

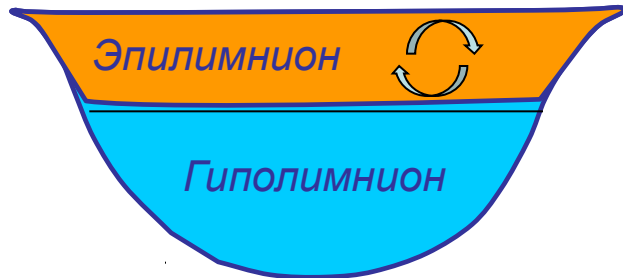
Содержание

1. Режимы перемешивания озер
2. Меромиктические озера

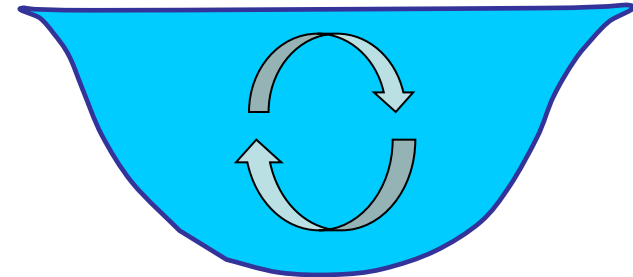
Введение в физическую лимнологию. Лекция-2

Классификация озер по Hutchinson, 1957 (общепринятая)

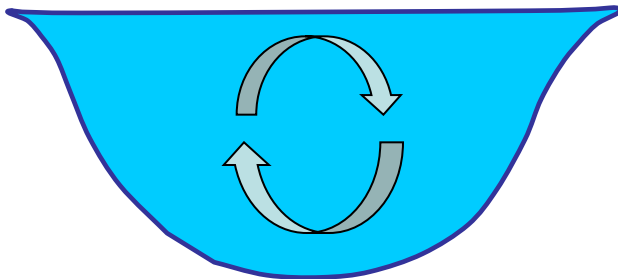
Лето



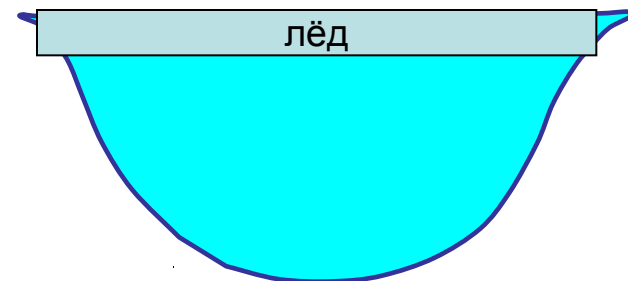
Осень



Весна



Зима



Голомиктические озера – подвергаются
полному сезонному перемешиванию

Введение в физическую лимнологию. Лекция-2

Классификация озер по Hutchinson, 1957 (общепринятая)

1. Голомиктические озера

– подвергаются полному сезонному перемешиванию

Димиктические озера – полное перемешивание **два** раза в год: весной и осенью

Мономиктические озера – полное перемешивание **один** раз в год:

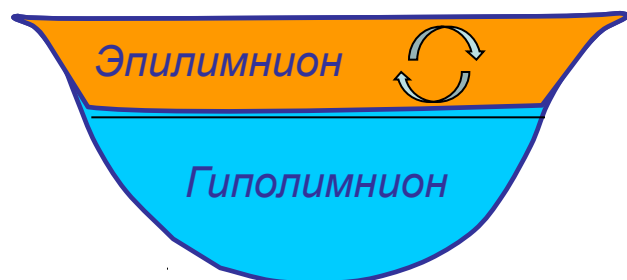
Полимиктические озера – многократному перемешиванию в течение года

Олигомиктические озера перемешиванию реже, чем раз в год

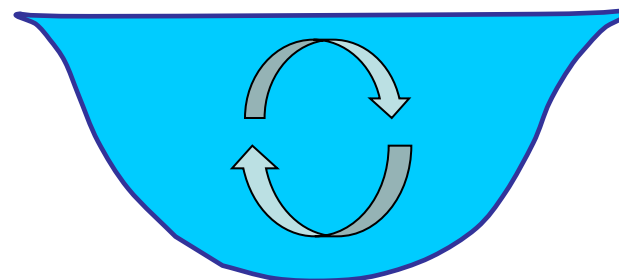
Введение в физическую лимнологию. Лекция-2

