dentata	-0,05	-0,18	0,35	0,03	<b>0,43</b>	-0,07	0,10	0,17	-0,05	0,20	<b>0,57</b>												
M. microstoma	0,08	-0,05	<b>0,45</b>	0,20	-0,11	-0,17	0,13	0,19	0,07	0,20	<b>0,38</b>	-0,05											
C. acrolepis	0,15	0,10	0,17	-0,29	<b>0,42</b>	-0,10	0,21	-0,09	0,22	-0,09	0,07	0,02	-0,19										
C. cinereus	0,06	-0,06	<b>0,38</b>	0,21	-0,03	-0,04	0,06	0,33	-0,09	0,11	<b>0,39</b>	0,11	0,17	-0,24									
A. pectoralis	-0,10	-0,22	0,24	-0,29	-0,05	-0,06	<b>0,53</b>	-0,02	0,12	-0,01	0,02	0,01	-0,28	<b>0,52</b>	0,12								
S. adleri	<b>0,51</b>	<b>0,55</b>	0,02	-0,11	<b>0,54</b>	-0,09	0,05	0,07	0,22	0,13	0,21	0,07	-0,14	0,28	-0,13	-0,07							
Maelamphaeidae	<b>-0,36</b>	-0,32	-0,26	0,12	0,17	<b>0,69</b>	-0,20	-0,29	-0,33	-0,26	0,04	0,24	-0,18	-0,04	-0,08	-0,11	-0,26						
Oneirodidae	-0,07	-0,11	0,08	-0,10	0,31	-0,17	-0,03	0,04	-0,13	-0,02	0,20	0,27	-0,03	0,10	0,11	-0,02	-0,24	-0,01					
Oth. m/w fish	<b>0,53</b>	<b>0,53</b>	0,20	-0,07	0,23	0,35	-0,01	-0,06	0,20	0,26	0,27	-0,11	0,02	0,01	0,16	-0,08	0,28	0,22	0,00				
Hydrozoans	-0,13	-0,19	0,10	0,05	-0,01	-0,20	0,11	0,03	-0,26	0,16	0,12	0,25	0,08	-0,22	0,06	-0,12	-0,15	0,16	-0,15	-0,18			
M/w shrimps & mysids	<b>0,63</b>	<b>0,51</b>	<b>0,52</b>	0,13	0,33	-0,22	0,34	<b>0,49</b>	<b>0,39</b>	<b>0,49</b>	0,30	0,23	0,16	-0,16	0,29	0,01	0,31	-0,29	-0,13	<b>0,35</b>	0,07		
Tot. cephalopods	0,12	0,20	-0,20	-0,05	0,09	-0,12	-0,08	0,03	-0,05	-0,05	-0,18	-0,01	-0,18	0,04	-0,11	-0,27	0,21	0,02	-0,23	-0,02	<b>0,57</b>	0,09	
B. borealis	0,22	0,10	<b>0,35</b>	0,27	<b>0,47</b>	-0,02	<b>0,44</b>	<b>0,48</b>	0,33	-0,06	0,32	0,20	0,01	<b>0,49</b>	0,13	0,22	<b>0,37</b>	-0,12	-0,08	-0,04	-0,13	0,17	-0,08
G. borealis	-0,15	-0,05	-0,34	-0,07	-0,11	-0,07	-0,19	-0,14	-0,22	-0,17	-0,31	-0,08	-0,15	-0,04	-0,20	-0,28	-0,03	0,13	-0,25	-0,20	<b>0,60</b>	-0,15	<b>0,93</b>
Oth. gonatids	<b>0,77</b>	<b>0,72</b>	<b>0,38</b>	0,00	<b>0,50</b>	-0,14	0,26	<b>0,40</b>	<b>0,49</b>	<b>0,41</b>	0,31	0,14	-0,09	0,13	0,25	0,03	<b>0,61</b>	-0,28	0,08	<b>0,53</b>	-0,11	<b>0,70</b>	0,17



