

Институт биофизики ФИЦ КНЦ СО РАН

Сущик Надежда Николаевна

**ТРОФИЧЕСКИЕ СЕТИ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ:  
ПРОДУЦИРУЕМЫЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА  
И БИОХИМИЧЕСКИЕ МАРКЁРЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ**

Кандидат в члены-корреспонденты РАН  
по Отделению биологических наук РАН  
на вакансию для Сибирского отделения РАН  
по специальности «биология»

Понимание функционирования природных экосистем базируется на количественных характеристиках потоков вещества и энергии в трофических сетях.



$$Q = Q_1 \cdot W^k$$
$$R = a \cdot W^{0,75}$$
$$A - R = \pm P$$

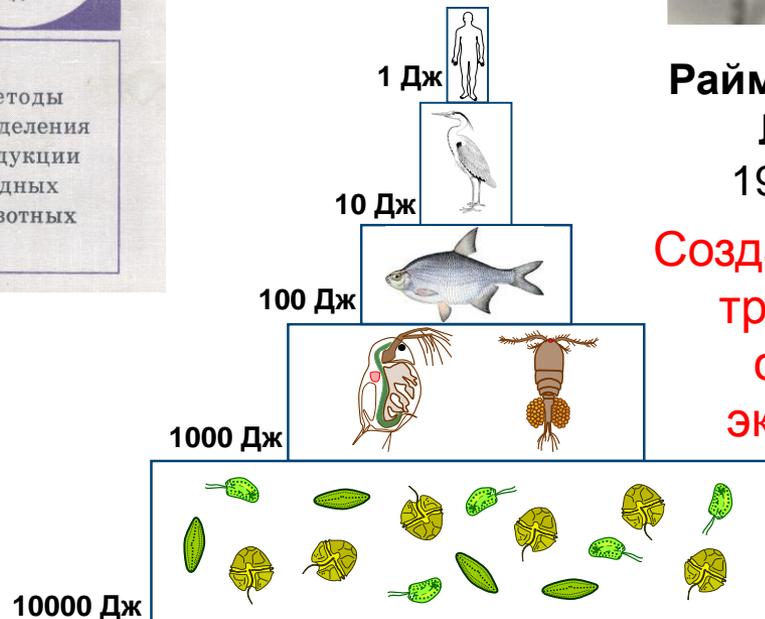


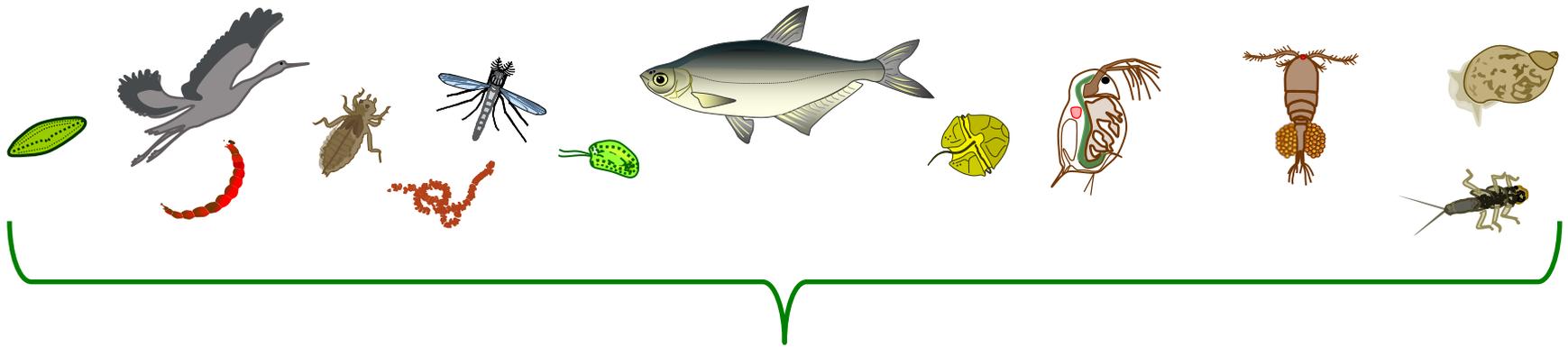
**Георгий Георгиевич Винберг**  
член-корреспондент АН СССР  
1905-1987 гг.

Впервые количественно измерил потоки вещества и энергии в экосистеме.

**Раймонд Лаурель Линдеман**  
1915-1942 гг.

Создал концепцию трофической структуры экосистемы.





## Качество органического вещества

Стехиометрия **C:N:P**

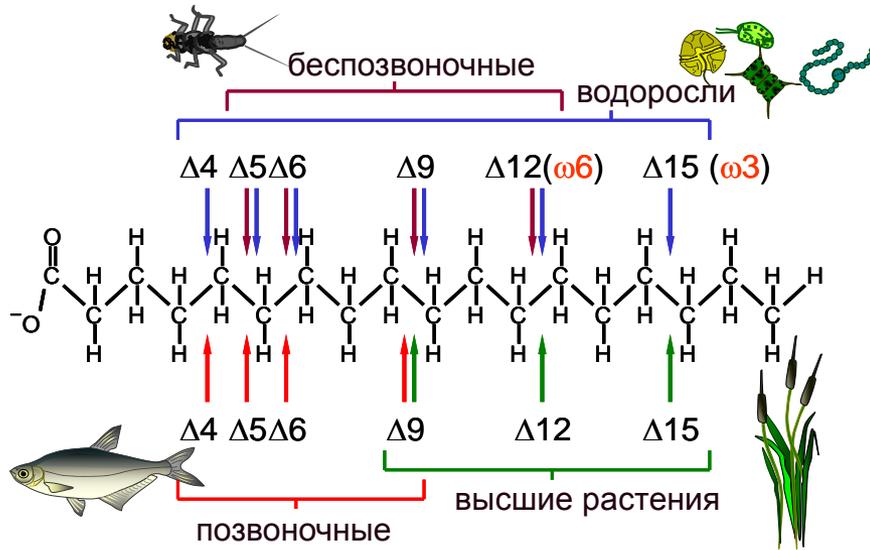
Жирные кислоты

Аминокислоты

Составляющие  
запасных липидов,  
мембран, медиаторов

Составляющие  
ферментов,  
структурных белков

# Биосинтетические возможности организмов

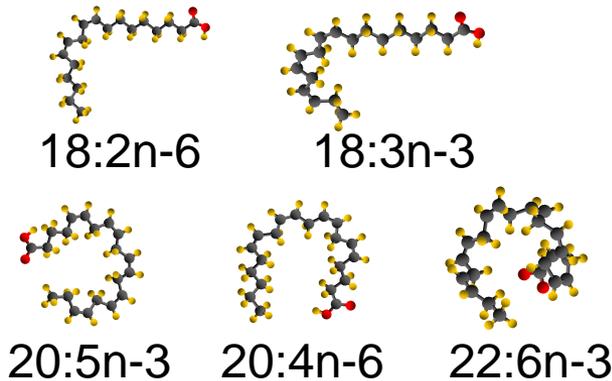


➤ Ограничения синтеза у животных

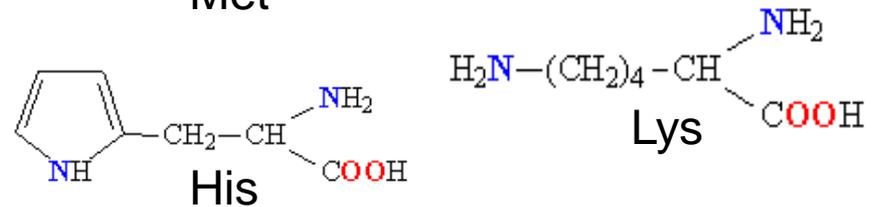
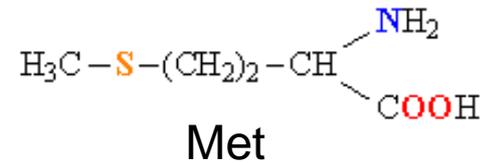
➤ Необходимость поступления с пищей

## Незаменимые биологически активные вещества

### Жирные кислоты

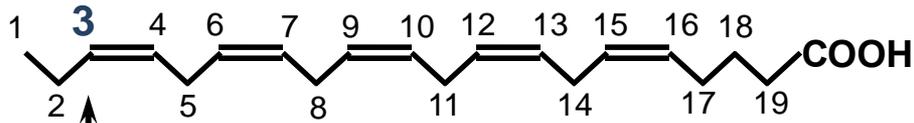


### Аминокислоты

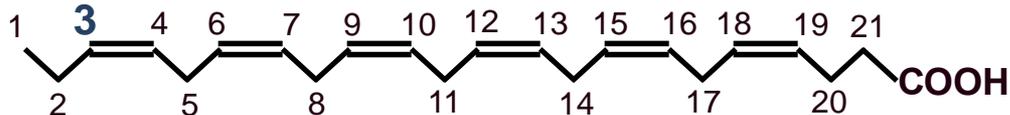


# Длинноцепочечные полиненасыщенные жирные кислоты (ПНЖК) семейства $\omega 3$ (n-3) – важнейшие компоненты питания человека

Эйкозапентаеновая кислота (ЭПК, 20:5n-3)

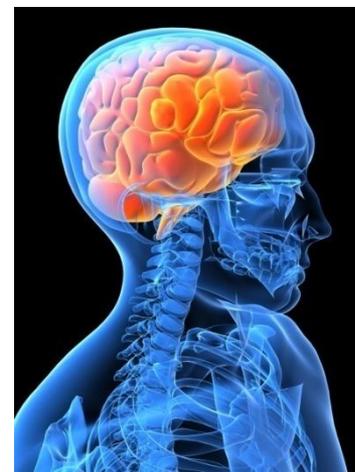
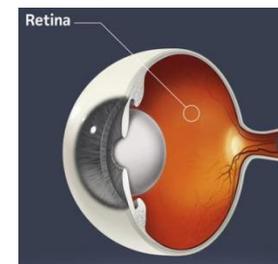
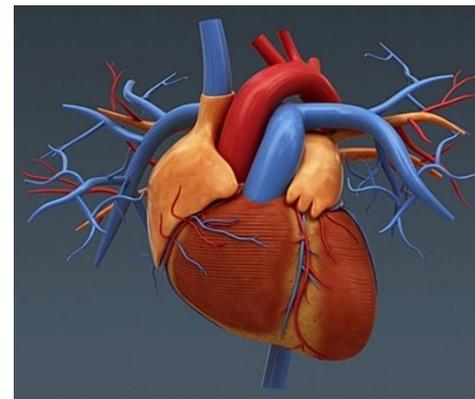


$\omega 3$  – положение первой двойной связи от метильного конца молекулы

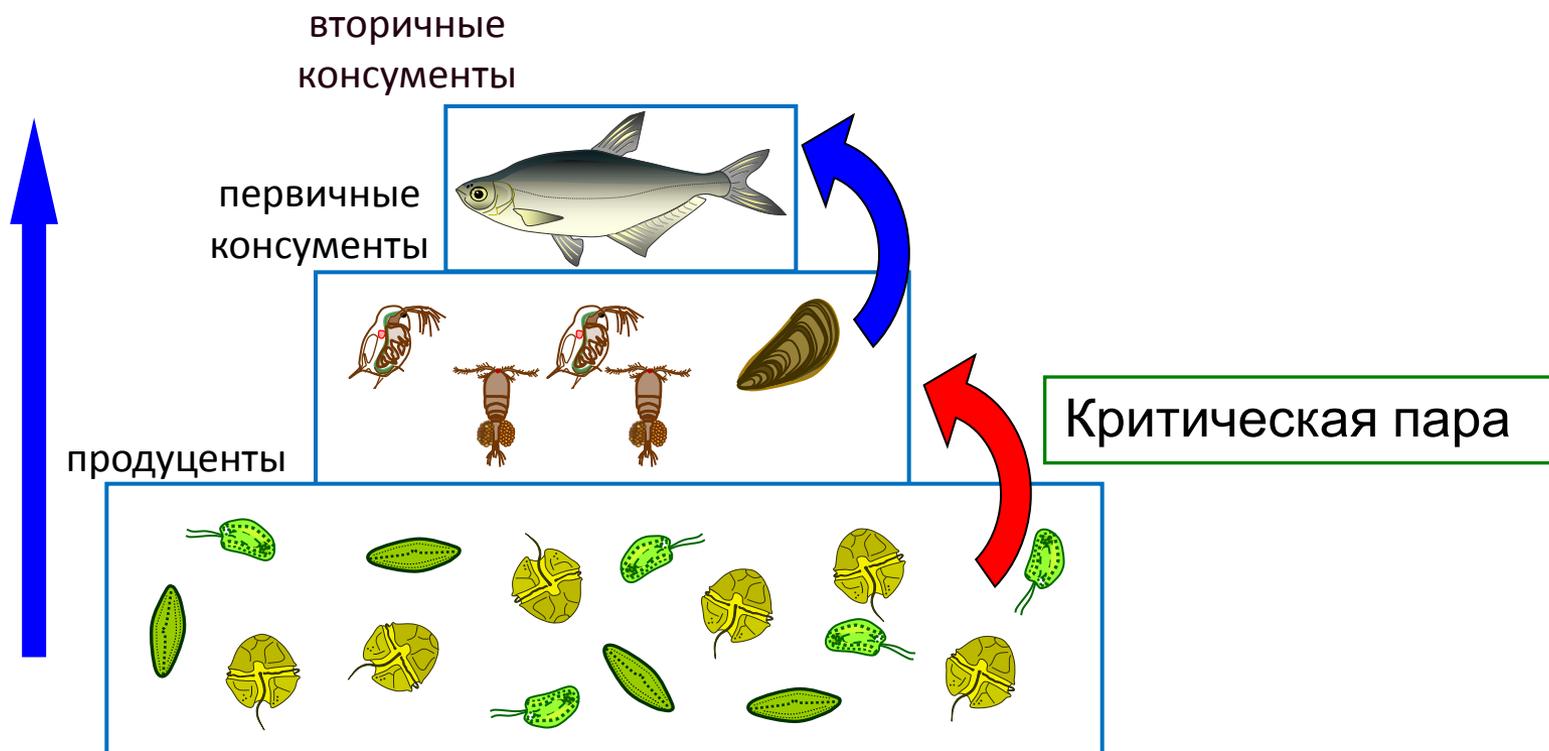


Докозагексаеновая кислота (ДГК, 22:6n-3)

Регуляция функционирования сердечно-сосудистой, нервной и иммунной систем, общего обмена веществ (Kris-Etherton et al., 2002, Prostaglandins Leukotrienes Essent.; Saldanha et al., 2009; Prostaglandins Leukotrienes Essent.; Wall et al., 2010, Nutrition Reviews)



# Иерархия лимитирования продукционных процессов и трофических переносов в зависимости качественного состава вещества?



# Ценность отделов фитопланктона как кормовых объектов



Heterokontophyta (Bacillariophyta),  
Cryptophyta, Dinophyta

Cyanophyta, Chlorophyta

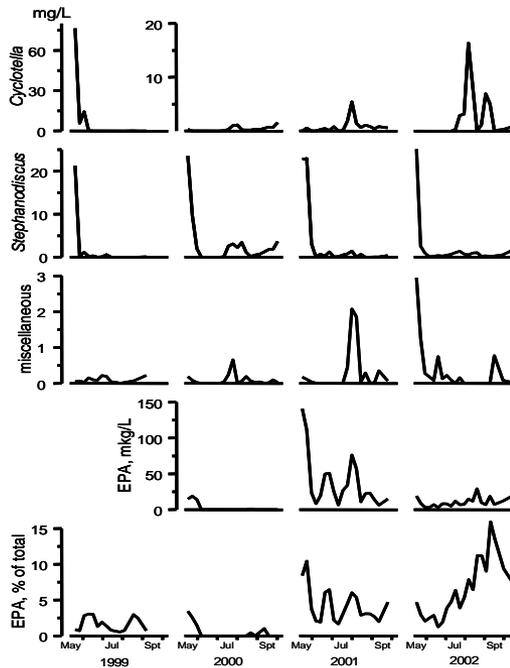


Проф. Gunnel Ahlgren

J. Plankton Res. 1990 12: 809-818

Отделы фитопланктона	18:3ω3	20:5ω3 (ЭПК)	22:6ω3 (ДГК)	20:4ω6
Cyanophyta	<u>5.0 - 41.0</u> 0.2 - 16.5	<u>0 - 1.5</u> 0 - 0.6	0	0
Chlorophyta	<u>3.0 - 36.0</u> 0.4 - 47.0	<u>0 - 3.0</u> 0 - 4.0	0	0
Bacillariophyta	<u>0 - 1.0</u> 0 - 0.9	<u>5.0 - 30.0</u> 4.5 - 27.0	<u>0 - 5.0</u> 0 - 4.5	<u>0 - 4.0</u> 0 - 3.6
Cryptophyta	<u>6.0 - 20.0</u> 4.0 - 14.0	<u>7.0 - 20.0</u> 4.9 - 14.0	<u>2.0 - 7.0</u> 1.4 - 4.9	<u>0 - 2.0</u> 0 - 1.4
Dinophyta	<u>0 - 6.0</u> 0 - 5.1	<u>1.0 - 20.0</u> 0.9 - 17.0	<u>11.0 - 33.0</u> 9.4 - 28.0	0

# Качественный состав фитопланктона малых водохранилищ

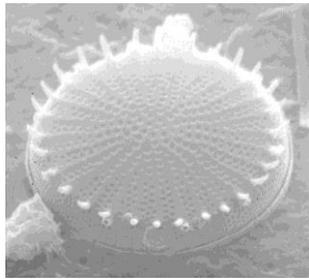


Биология внутренних вод, 2002, 38: 50-64.  
 Freshwater Biology, 2003, 48: 394-403.  
 Freshwater Biology, 2004, 49: 1206-1219.