Димиктические озера – полное перемешивание два раза в год: весной и осенью

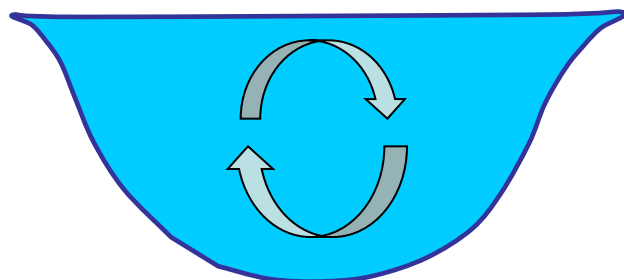
Лето



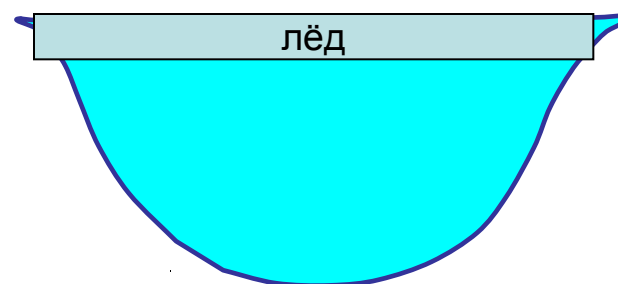
Осень



Весна



Зима

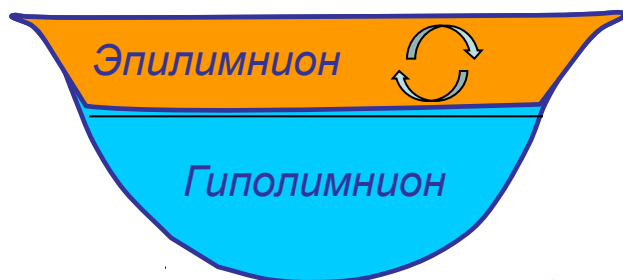


Глубокие крупные пресные озера умеренной зоны, где температура дважды в год переходит через +4С

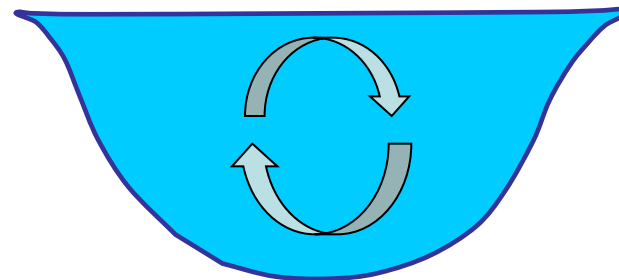
Введение в физическую лимнологию. Лекция-2

Мономиктическое озеро:

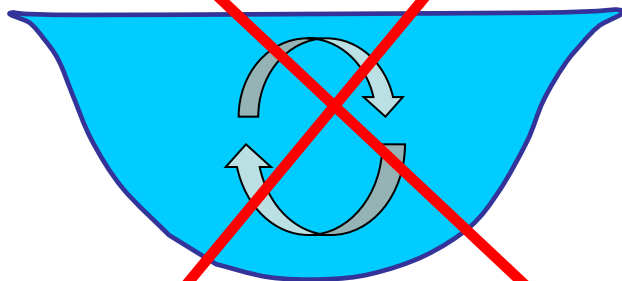
Лето



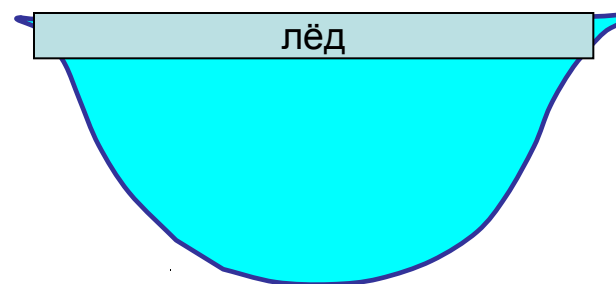
Осень



~~Весна~~



Зима

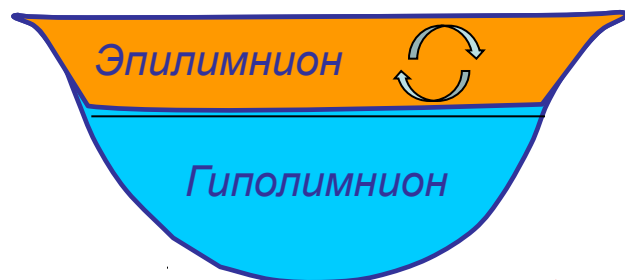


Глубокие небольшие озера,
защищенные от ветра + «дружная»
весна; полная циркуляция осенью

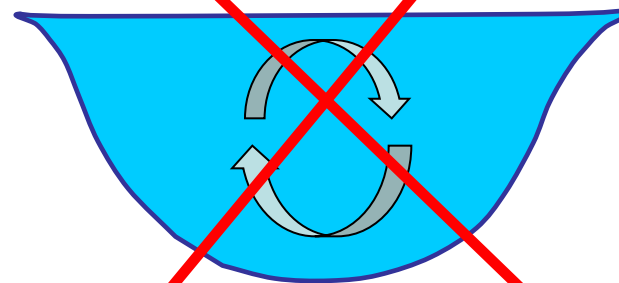
Введение в физическую лимнологию. Лекция-2

«Теплое» мономиктическое озеро:

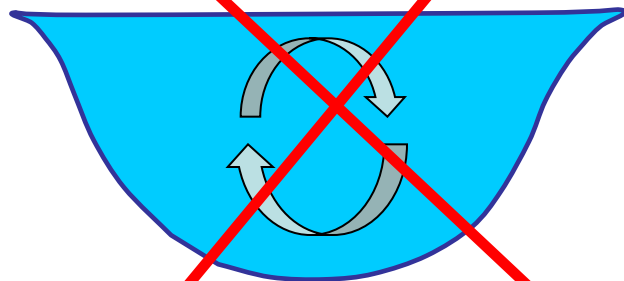
Лето



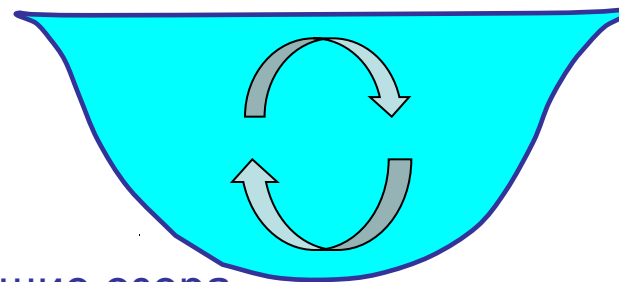
Осень



Весна



Зима

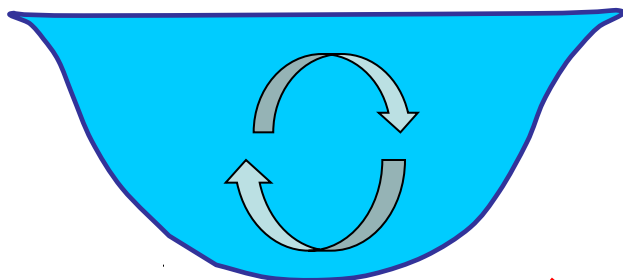


Незамерзающие озера
в теплом климате (t всегда выше $+4^{\circ}\text{C}$)
полная циркуляция зимой
при минимальной температуре

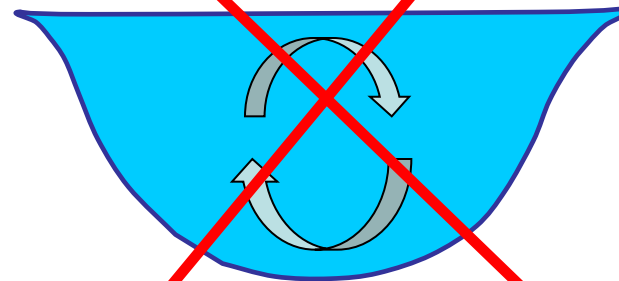
Введение в физическую лимнологию. Лекция-2

«Холодное» мономиктическое озеро:

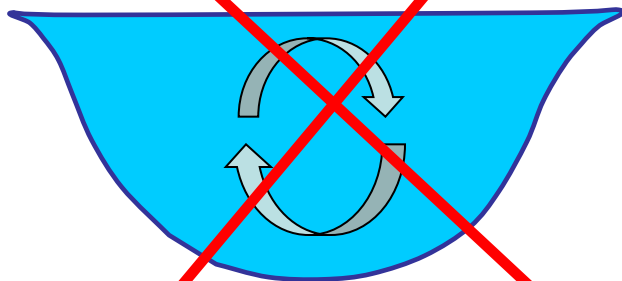
Лето



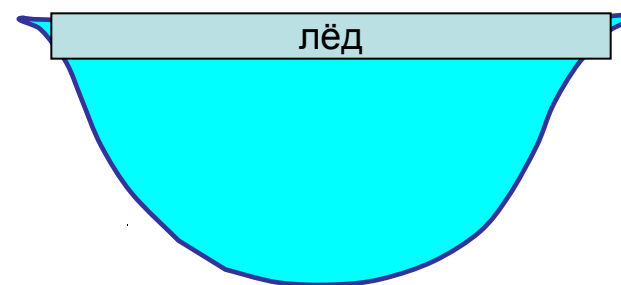
Осень



Весна



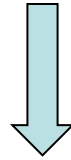
Зима



Полярные озера, (t всегда ниже $+4^{\circ}\text{C}$)
полная циркуляция летом при
максимальной температуре

Введение в физическую лимнологию. Лекция-2

Полимиктические озера – подвергаются многократному перемешиванию в течение года



Мелководные озера глубиной менее 5 метров, эпилимнион не может сформироваться из-за ветров

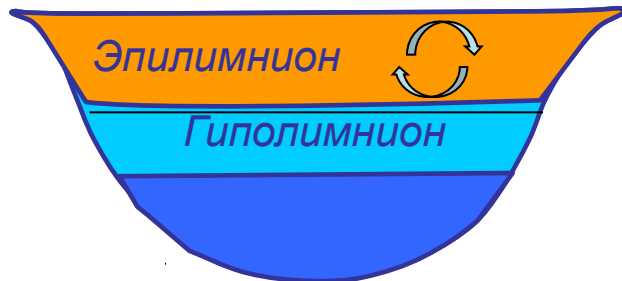
Олигомиктические озера – подвергаются перемешиванию реже, чем раз в год, причем нерегулярно. Зависит от погодных условий: например холодная зима