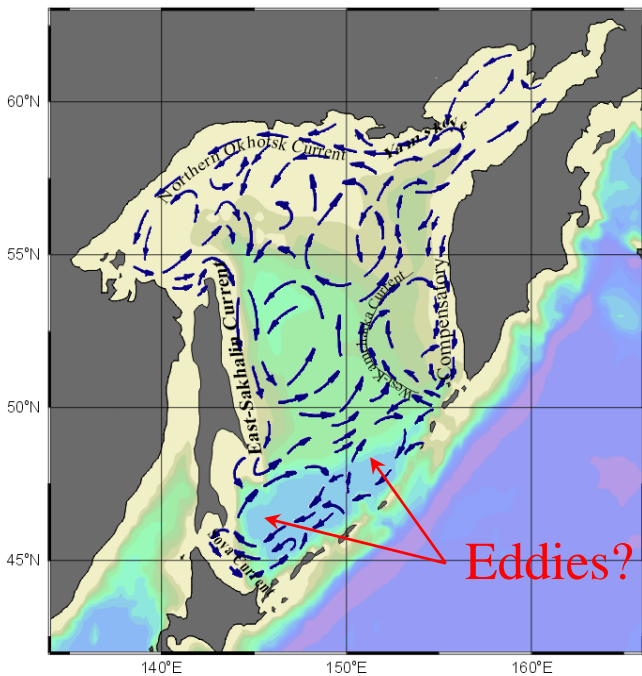
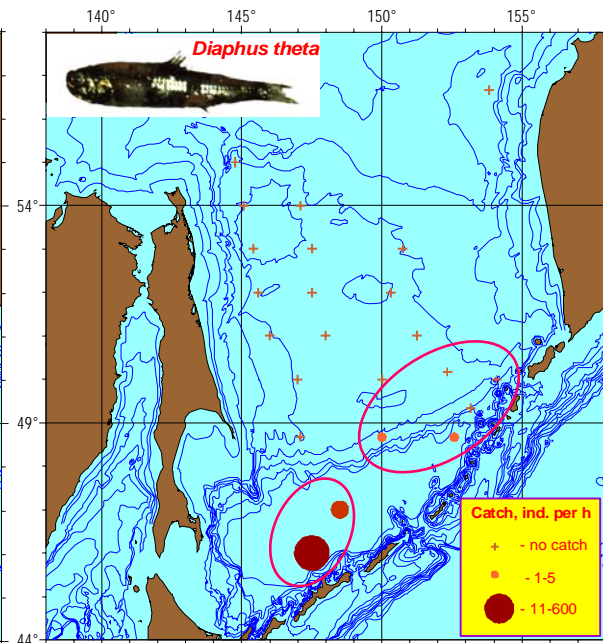
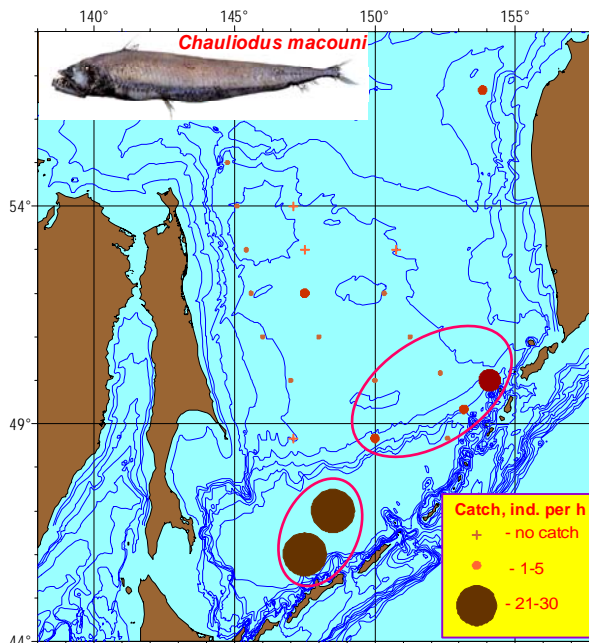
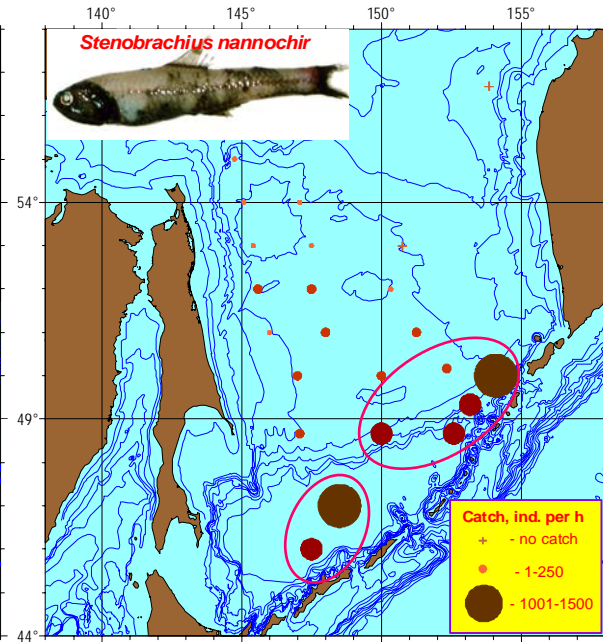
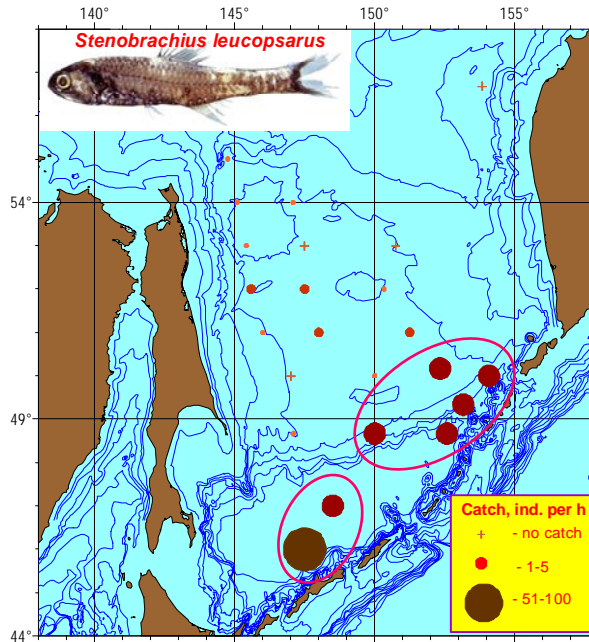
# Distribution of some midwater fishes and surface currents in the Bering Sea