## Канонический корреляционный анализ биомассы групп фитопланктона и содержания n-3 ПНЖК в сестоне

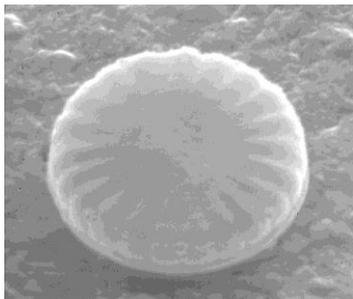
	Фитопланктон	ПНЖК
Число переменных	10	2
извлеченная дисперсия (%)	26.0	100.0
общая избыточность (%)	16.0	59.0
Число точек	72	
	корень 1	корень 2
собственное число	0.656	0.533
канонический коэффициент R	0.810	0.730
$\chi^2$	118.0	49.1
число степеней свободы $\nu$	20	9
P	<0.001	<0.001
	фактор значимости	
Независимые переменные (фитопланктон, †)		
Диадомовые	-0.393	0.359
<i>Cyclotella</i>	-0.108	0.248
<i>Stephanodiscus</i>	-0.404	0.275
прочие диатомовые	-0.130	-0.069
Цианобактерии	0.878	-0.024
<i>Anabaena</i>	0.508	-0.314
<i>Aphanizomenon</i>	0.242	0.595
<i>Microcystis</i>	0.066	0.302
<i>Planktothrix</i>	0.447	-0.306
Зеленые	0.054	0.232
Зависимые переменные (ПНЖК %):		
20:5 $\omega$ 3	-0.900	-0.437
18:3 $\omega$ 3	0.336	-0.942

Не все диатомовые являются ценным кормом для зоопланктона!



р. *Stephodiscus*

Доминируют только весной  
Высокое содержание ЭПК



р. *Cyclotella*

Доминируют весной и летом  
Низкое содержание ЭПК

Цианобактерии – источники n-3 ПНЖК для зоопланктона

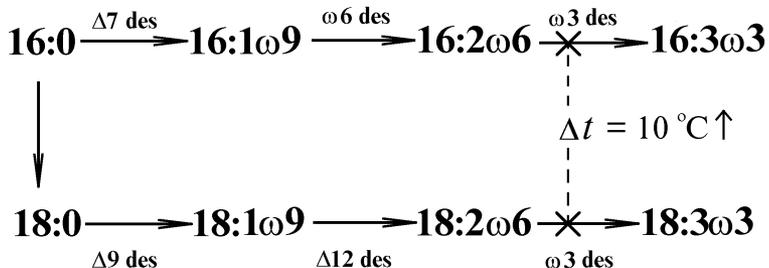
*Anabaena flos-aquae*



Доминирует летом

Высокое содержание 18:3n-3

Влияние температуры на активность десатураз в экспериментах на культурах микроводорослей



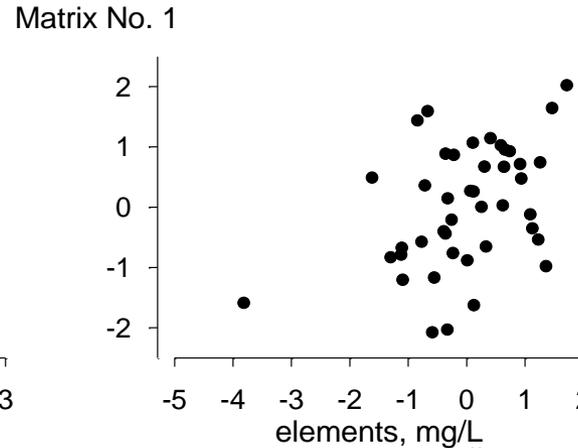
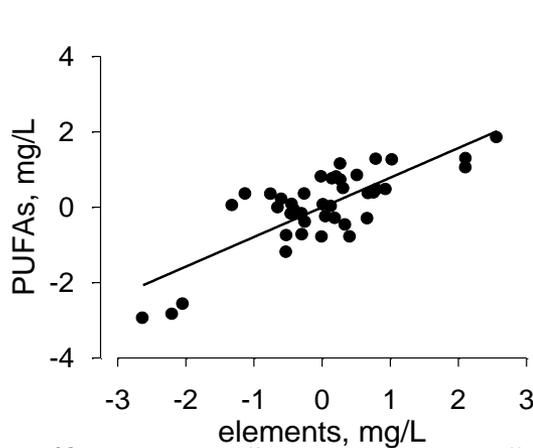
Среди крупных таксонов продуцентов – микроводорослей могут быть виды с разной пищевой ценностью.

Микробиология, 2001, №5: 629-635;  
Физиология растений, 2003, №3: 420-427;  
Freshwater Biology, 2004, 49: 1206-1219.

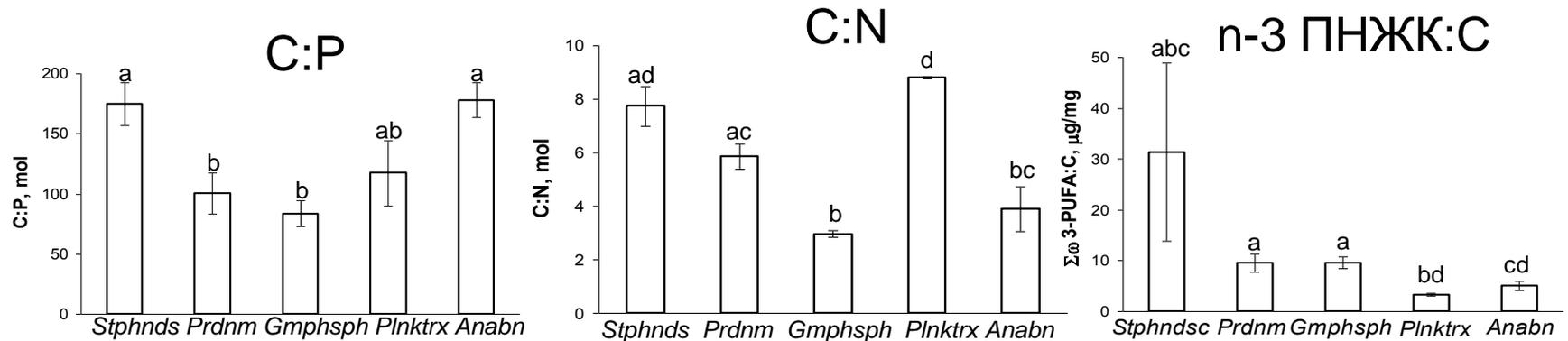
# Элементный и биохимический состав природных сообществ в периоды доминирования отдельных видов фитопланктона

1st Canonical Root

2nd Canonical Root

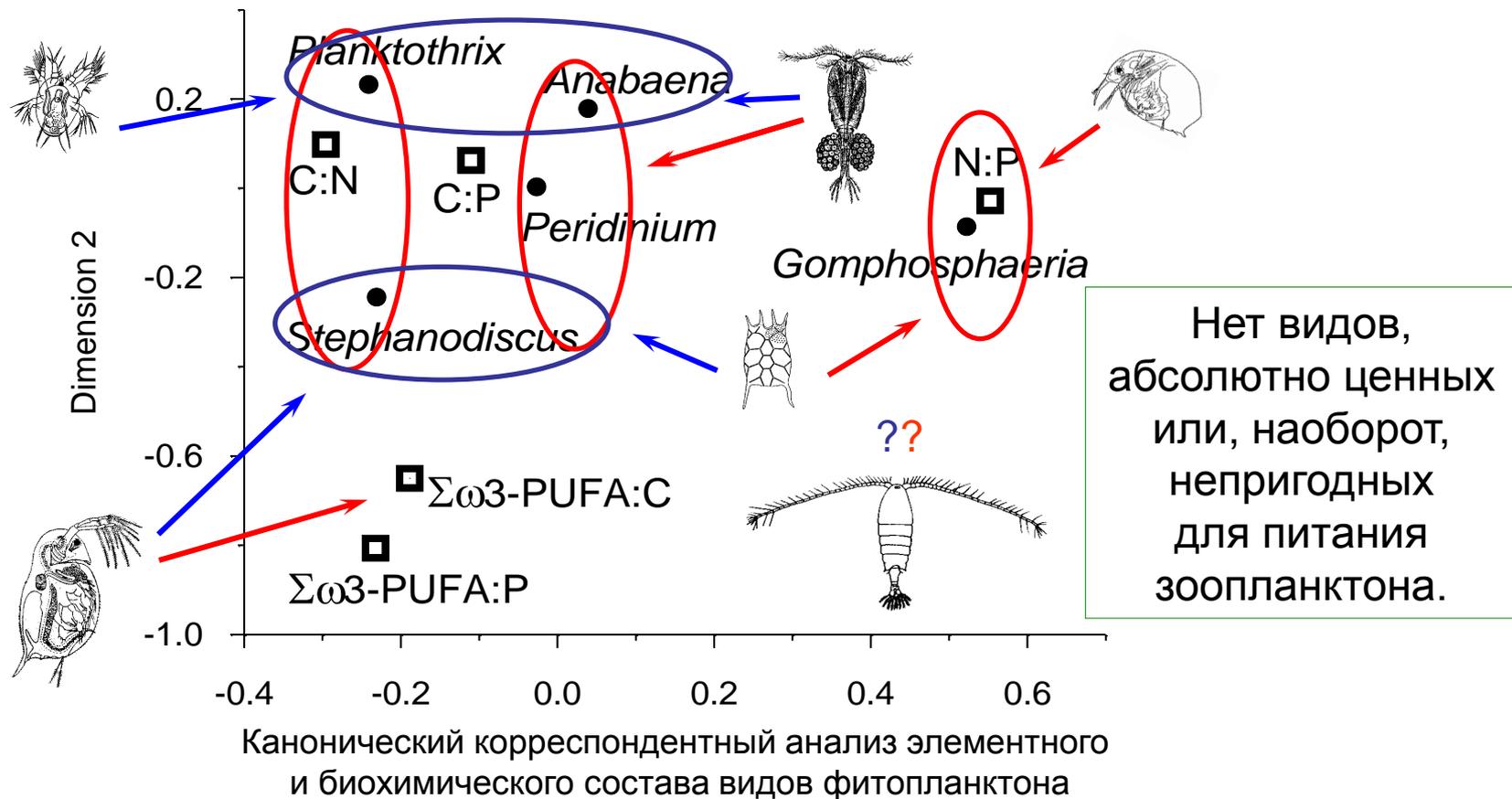


Канонический корреляционный анализ молярных соотношений элементов C:P, C:N и N:P и содержания ПНЖК в сестоне водохр. Бугач.



Стехиометрические соотношения и содержание ПНЖК коррелируют, но специфичны для каждого вида-доминанта

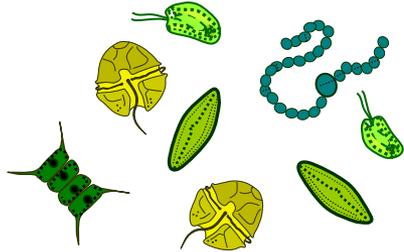
# Сравнение элементного и биохимического состава в периоды доминирования отдельных видов с пищевыми потребностями зоопланктона



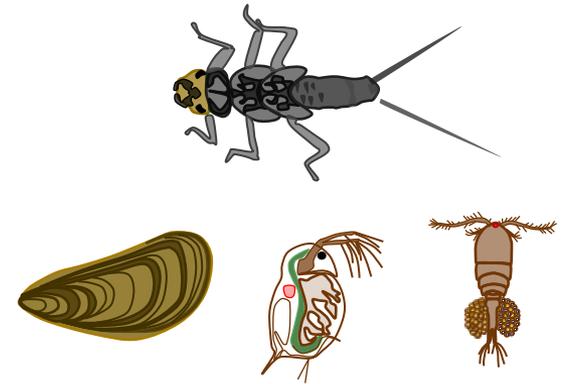
Деление фитопланктона на крупные таксоны с высокой или же низкой пищевой ценностью в отношении биохимического и элементного состава не подходит для целей трофической экологии.