Введение в физическую лимнологию. Лекция-2

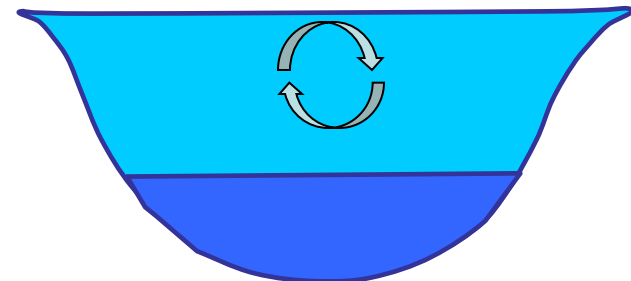
Классификация озер по Hutchinson, 1957 (общепринятая)

2. Меромиктические озера – не подвергаются полному сезонному перемешиванию

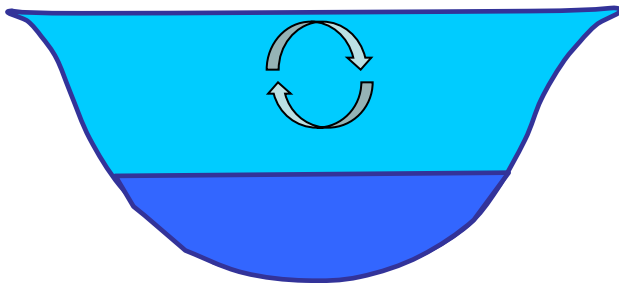
Лето



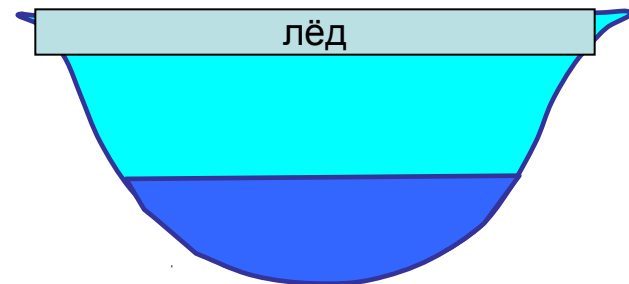
Осень



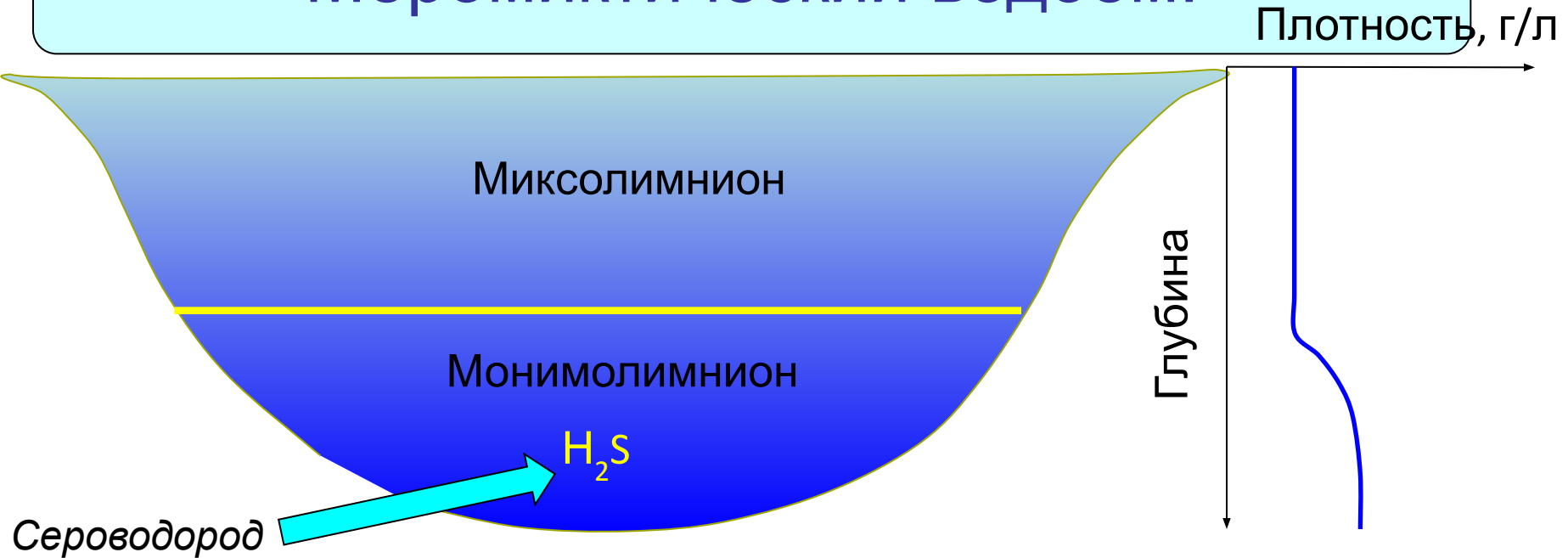
Весна



Зима



Меромиктический водоем:

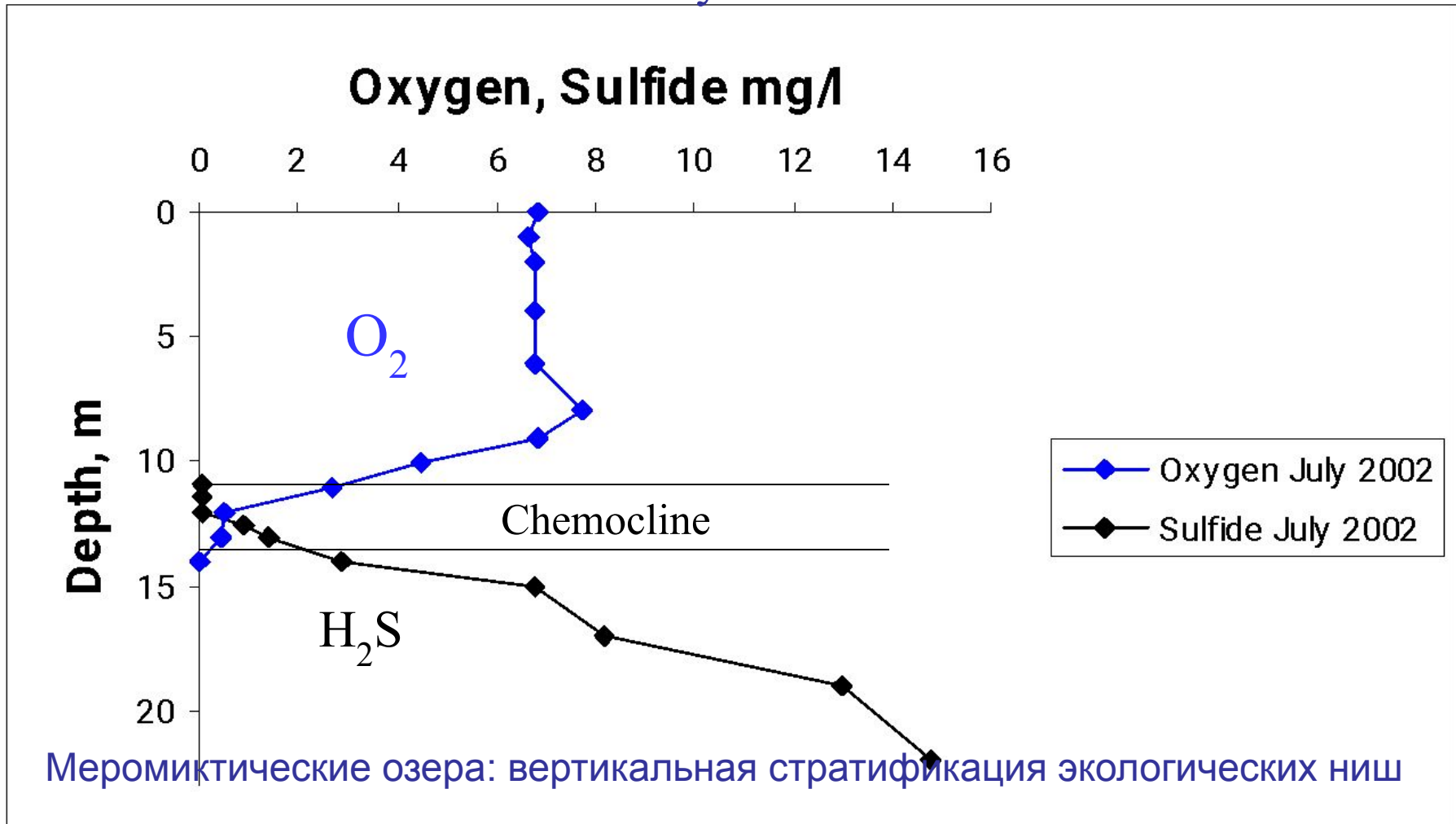


Миксолимнион - подвергается сезонной циркуляции

Монимолимнион - не захватывается сезонной циркуляцией как минимум больше одного года

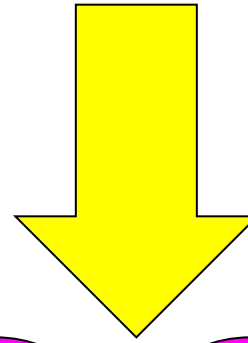
Введение в физическую лимнологию. Лекция-2

Chemical stratification of Shira Lake water column in July 2002



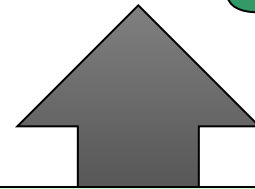
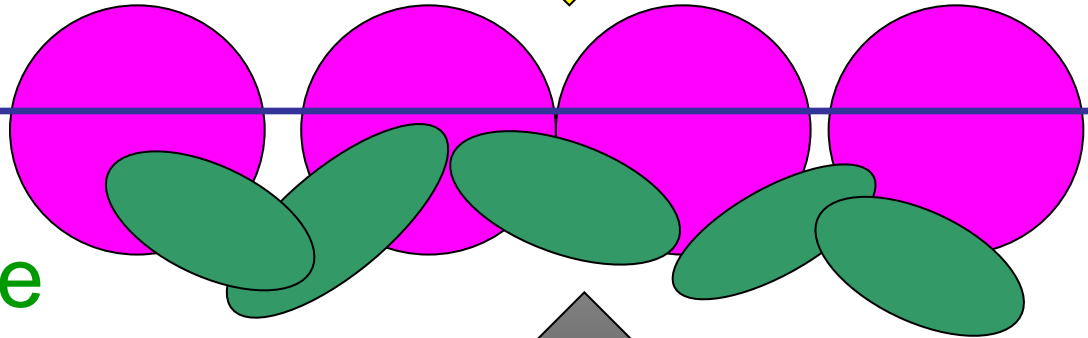
Пурпурные
серные
бактерии (ПСБ)