Matrix of correlations between survey indices of different micronecton species at 500 m depth in the Sea of Okhotsk (marked correlations are significant at  $p < 0.05$ )

	Total midwater fish	Stenobrachius nanno chir	Stenobrachius leucopsarus	Diaphus theta	Bathylagus pacificus	Pseudobathylagus milleri	Lipolagus ochotensis	Leuroglossus schmidti	Bothrocarichthys microcephalus	Chauliodus macouni	Coryphaenoides cinereus	Albatrossia pectoralis	Other midwater fish	Hydrozoans	Midwater shrimps & mysids	Total cephalopods	Gonatopsis borealis
Total midwater fish																	
Stenobrachius nanno chir	<b>0,71</b>																
Stenobrachius leucopsarus	0,34	<b>0,60</b>															
Diaphus theta	0,32	0,34	<b>0,80</b>														
Bathylagus pacificus	<b>0,62</b>	<b>0,79</b>	0,38	0,34													
Pseudobathylagus milleri	0,30	<b>0,67</b>	<b>0,42</b>	-0,01	0,35												
Lipolagus ochotensis	<b>0,43</b>	0,11	-0,02	0,00	0,05	0,02											
Leuroglossus schmidti	<b>0,74</b>	0,15	-0,20	-0,09	0,19	-0,11	0,31										
Bothrocarichthys microcephalus	0,14	-0,22	-0,15	-0,06	-0,22	-0,17	<b>0,86</b>	0,14									
Chauliodus macouni	<b>0,51</b>	<b>0,71</b>	<b>0,66</b>	<b>0,63</b>	<b>0,62</b>	0,19	0,22	-0,05	0,06								
Coryphaenoides cinereus	-0,01	-0,17	-0,17	-0,07	0,17	-0,14	-0,13	0,11	-0,07	-0,19							
Albatrossia pectoralis	-0,01	0,06	-0,19	-0,20	0,12	0,02	0,16	-0,13	0,03	0,02	<b>0,46</b>						
Other midwater fish	0,16	-0,11	0,01	0,06	-0,12	-0,04	<b>0,87</b>	0,05	<b>0,97</b>	0,13	-0,12	0,03					
Hydrozoans	0,10	0,20	0,33	0,10	0,30	0,06	0,03	-0,02	-0,18	0,12	0,05	0,04	-0,09				
Midwater shrimps & mysids	0,20	0,33	<b>0,49</b>	0,25	0,37	0,38	-0,10	0,01	-0,30	0,14	0,15	0,01	-0,18	<b>0,79</b>			
Total cephalopods	0,33	<b>0,52</b>	0,32	-0,09	<b>0,43</b>	<b>0,56</b>	0,17	0,05	-0,11	0,13	-0,13	0,12	0,02	<b>0,66</b>	<b>0,62</b>		
Gonatopsis borealis	0,10	0,31	0,32	-0,07	0,26	0,40	-0,07	-0,04	-0,27	-0,03	-0,14	-0,06	-0,16	<b>0,70</b>	<b>0,66</b>	<b>0,90</b>	
Other gonatids	<b>0,60</b>	<b>0,67</b>	0,22	-0,07	<b>0,50</b>	<b>0,62</b>	<b>0,54</b>	0,23	0,24	0,39	-0,17	0,23	0,34	0,26	0,27	<b>0,68</b>	0,32

# Distribution of some midwater fishes and surface currents in the Sea of Okhotsk



## Some conclusions

1. Relationships between distribution patterns of midwater micronectom species and some physical and chemical parameters examined are still poorly understood.
2. It is possible to say with confidence about relation between ammonia distribution and relative abundance of squids. It is well known from different oceans that accumulation of ammonia in sea water reflects its excretion by squids, which use ammonia for neutral buoyancy (Clark et al., 1979; Hoeger et al., 1987; Boucher-Rodoni & Mangoid, 1988, 1989; Seibel et al., 2004.)
3. In the same time, relationships between biomass of squids and gelatinous plankton is known from tropical Atlantic (Piontkovski et al., 2003). In our study, correlations between survey indexes of hydrozoans and cephalopods in the Bering Sea (0.57) and Sea of Okhotsk (0.66) were also found.
4. Dissolved oxygen is known as the most important determinant of distribution of mesopelagic fishes off Baja California (de la Cruz Aguero, 1992). In our study, positive correlations between dissolved oxygen and some species' distributions were also detected.
5. It is necessary to continue the analysis of all available data on distribution and dynamics of relative abundance of midwater micronecton species and their physical and chemical environment to understand habitat requirements of these deepwater animals.