Биохимический состав консументов определяется биохимическим составом их пищи.

n-3 ПНЖК

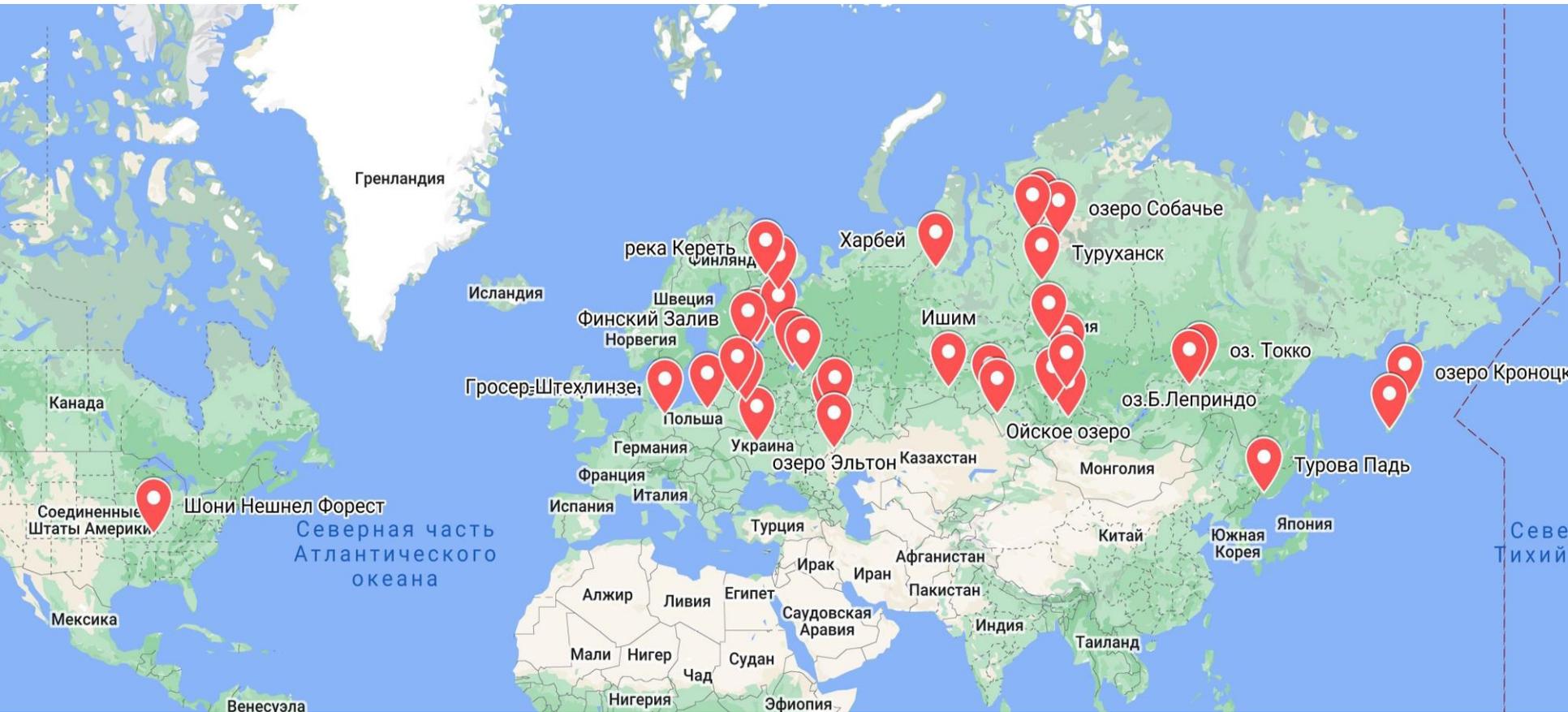


n-3 ПНЖК



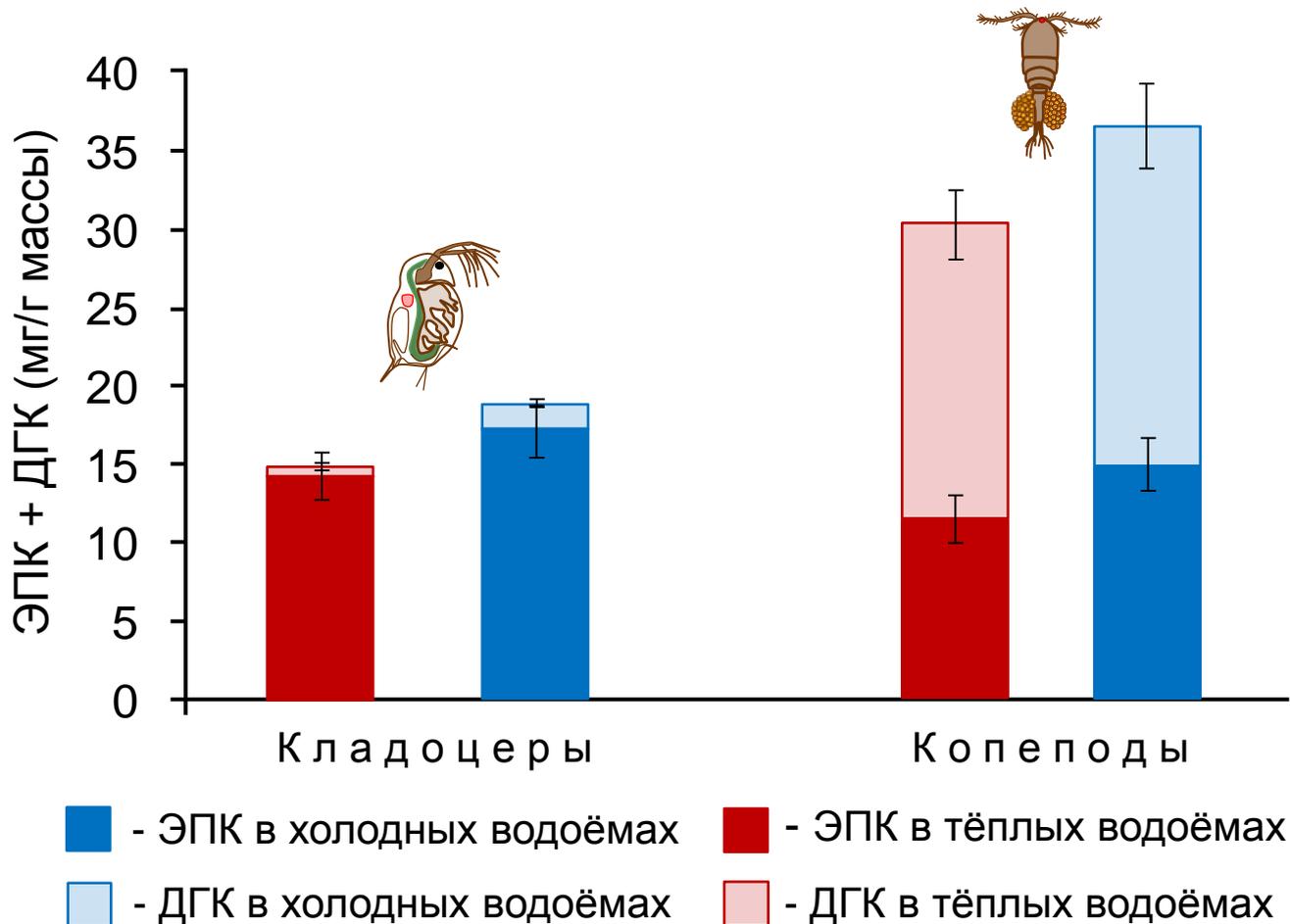
**генотип ?**

# Исследования содержания n-3 ПНЖК и состава жирных кислот планктонных и бентосных консументов



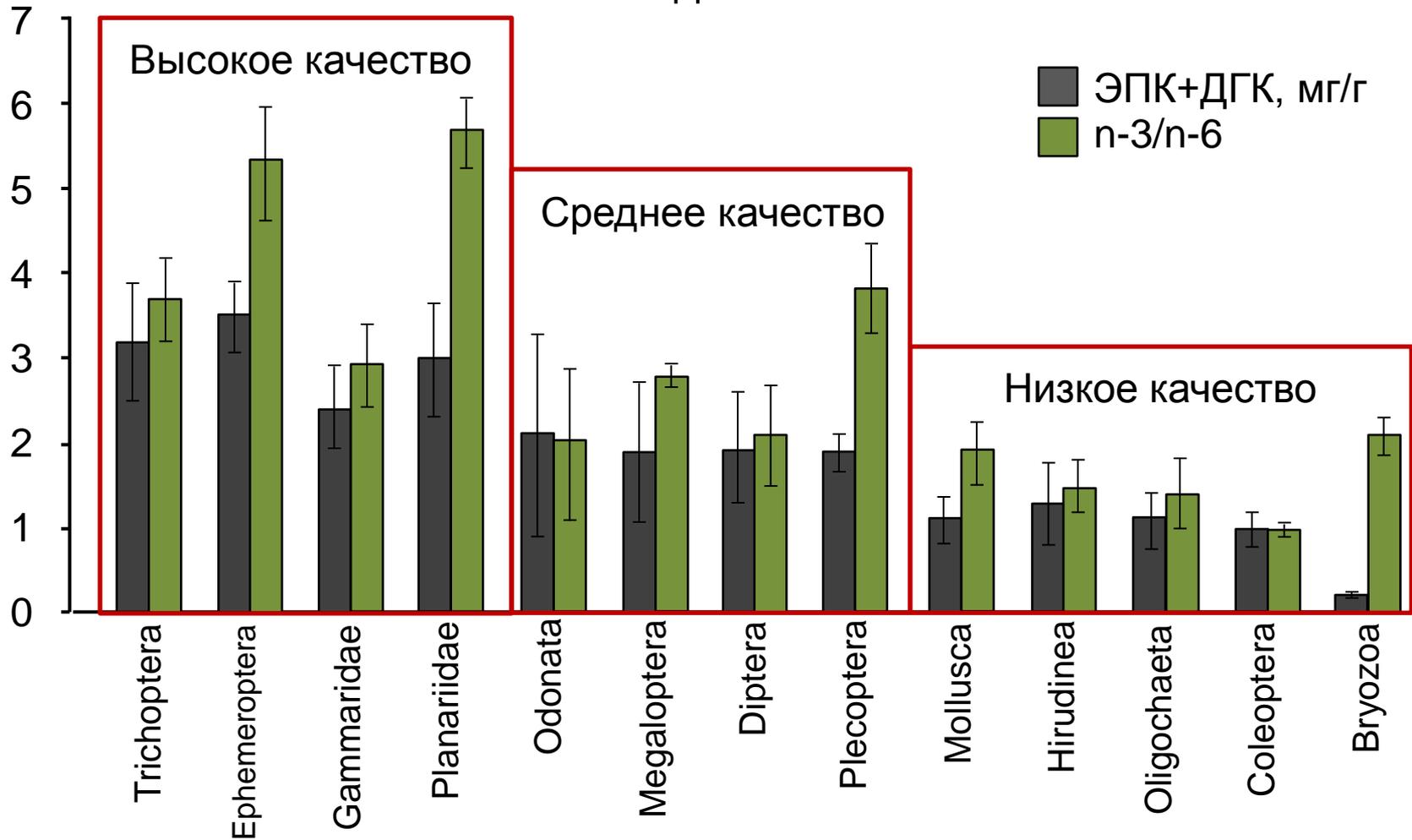
- 197 видов различных организмов
- 94 континентальных водоёма и водотока Северного полушария

## Содержание ПНЖК в планктонных водных беспозвоночных



Aquatic Ecology, 2010, 44: 513-530;  
Oecologia, 2011, 165: 521-531;  
Доклады Академии наук, 2013, 451: 221-224,  
Freshwater Biology, 2015, 60: 373-386..

# Содержание незаменимых ПНЖК в бентосных водных беспозвоночных

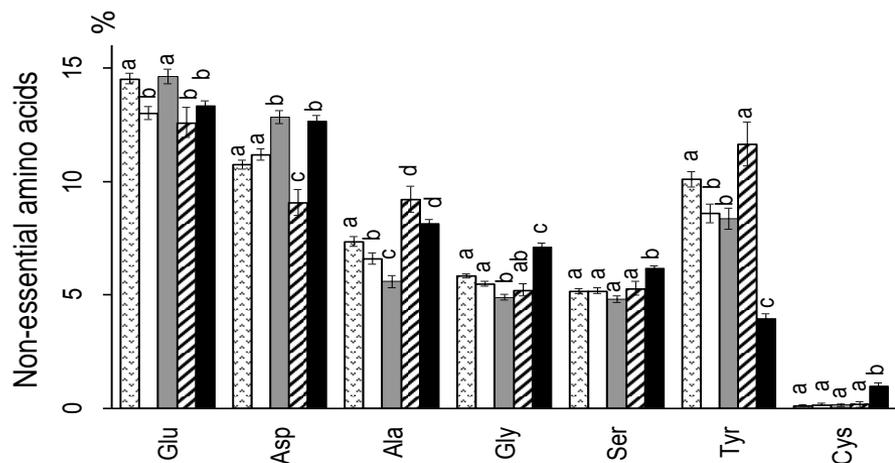


Comp. Biochem. Physiol. B, 2006,145:  
278-287;  
Lipids, 2011, 46: 709-721;  
Freshwater Science, 2016, 60: 373-386.

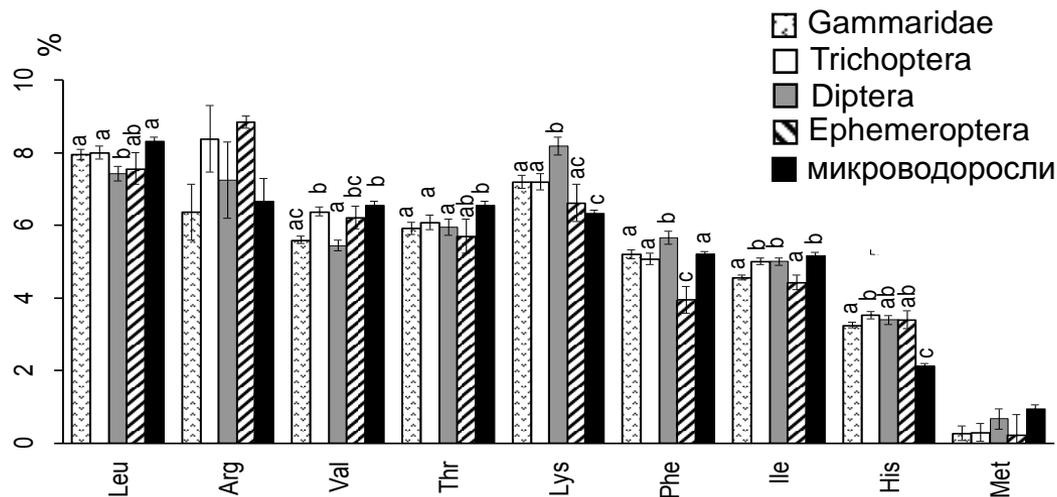
Биохимическая ценность планктона и бентоса как корма  
для рыб зависит от таксономической принадлежности.

# Профили аминокислот речных микроводослей и бентосных консументов

р.Енисей



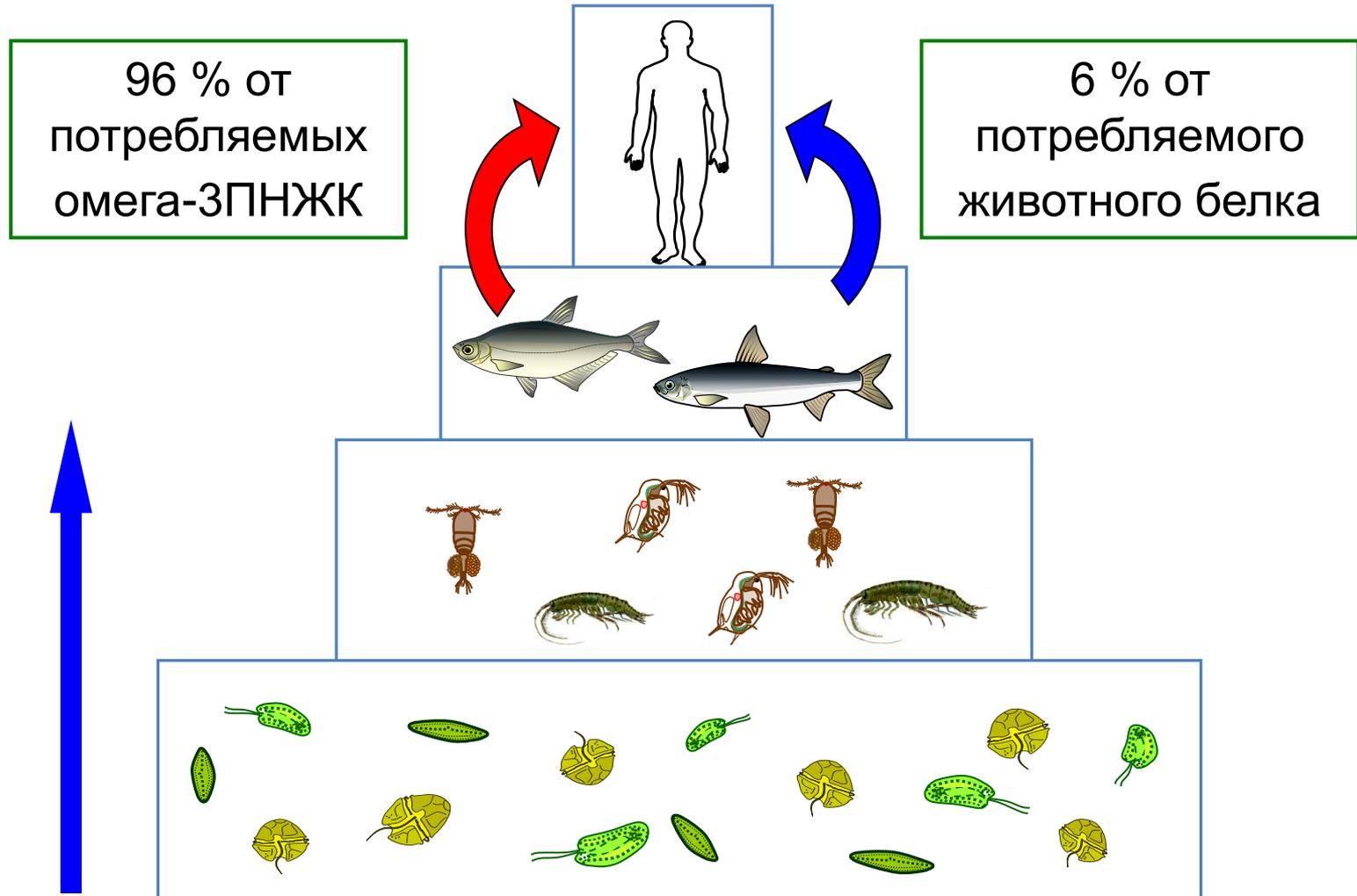
Незаменимые аминокислоты



Freshwater Biology, 2013, 58: 2180-2195.