Свет



Редокс-зона

Зеленые серные
бактерии (ЗСБ)



H_2S

Фототрофные серные бактерии являются характерными обитателями меромиктических водоемов. Каротиноиды фототрофных серных бактерий сохраняются в донных отложениях, и служат палео-индикаторами присутствия сероводорода в фотической зоне.

Введение в физическую лимнологию. Лекция-2



оз. Шунет

Лето



Зима

Численность ПСБ в «пурпурном слое» была экстремально высокой, в летнее время превышала 10^8 кл мл⁻¹.

Подобная численность известна для одного озера в мире – озера Mahoney, Канада (*Overmann et al., 1997*).

Введение в физическую лимнологию. Лекция-2



Озеро Шунет, август 2016

Сибирский Федеральный Университет
Рогозин Д.Ю.
г. Красноярск, 2016

Введение в физическую лимнологию. Лекция-2



Озеро Учум, август 2016

Сибирский Федеральный Университет
Рогозин Д.Ю.
г. Красноярск, 2016

Введение в физическую лимнологию. Лекция-2

Классификация озер по Hutchinson, 1957 (общепринятая)

Происхождение меромиктических озер

1. Креногенные

Пресное озеро + растворение солей из подстилающих пород

Примеры - карстовые озера, образующиеся на известняковых породах

Введение в физическую лимнологию. Лекция-2

Классификация озер по Hutchinson, 1957 (общепринятая)

Происхождение меромиктических озер

2. Эктогенные

А) В пресное озеро извне поступает соленая вода и проникает вглубь

Примеры: *Черное море*, прибрежные пресные озера,

Б) В соленое озеро извне поступает пресная вода и остается на поверхности

Примеры: прибрежные озера, отделившиеся от моря в результате изостатического поднятия (Антарктида, побережье Белого моря), озеро Моно (США), затопленные шахты

Введение в физическую лимнологию. Лекция-2

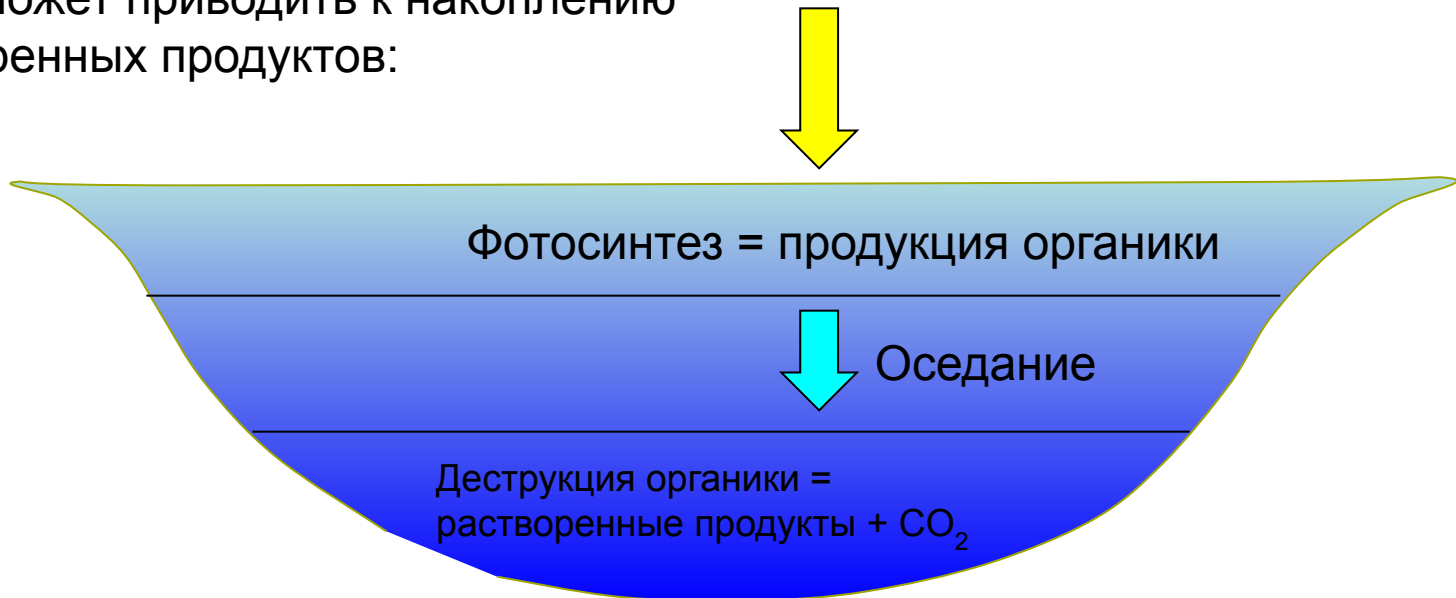
Классификация озер по Hutchinson, 1957 (общепринятая)