Профили незаменимых аминокислот микроводорослей и бентосных животных оказались относительно инвариантны, в отличие от содержания n-3 ПНЖК.

# Водные экосистемы – главный источник ПНЖК для человека



Содержание ЭПК+ДГК (мг/г сырой массы) в различных видах промысловых рыб различается

~ 2 порядка

*Cololabis saira*



36.0 мг/г сырой массы

*Gymnura spp.*

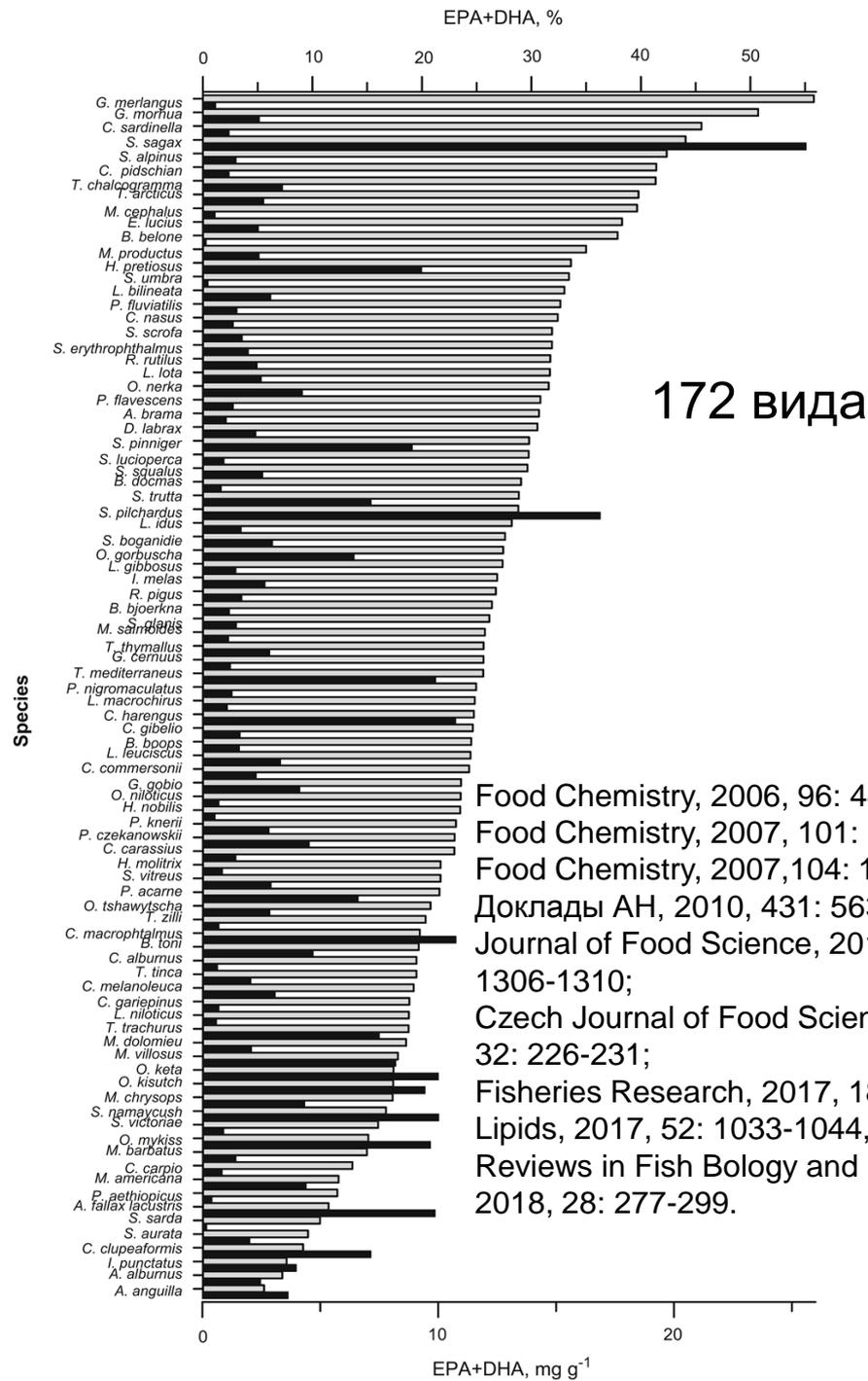


0.12 мг/г сырой массы

Факторы:  
филогенетические  
экологические  
морфологические



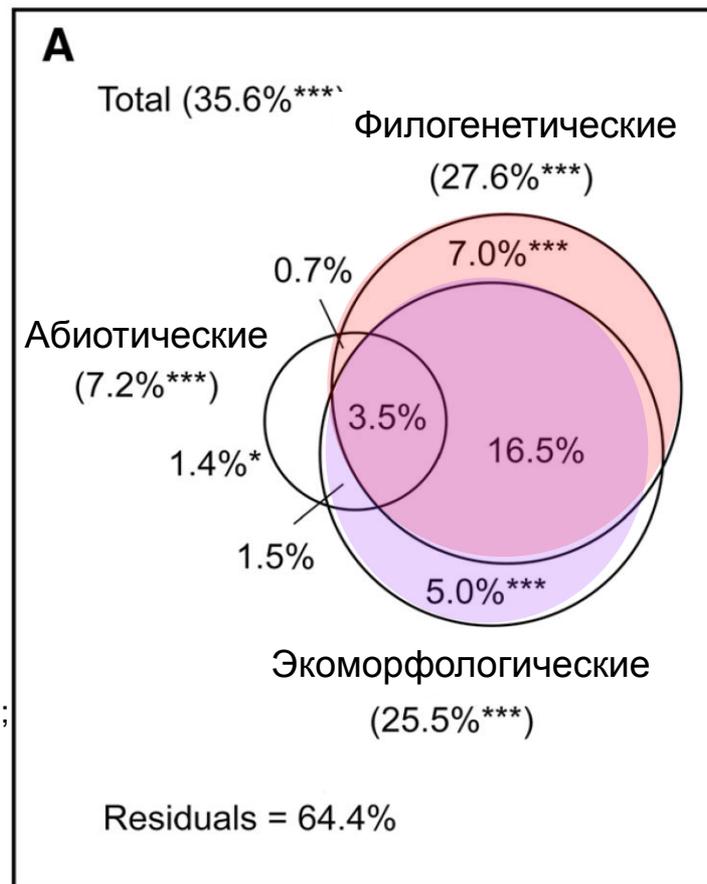
Как увеличить рыбную  
продукцию с высоким  
содержанием ПНЖК?



Food Chemistry, 2006, 96: 446-451;  
 Food Chemistry, 2007, 101: 1694-1700;  
 Food Chemistry, 2007, 104: 1353-1358;  
 Доклады АН, 2010, 431: 563-565;  
 Journal of Food Science, 2012, 12:  
 1306-1310;  
 Czech Journal of Food Sciences, 2014,  
 32: 226-231;  
 Fisheries Research, 2017, 187: 178-187;  
 Lipids, 2017, 52: 1033-1044,  
 Reviews in Fish Biology and Fisheries,  
 2018, 28: 277-299.

# Мета-анализ содержания ПНЖК в мышцах «диких» рыб по собственным и литературным данным

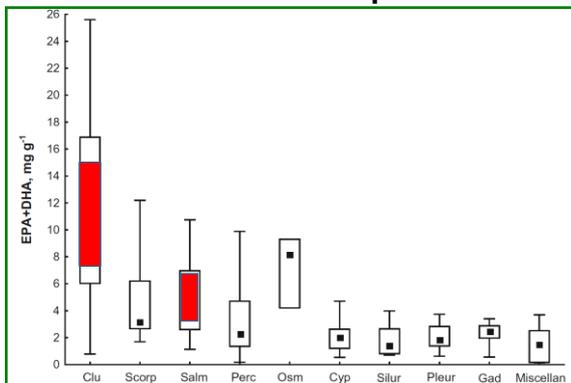
Влияющие факторы:



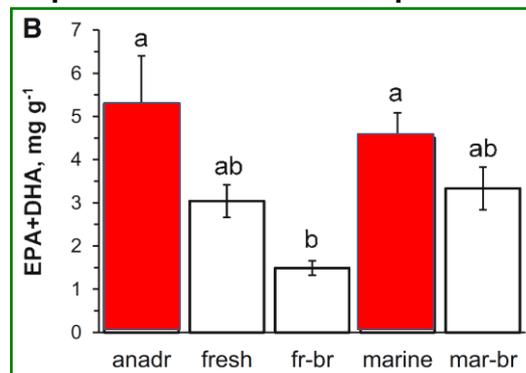
# «Портрет» успешной рыбы, имеющей высокое содержание ПНЖК



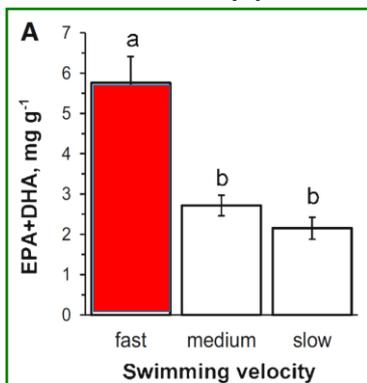
Сельдеобразные  
или Лососеобразные



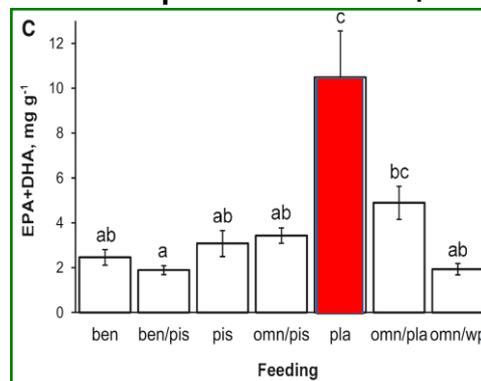
морские или анадромные



планктоядные



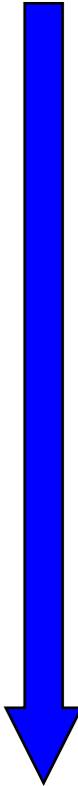
быстроплавающие



Reviews in Fish Biology and Fisheries,  
2018, 28: 277-299.

## Роль n-3 ПНЖК в мышцах рыб?

# Биофизические особенности ПНЖК в клеточных мембранах



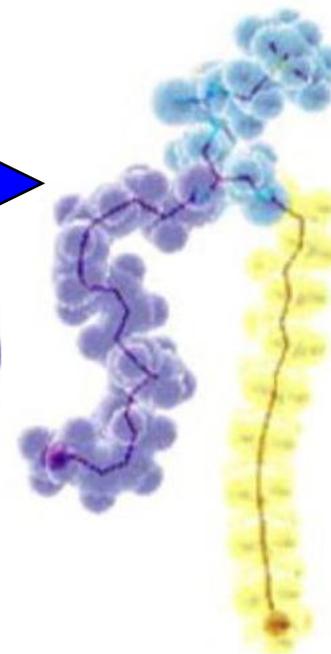
низкие потенциальные барьеры вращения вокруг одинарных углерод-углеродных связей по обе стороны от двойных связей

высокая скорость вращения углеродных цепей

высокое латеральное давление на соседние молекулы в клеточных мембранах

высокая активность мембран-связанных ферментов потенциала действия

ДГК

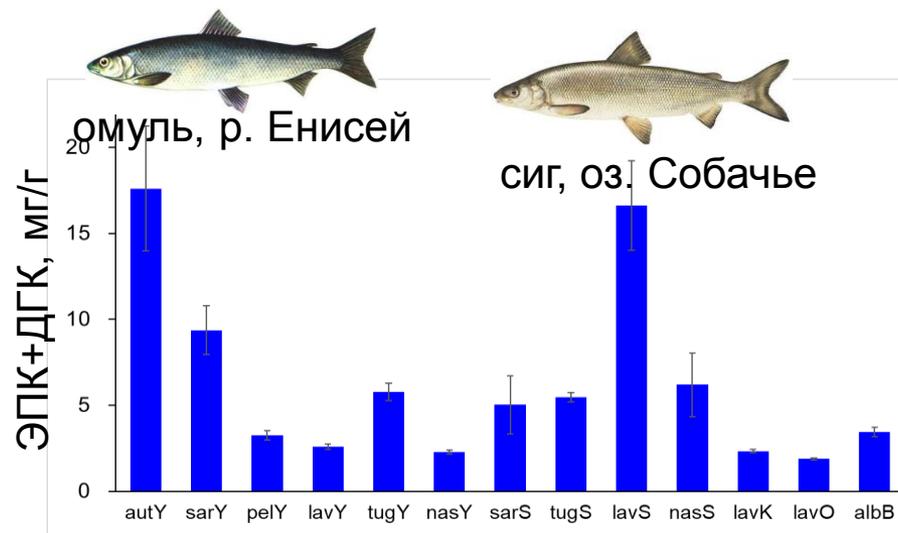


18:0–22:6n-3-холин в липидном бислое.  
(Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids.  
2008, 79: 131–134)

# Рыбы из экосистем Севера Красноярского края: не уступают морским по содержанию ПНЖК

Промысловый лов в олиготрофных арктических системах невозможен или ограничен.

Lipids, 2017, 52: 1033-1044;  
Сибирский Экологический журнал, 2018,  
№3: 325-339;  
Biomolecules, 2020; 10: 419.  
Biomolecules, 2022, 12:144.



Рекордсмен – боганидская паляя, 22 мг/г

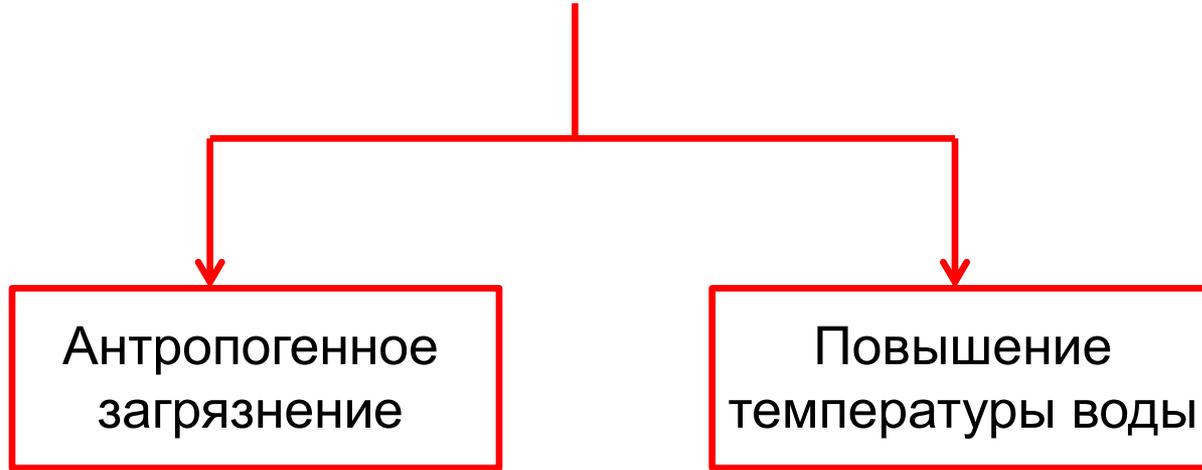


Создается маточное стадо сибирского гольца – для введения в промышленную аквакультуру.