Происхождение меромиктических озер

3. Эндогенные

Биологические процессы

Деструкция органики в придонных слоях может приводить к накоплению растворенных продуктов:



Введение в физическую лимнологию. Лекция-2

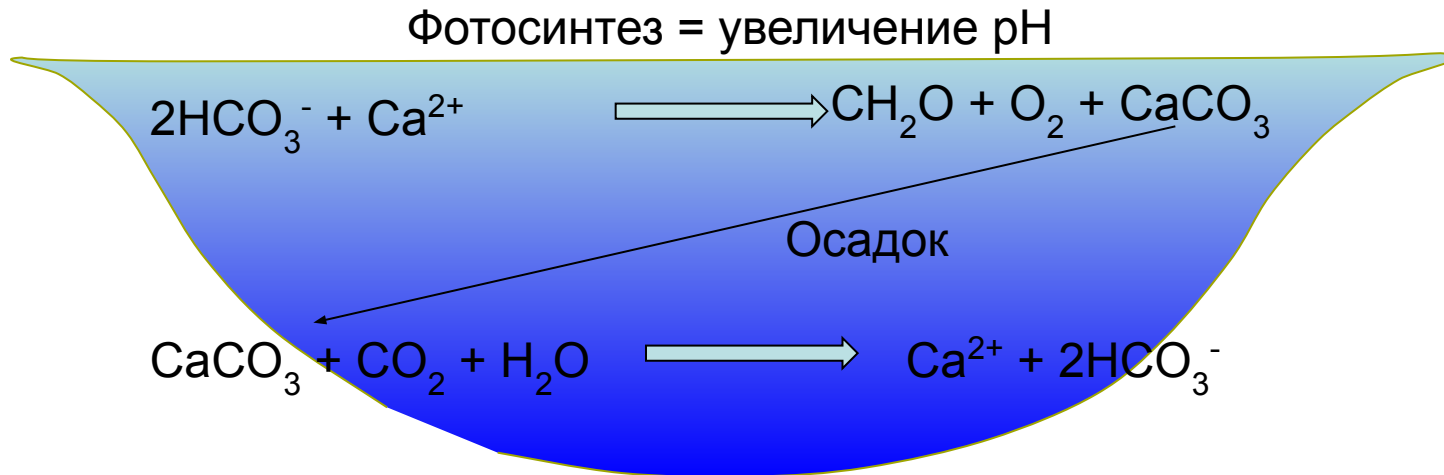
Классификация озер по Hutchinson, 1957 (общепринятая)

Происхождение меромиктических озер

3. Эндогенные

Химические процессы:

Осаждение кальцита при увеличении pH в результате фотосинтеза, его растворение в нижних слоях



Введение в физическую лимнологию. Лекция-2

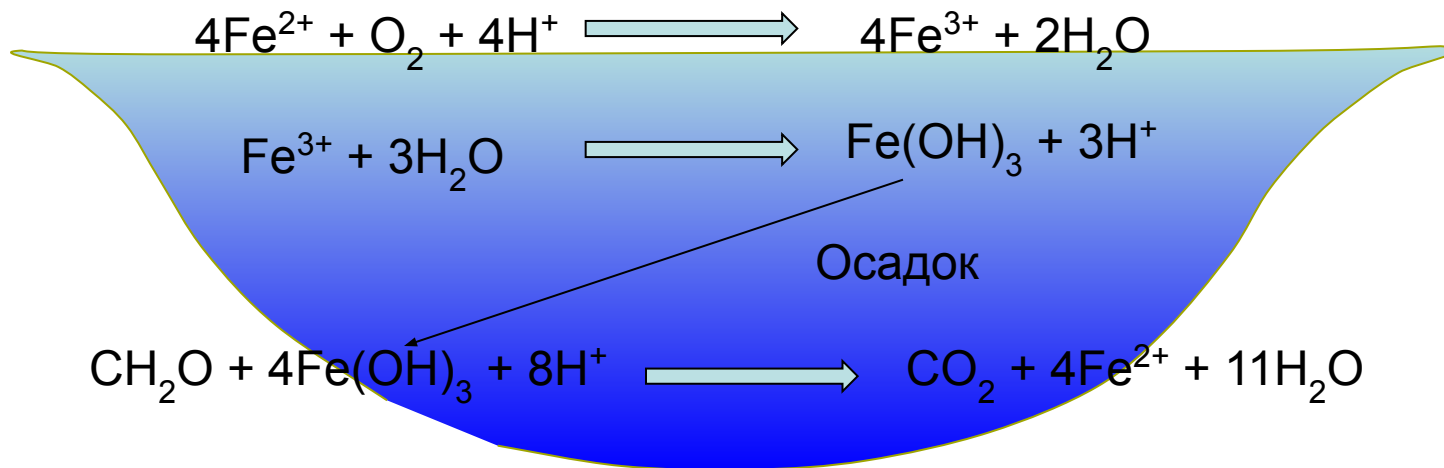
Классификация озер по Hutchinson, 1957 (общепринятая)