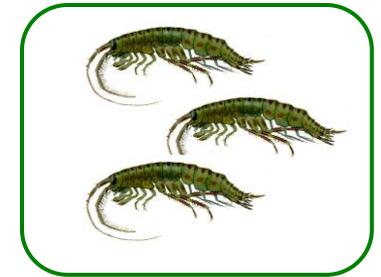
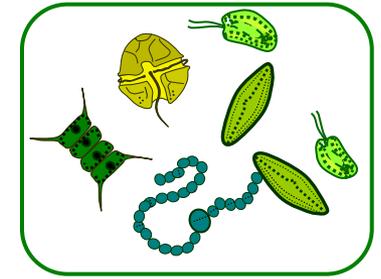
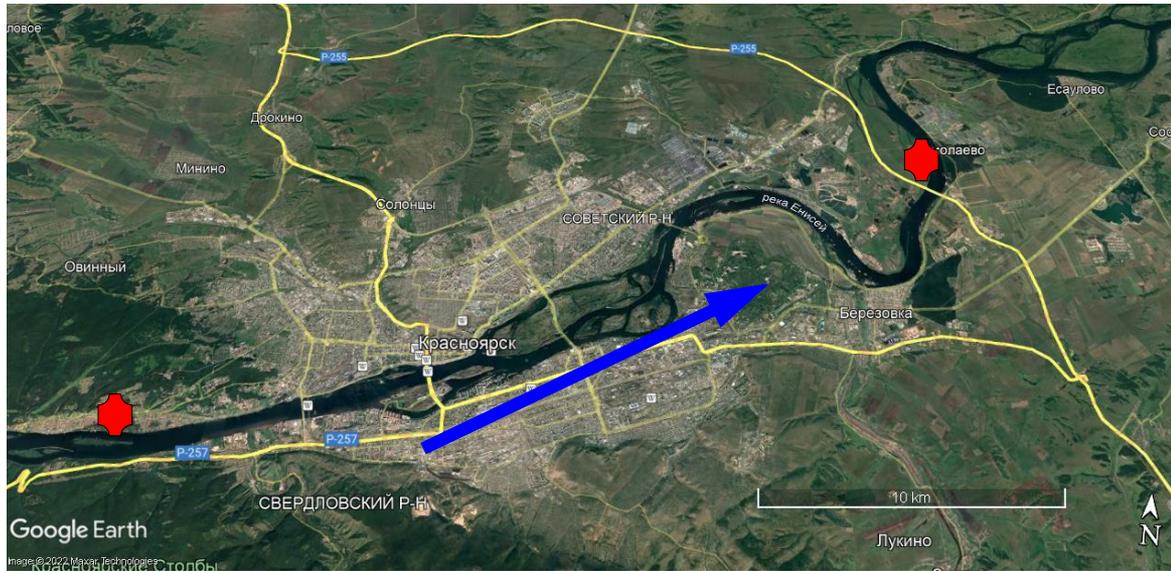
# ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

1. Пищевая ценность фитопланктона для первичных консументов (зоопланктона и зообентоса) не может быть определена на уровне крупных таксонов (отделов и классов), так как в каждом таксоне имеются виды с низкой и высокой пищевой ценностью. Напротив, определение пищевой ценности зоопланктона и зообентоса для рыб может быть проведено на уровне семейств, отрядов, классов и даже типов.
2. Абиотические факторы влияют на биохимическое качество водных беспозвоночных через различные механизмы: антропогенное загрязнение тяжелыми металлами, фенолами и нефтепродуктами снижает содержание ПНЖК в биомассе непосредственно, тогда как повышение температуры воды оказывает негативное воздействие за счет смены доминирующих видов.
3. Впервые, на основании анализа маркерных жирных кислот, показано, что всеядность массовых видов водных животных, не означает отсутствие селективности их питания.
4. Прямые и обратные потоки органического вещества между наземными и водными экосистемами (реципрокные субсидии) характеризуются разным биохимическим качеством. Поступающее в водоемы органическое вещество (листовой опад и гумус) – низкого качества и не используется доминирующими видами консументов. Напротив, водные субсидии, а именно вылет амфибионтных насекомых, являются высококачественной пищей для многих наземных консументов, так как содержат физиологически ценные омега-3 ПНЖК.

# Влияние абиотических факторов риска на качество вещества водных экосистем ?



# Влияние антропогенного загрязнения (тяжелые металлы и фенолы) на ПНЖК микроводорослей и бентоса р. Енисей

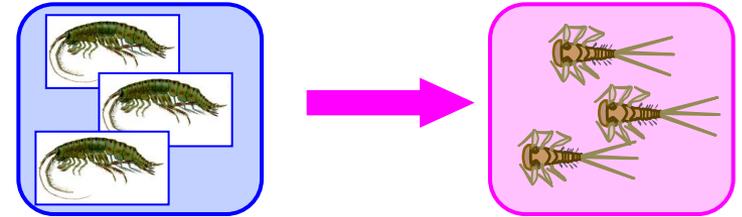
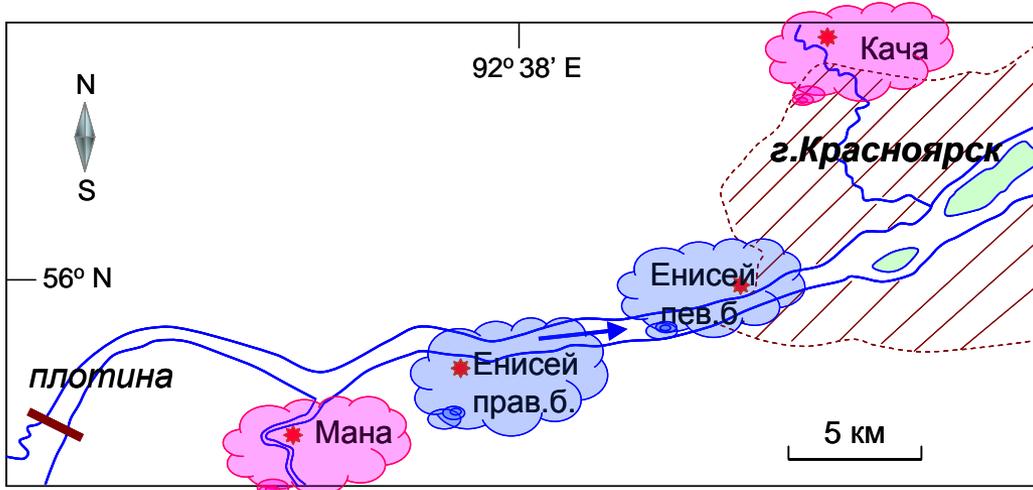


	Выше города	Ниже города	<i>T</i>	<i>p</i>
Перифитон				
ЭПК %	14.0 ± 1.2	15.4 ± 0.9	111.0	0.265157
ДГК %	0.9 ± 0.1	0.8 ± 0.1	124.0	0.457569
ЭПК+ДГК %	15.0 ± 1.2	16.2 ± 1.0	118.0	0.360567
ЭПК мг/м <sup>2</sup>	171.6 ± 43.7	230.2 ± 40.9	69.0	0.020653
ДГК мг/м <sup>2</sup>	11.8 ± 3.4	13.9 ± 3.0	98.0	0.137356
ЭПК+ДГК мг/м <sup>2</sup>	183.4 ± 46.9	244.1 ± 43.8	69.0	0.020653
Гаммарус				
ЭПК %	17.2 ± 0.4	15.0 ± 0.4	39.0	0.007839
ДГК %	2.5 ± 0.2	1.7 ± 0.1	24.0	0.001471
ЭПК+ДГК %	19.8 ± 0.5	16.7 ± 0.5	30.0	0.002961
ЭПК мг/г	4.6 ± 0.5	3.7 ± 0.3	76.0	0.169776
ДГК мг/г	0.6 ± 0.1	0.4 ± 0.0	53.0	0.029830
ЭПК+ДГК мг/г	5.2 ± 0.6	4.1 ± 0.3	73.0	0.139623

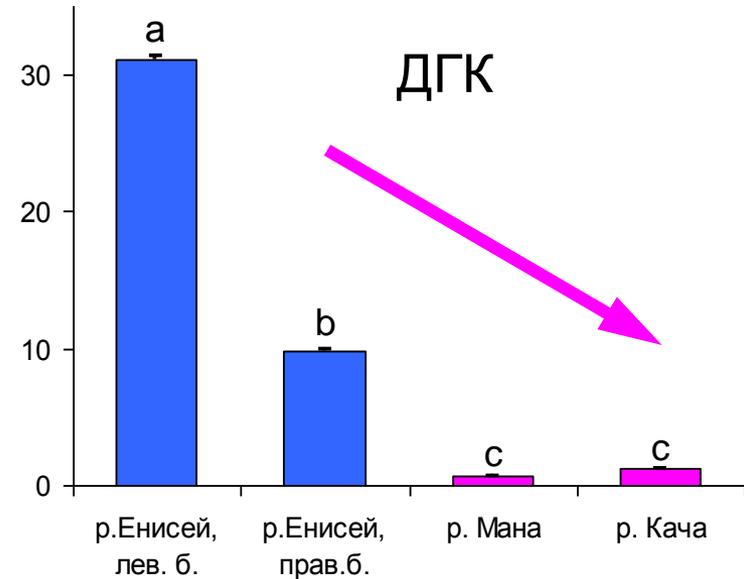
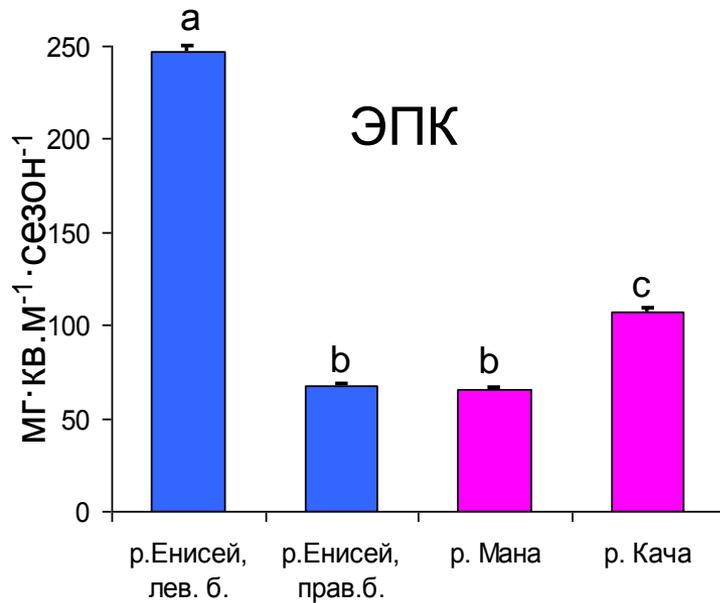
Прямой механизм  
воздействия  
негативного фактора

Водные ресурсы, 2009, № 5:  
623-632;  
Сибирский экологический  
журнал, 2012, 4: 511-521.

# Влияние температуры воды на продукцию ПНЖК речным бентосом

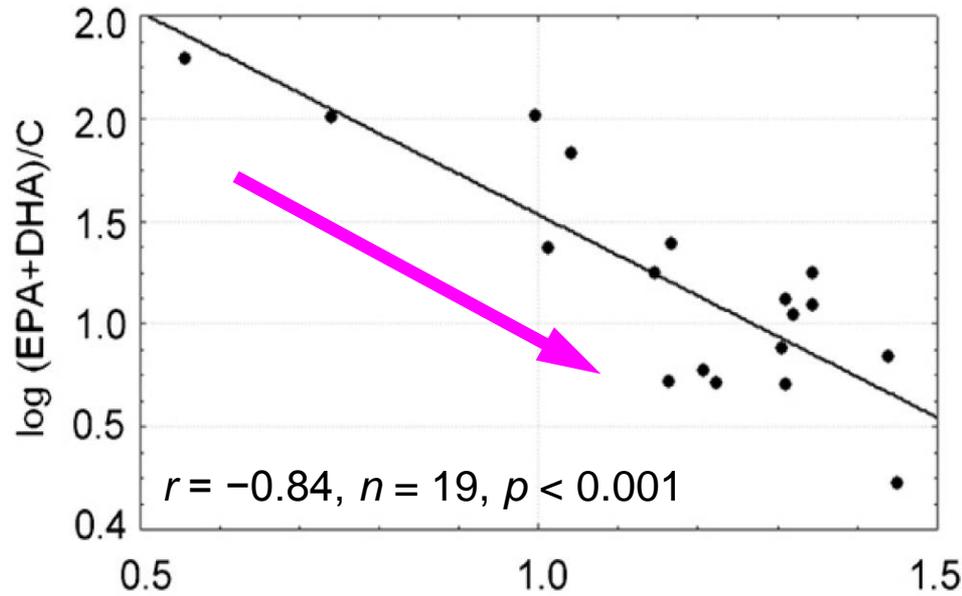


Изменение таксономического состава с увеличением температуры

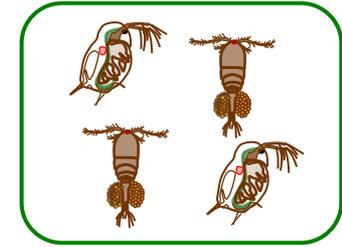


Доклады Академии наук, 2013, 453: 567-570;  
River Research and Application, 2016, 32: 1252-1263.

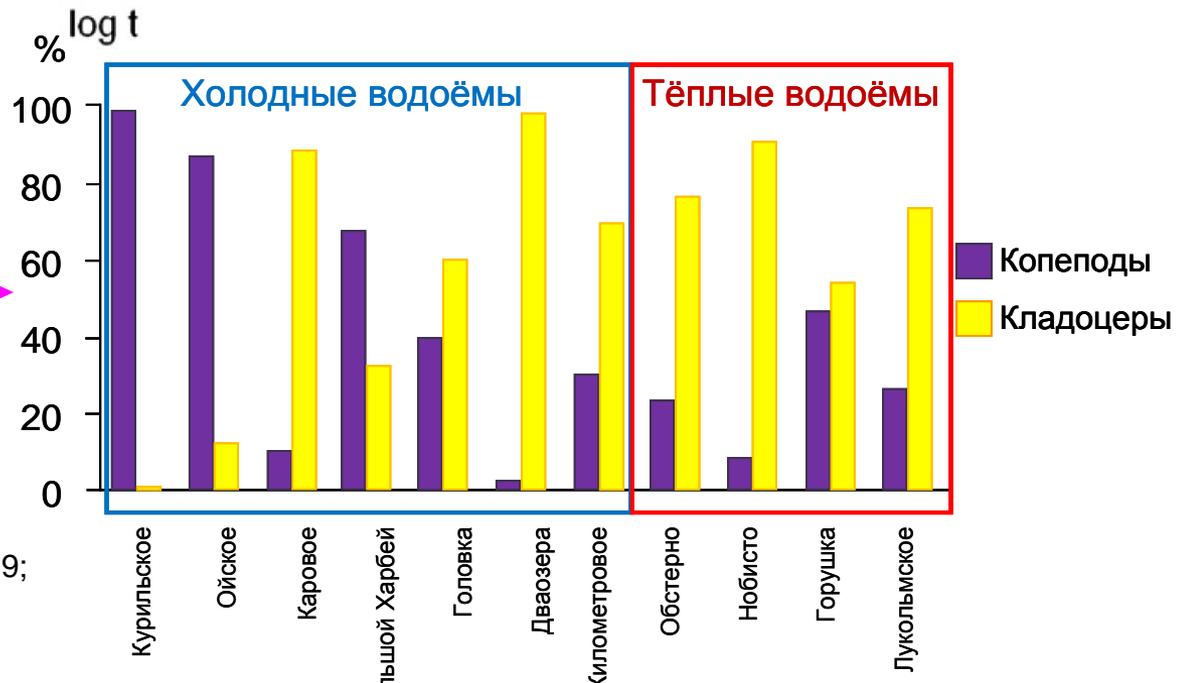
# Влияние температуры воды на содержание ПНЖК в зоопланктоне



11 озер



Изменение  
таксономического  
состава с  
увеличением  
температуры

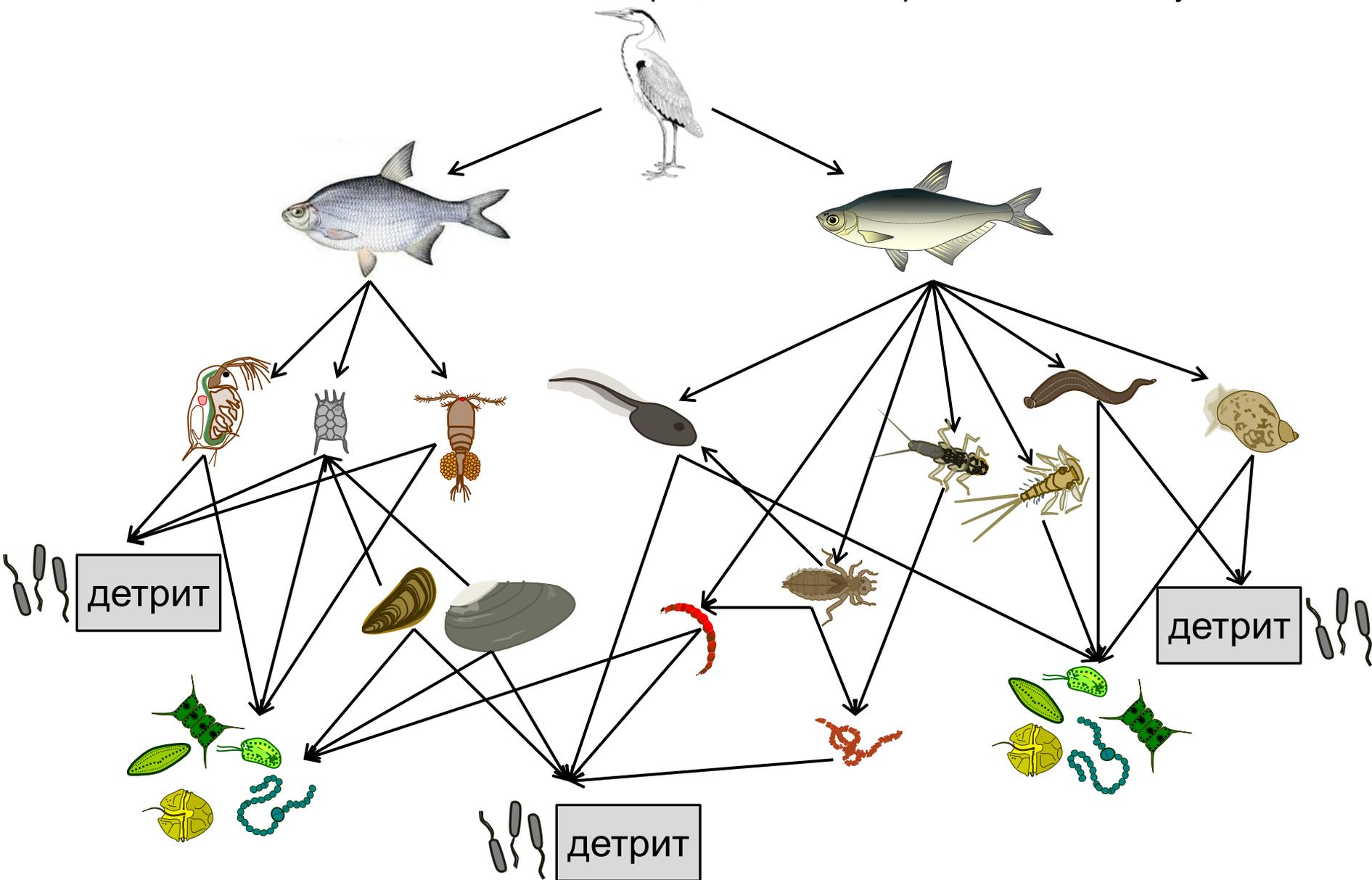


# ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

1. Пищевая ценность фитопланктона для первичных консументов (зоопланктона и зообентоса) не может быть определена на уровне крупных таксонов (отделов и классов), так как в каждом таксоне имеются виды с низкой и высокой пищевой ценностью. Напротив, определение пищевой ценности зоопланктона и зообентоса для рыб может быть проведено на уровне семейств, отрядов, классов и даже типов.
2. Абиотические факторы влияют на биохимическое качество водных беспозвоночных через различные механизмы: антропогенное загрязнение тяжелыми металлами, фенолами и нефтепродуктами снижает содержание ПНЖК в биомассе непосредственно, тогда как повышение температуры воды оказывает негативное воздействие за счет смены доминирующих видов.
3. Впервые, на основании анализа маркерных жирных кислот, показано, что всеядность массовых видов водных животных не означает отсутствие селективности их питания.
4. Прямые и обратные потоки органического вещества между наземными и водными экосистемами (реципрокные субсидии) характеризуются разным биохимическим качеством. Поступающее в водоемы органическое вещество (листовой опад и гумус) – низкого качества и не используется доминирующими видами консументов. Напротив, водные субсидии, а именно вылет амфибионтных насекомых, являются высококачественной пищей для многих наземных консументов, так как содержат физиологически ценные омега-3 ПНЖК.

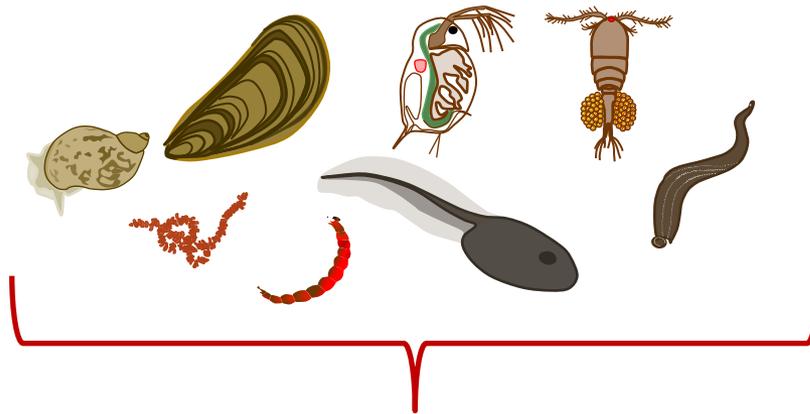
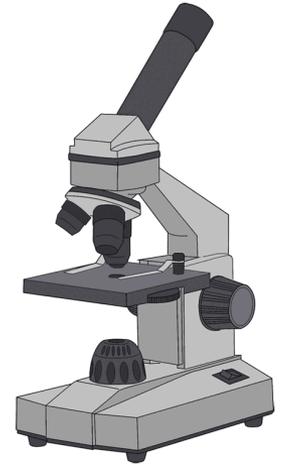
# Структура трофических сетей

определяется спектрами питания консументов



# Спектры питания гидробионтов

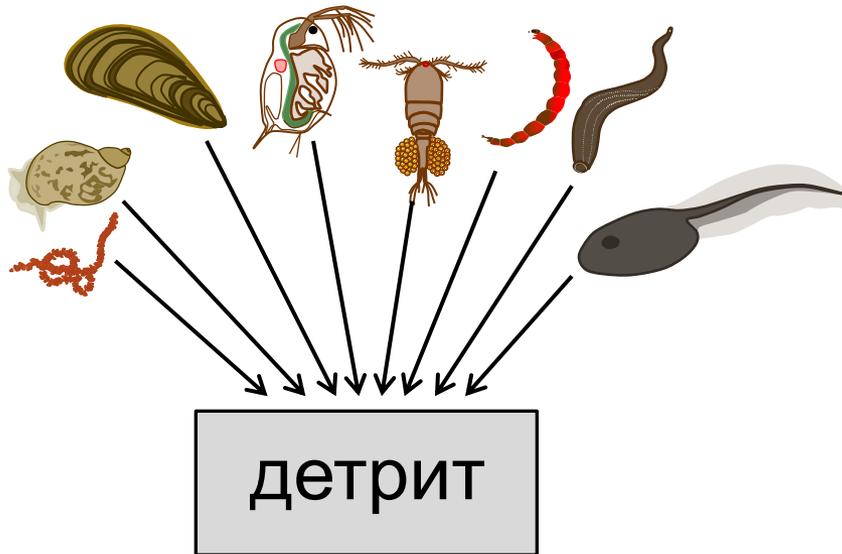
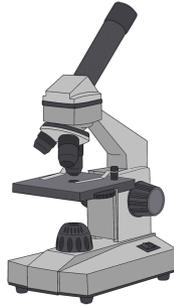
Визуальный микроскопический анализ содержимого кишечника



**питаются  
неселективно ?**

# Недостатки метода визуального анализа содержимого кишечника:

Большинство водных животных – детритофаги и/или всеядные (по умолчанию подразумевается, что они питаются неселективно, за исключением размеров заглатываемых частиц).



**Георгий Францевич Гаузе**  
академик АМН СССР  
1910-1987 гг.

Питание многих консументов, населяющих одну и ту же экосистему одним видом корма **противоречит принципу конкурентного исключения Гаузе**. Т.е., такие виды не смогли бы устойчиво сосуществовать.

# Современные методы идентификации ассимилированных пищевых объектов:

- анализ стабильных изотопов
- анализ маркерных жирных кислот



ГЖХ-МС, модель 7000 QQQ, "Agilent Technologies"



Delta V Plus, сопряжённый с газовым хроматографом Trace GC Ultra или с элементарным анализатором Flash EA 1112

# Жирные кислоты - биомаркёры для разных групп организмов

Гетеротрофные  
бактерии



Грамположительные

i15:0, ai15:0, 15:0, ai17:0, i17:1...

Грамотрицательные

cy17:0, cy19:0, 3ОН-14:0) tr18:1n-7 ...

Сульфатредуцирующие

10Me16:0, i15:1n-7, i19:1n-7 ...

Суанophyta



18:2n-6, 18:3n-3 и 18:3n-6

Bacillariophyceae



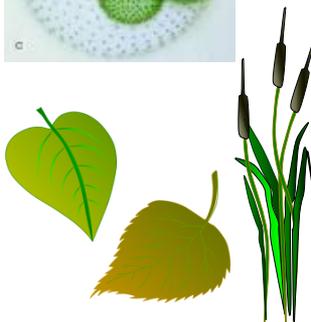
16:1n-7/16:0 > 1, 14:0, C16 ПНЖК семейства n-7, n-4, n-1 (16:2n-7, 16:2n-4, 16:3n-4, 16:4n-1), 20:5n-3

Chlorophyta



18:2n-6, 18:3n-3, C16 ПНЖК семейства n-3 и n-6 (16:2n-6, 16:3n-6, 16:3n-3, 16:4n-3) ...

Tracheophyta



20:0, 22:0, 23:0, 24:0, 26:0...

# Кластерный анализ процентного содержания ЖК в видах бентосных животных

Выявлены специфические ЖК - новые маркёры для трассирования трофических цепей

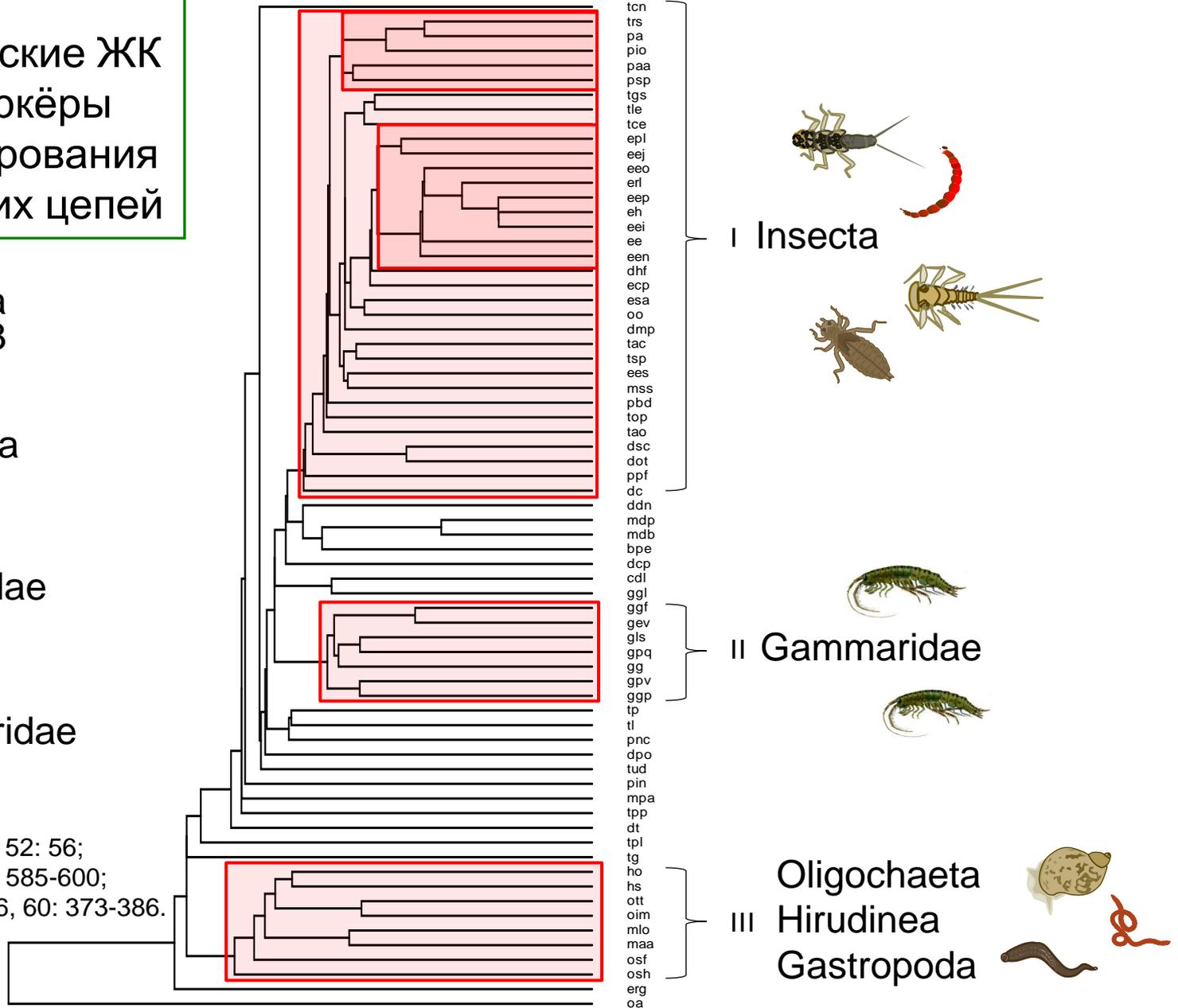
Mollusca  
20:1n-13

Hirudinea  
20:2n-6

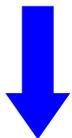
Planariidae  
22:5n-3

Gammaridae  
22:6n-3

Zoological Studies, 2013, 52: 56;  
Insect Science; 2013, 20: 585-600;  
Freshwater Science, 2016, 60: 373-386.



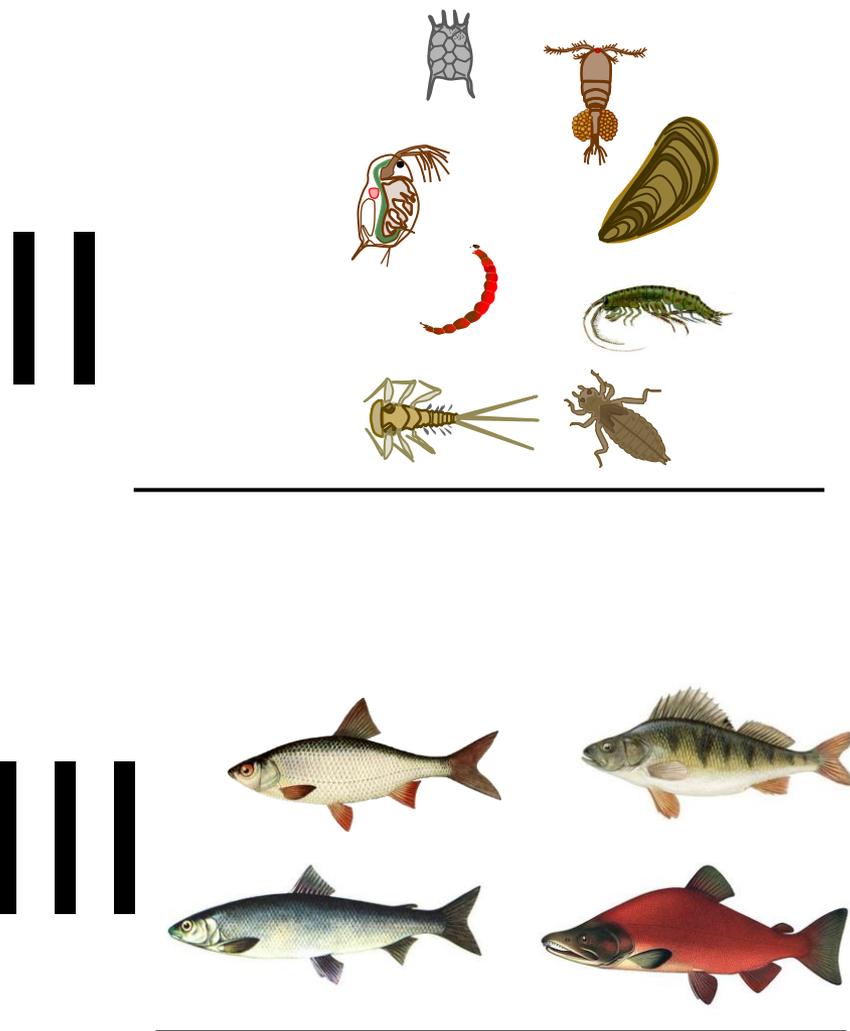
# Жирные кислоты - биомаркёры



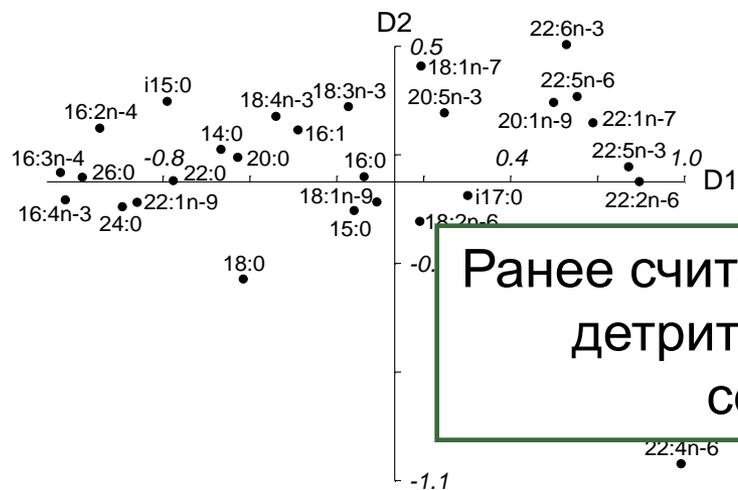
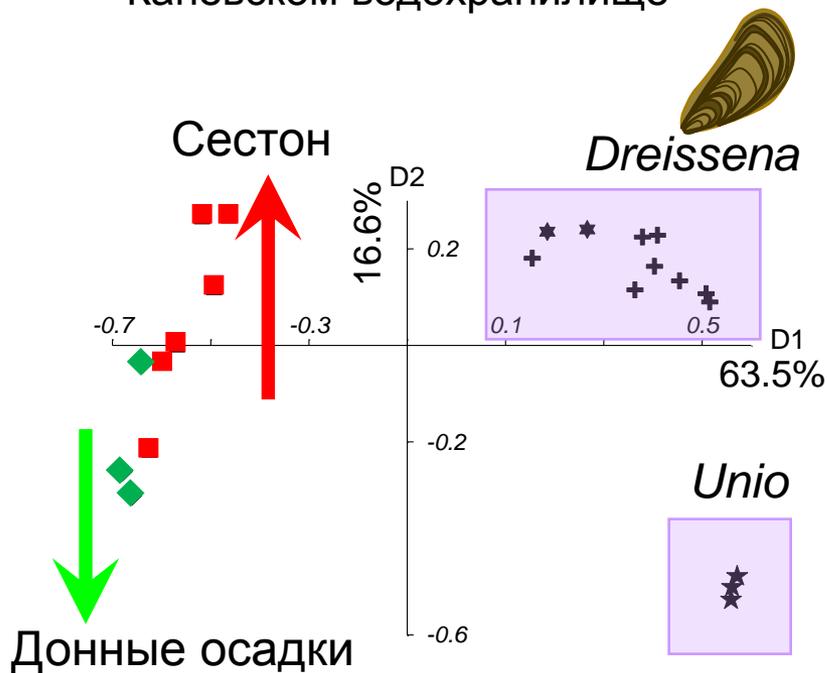
Определены спектры питания  
многих водных консументов,  
разных уровней организации:  
от инфузорий до рыб

**Большая часть массовых видов  
ВОДНЫХ ЖИВОТНЫХ ПИТАЮТСЯ  
СЕЛЕКТИВНО.**

Доклады АН, 1999, 364: 566-568;  
Comp. Biochem. Physiol. B. 2003, 134: 111-122;  
Доклады АН, 2004, 395:562-565;  
Aquatic Ecology, 2010, 44: 513-530;  
Freshwater Biology, 2010, 55: 1533-1547;  
Journal of Food Science, 2012, 12: 1306-1310;  
Insect Science; 2013, 20: 585-600;  
Hydrobiologia, 2014, 722: 115-128;  
Freshwater Biology, 2016, 61: 1787-1801;  
Hydrobiologia, 2018, 822: 37-54;  
Marine and Freshwater Research, 2018, 69, 906–916.

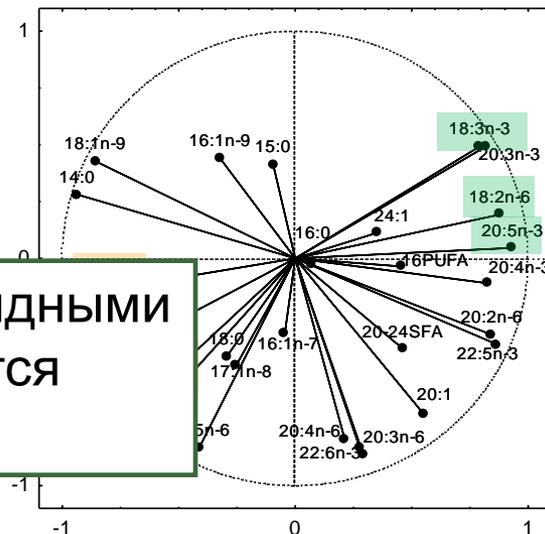
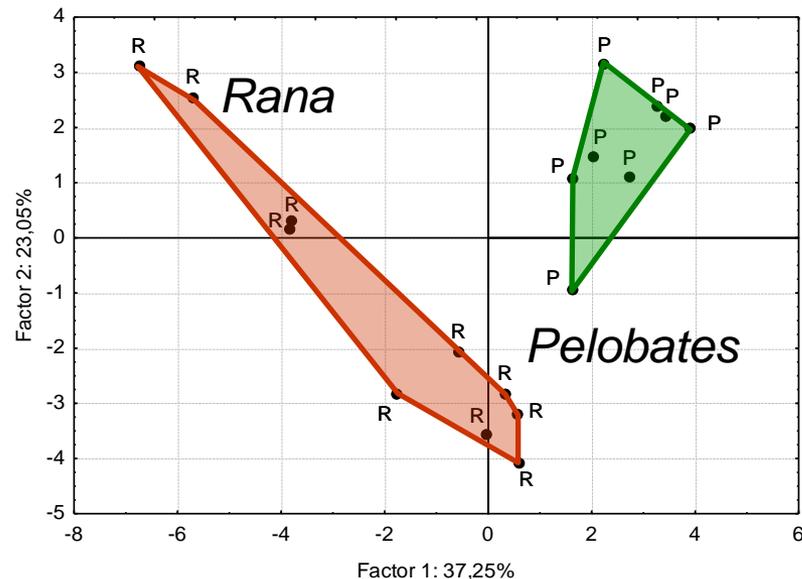


# Различия спектров питания двух детритоидных видов моллюсков в Каневском водохранилище



**Ранее считавшиеся всеядными детритофаги питаются селективно.**

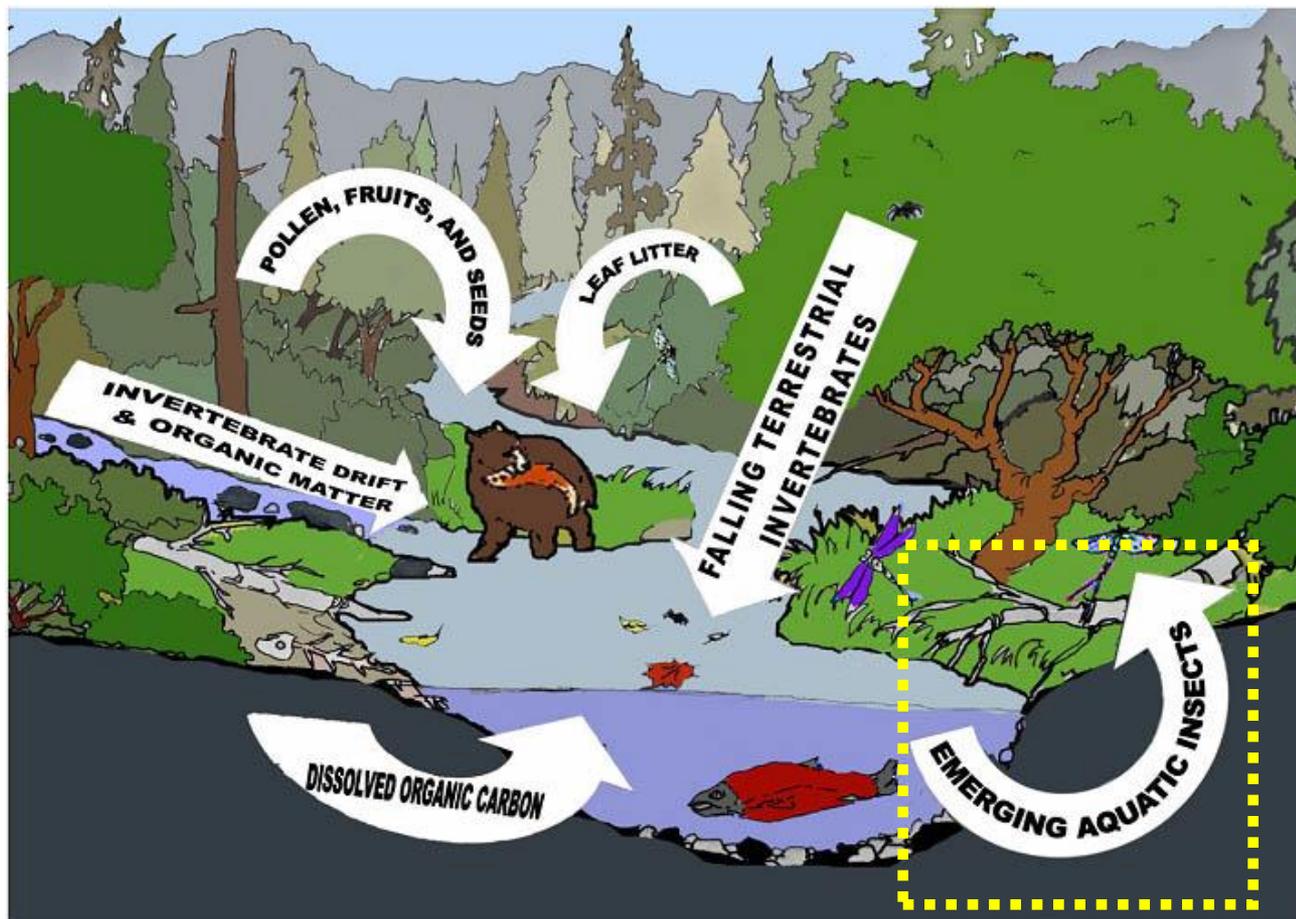
# Различия спектров питания двух детритоидных видов амфибий в старицах Приволжья



# ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

1. Пищевая ценность фитопланктона для первичных консументов (зоопланктона и зообентоса) не может быть определена на уровне крупных таксонов (отделов и классов), так как в каждом таксоне имеются виды с низкой и высокой пищевой ценностью. Напротив, определение пищевой ценности зоопланктона и зообентоса для рыб может быть проведено на уровне семейств, отрядов, классов и даже типов.
2. Абиотические факторы влияют на биохимическое качество водных беспозвоночных через различные механизмы: антропогенное загрязнение тяжелыми металлами, фенолами и нефтепродуктами снижает содержание ПНЖК в биомассе непосредственно, тогда как повышение температуры воды оказывает негативное воздействие за счет смены доминирующих видов.
3. Впервые, на основании анализа маркерных жирных кислот, показано, что всеядность массовых видов водных животных не означает отсутствия селективности их питания.
4. Прямые и обратные потоки органического вещества между наземными и водными экосистемами (реципрокные субсидии) характеризуются разным биохимическим качеством. Поступающее в водоемы органическое вещество (листовой опад и гумус) – низкого качества и не используется доминирующими видами консументов. Напротив, водные субсидии, а именно вылет амфибионтных насекомых, являются высококачественной пищей для многих наземных консументов, так как содержат физиологически ценные омега-3 ПНЖК.

Прямые и обратные потоки веществ (реципрокные субсидии) связывающие реки, водоемы и наземные экосистемы окружающего ландшафта (Richardson & Sato, Ecohydrology, 2015, 8, 406-415)



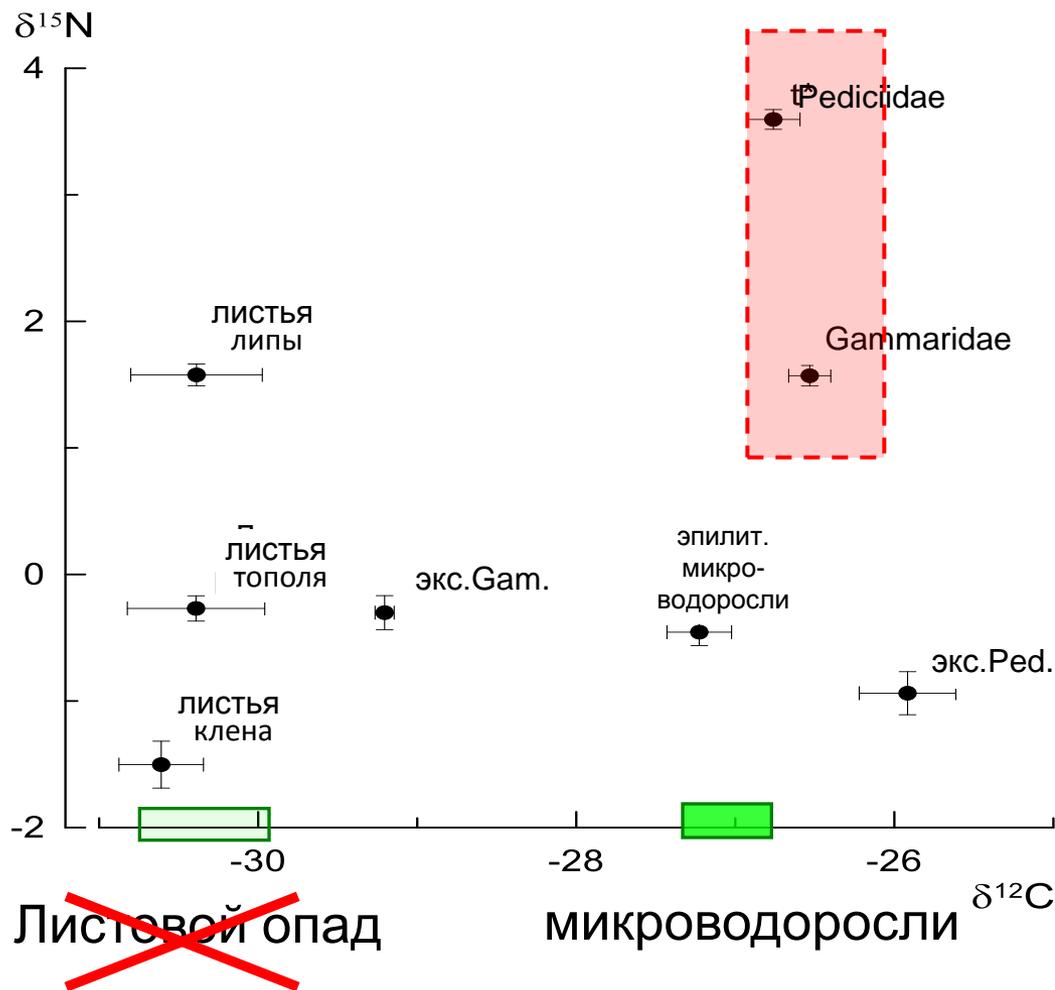
Каково биохимическое качество реципрокных субсидий органического вещества ?

# Содержание стабильных изотопов $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{15}\text{N}$ в пищевых источниках, телах и экскрементах бентосных консументов



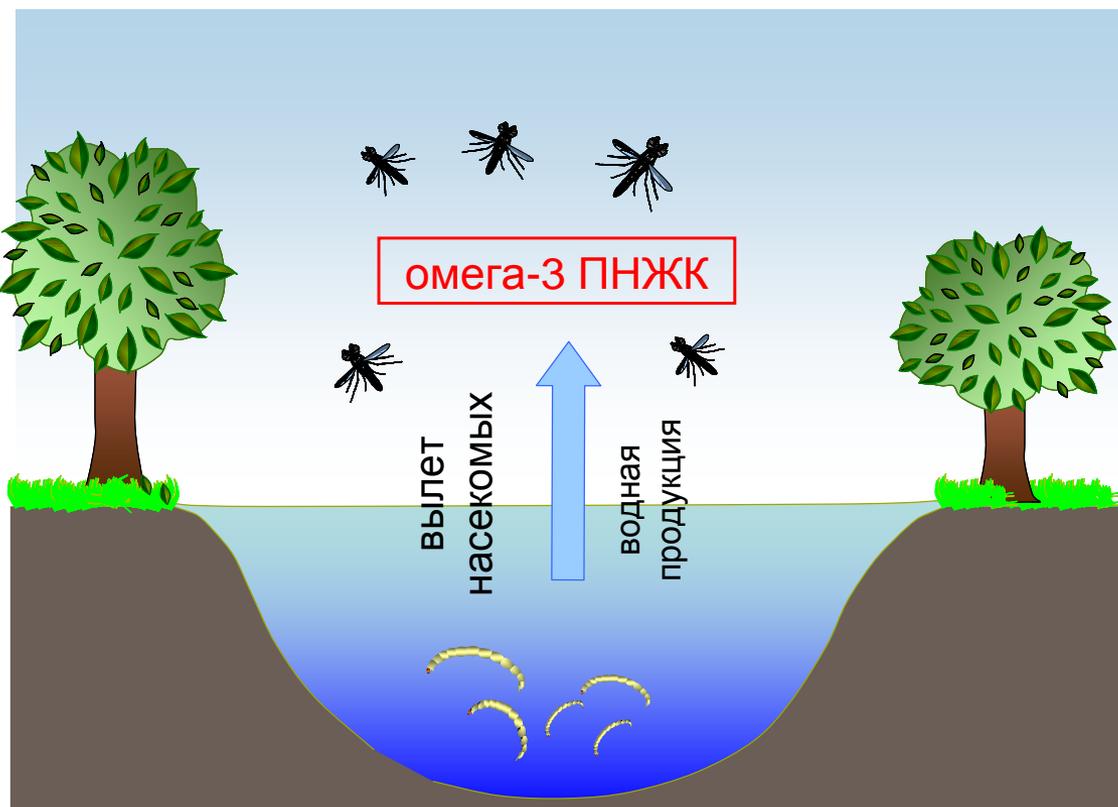
лесной ручей  
Дальнего Востока

Russian Journal of Ecology, 2021, 52, 253-256.



Аллохтонное вещество из наземных экоистем - низкого качества и не потребляется консументами, а водные трофические пирамиды основываются на органическом веществе микроводорослей.

# Потоки $\omega$ -3 ПНЖК с биомассой вылетающих амфибионтных насекомых



## Амфибионтные насекомые

o. Ephemeroptera



o. Trichoptera



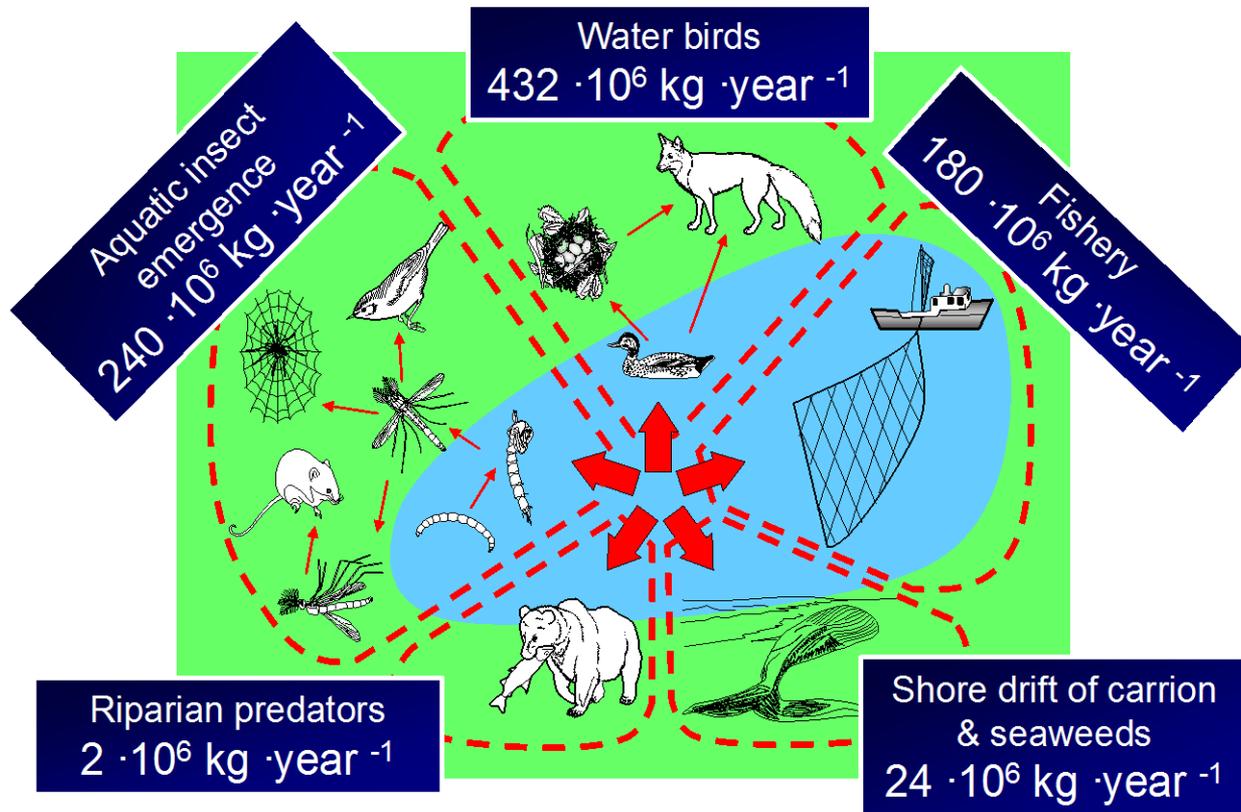
o. Plecoptera



c. Chironomidae



# Глобальная оценка потоков ПНЖК «вода-суша» (Gladyshev et al., 2009, Lipids in aquatic ecosystems)



Вылет амфибионтных насекомых – 2-е место

Разные биомы и ландшафты  
Разные таксоны



# Исследования потоков ПНЖК на единицу площади суши с вылетом амфибионтных насекомых

МГ · КВ.М <sup>-1</sup> . ГОД <sup>-1</sup>	Биом	Таксон
0.07 – 22.2	горный лес	с. Chironomidae
2.1	степь	с. Chironomidae
1.44	степь	с. Ceratopogonidae
0.35	лесостепь	с. Culicidae
0.08	степь	с. Culicidae
оценка биомассы	широколиственные леса	отр. Heteroptera
оценка биомассы	лесостепь	отр. Heteroptera
6.9	лесостепь	отр. Odonata

Аридные ландшафты



Максимальный поток на сушу:  
стрекозы в Барабинской лесостепи

Доклады Академии наук, 2011, 441: 282-285;  
Сибирский экологический журнал, 2016, 23: 543-556;  
Freshwater Biology, 2016, 61: 1787-1801;  
Science of the Total Environment, 2017, 581: 40-48;  
Marine and Freshwater Research, 2018, 69: 906-916;  
Журнал Сибирского федерального университета,  
Биология, 2019, 12: 196-215.

Продуктивные реки и озера аридных ландшафтов  
– места стоянок и кормления мигрирующих птиц



Камышовка-барсучок



Озеро Шира, Южная Сибирь



Трясогузка белая

Журнал Сибирского федерального университета, Биология, 2019, 12: 196-215.



Соленые реки, Приволжье



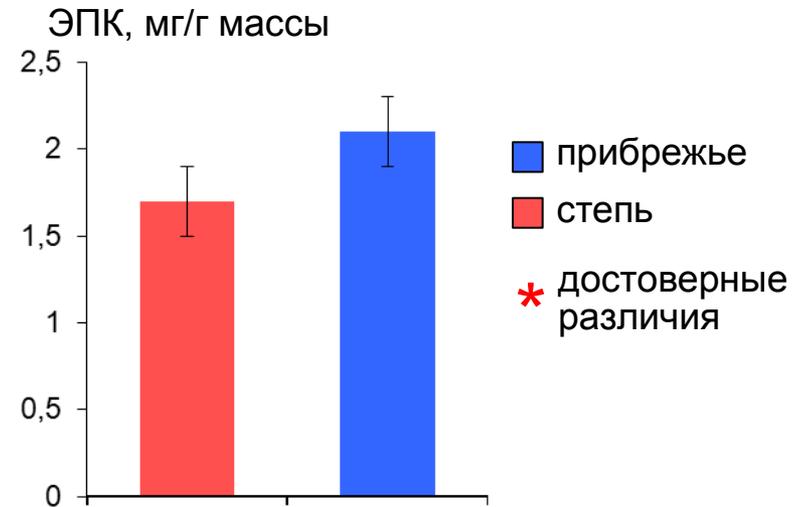
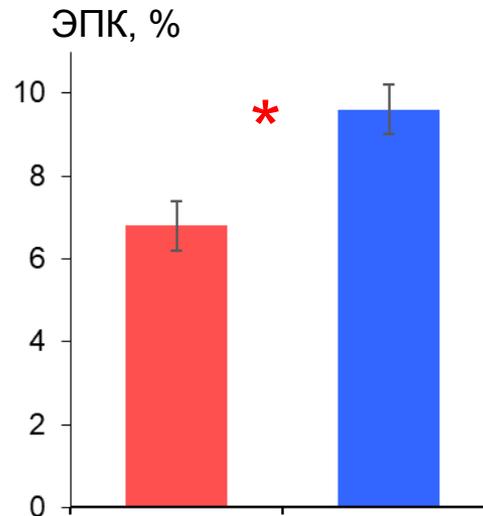
Кулик-воробей

Hydrobiologia, 2014, 722: 115-128.

# Влияние водных ПНЖК на физиологические функции потребляющих их наземных консументов

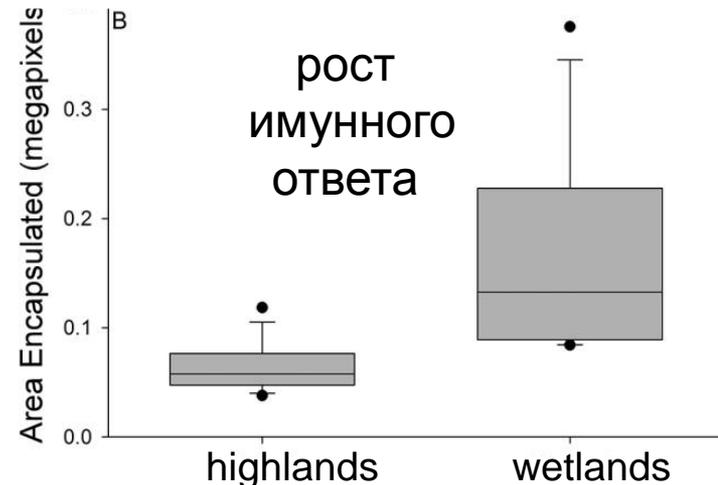


Паук-кругопряд  
*Larinioides*



Начаты исследования  
антиоксидантного статуса

Раскрытие значения водно-  
наземных трофических связей



Пруды Иллинойс, США (Freshwater  
Science, 2017 3: 893–900)

# ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

1. Пищевая ценность фитопланктона для первичных консументов (зоопланктона и зообентоса) не может быть определена на уровне крупных таксонов (отделов и классов), так как в каждом таксоне имеются виды с низкой и высокой пищевой ценностью. Напротив, определение пищевой ценности зоопланктона и зообентоса для рыб может быть проведено на уровне семейств, отрядов, классов и даже типов.
2. Абиотические факторы влияют на биохимическое качество водных беспозвоночных через различные механизмы: антропогенное загрязнение тяжелыми металлами, фенолами и нефтепродуктами снижает содержание ПНЖК в биомассе непосредственно, тогда как повышение температуры воды оказывает негативное воздействие за счет смены доминирующих видов.
3. Впервые, на основании анализа маркерных жирных кислот, показано, что всеядность массовых видов водных животных не означает отсутствия селективности их питания.
4. Прямые и обратные потоки органического вещества между наземными и водными экосистемами (реципрокные субсидии) характеризуются разным биохимическим качеством. Поступающее в водоемы органическое вещество (листовой опад и гумус) – низкого качества и не используется доминирующими видами консументов. Напротив, водные субсидии, а именно вылет амфибионтных насекомых, являются высококачественной пищей, содержащей физиологически ценные омега-3 ПНЖК и привлекающей многих наземных консументов.

Кандидат в члены-корреспонденты РАН  
по Отделению биологических наук РАН  
на вакансию для Сибирского отделения РАН  
по специальности «биология»

**СУЩИК НАДЕЖДА НИКОЛАЕВНА**

заместитель директора по науке ИБФ СО РАН,  
доктор биологических наук;

140 научных работ, цитируемость по Web of Science 2250, индекс  
Хирша – 25;

лауреат Премии Scopus Award Russia 2012 г., член 1 российского и 2  
международных научных обществ, член двух диссертационных  
советов;

подготовлено 2 кандидата наук.

**Спасибо за внимание!**