Происхождение меромиктических озер

3. Эндогенные

Химические процессы:

Двухвалентное железо окисляется трехвалентного, выпадает в осадок
Внизу в анаэробных условиях вновь восстанавливается до двухвалентного
и растворяется



Введение в физическую лимнологию. Лекция-2

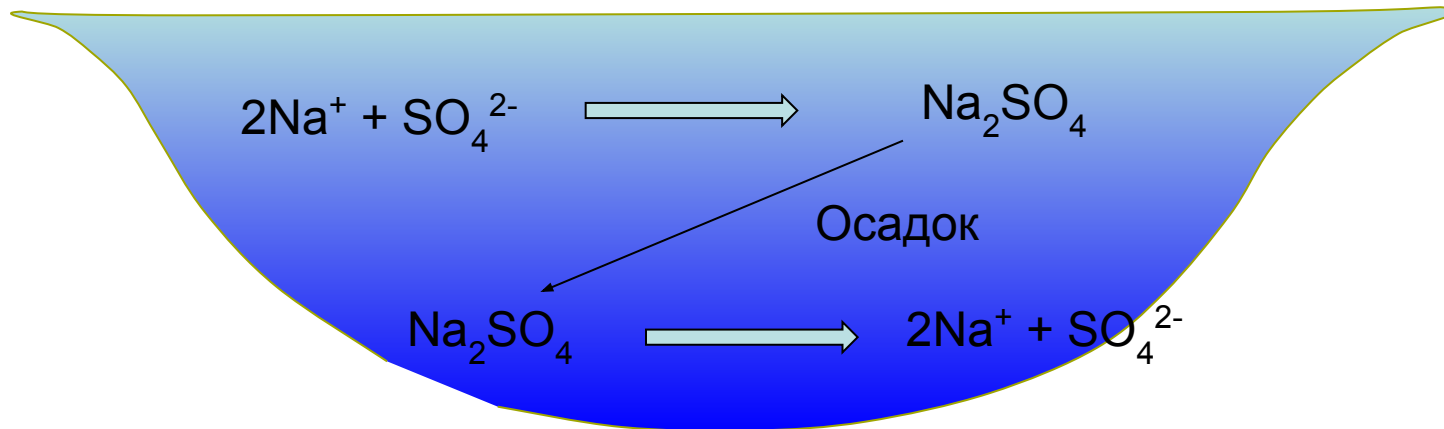
Классификация озер по Hutchinson, 1957 (общепринятая)

Происхождение меромиктических озер

3. Эндогенные

Криогенные процессы:

При концентрации > 30 г/л сульфат натрия (мирабилит)
Зимой кристаллизуется и выпадает в осадок



Введение в физическую лимнологию. Лекция-2

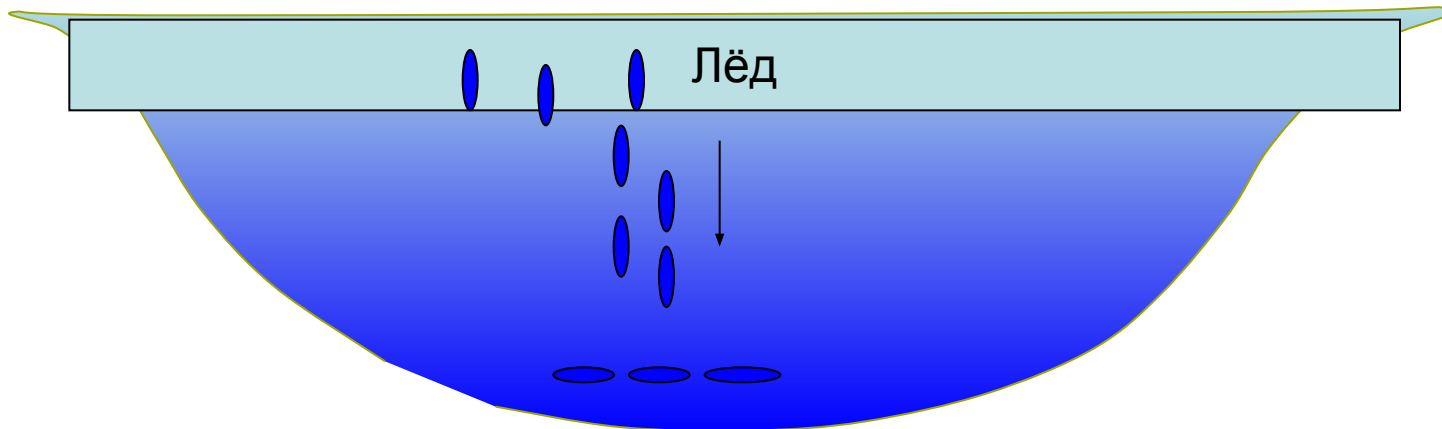
Классификация озер по Hutchinson, 1957 (общепринятая)

Происхождение меромиктических озер

3. Эндогенные

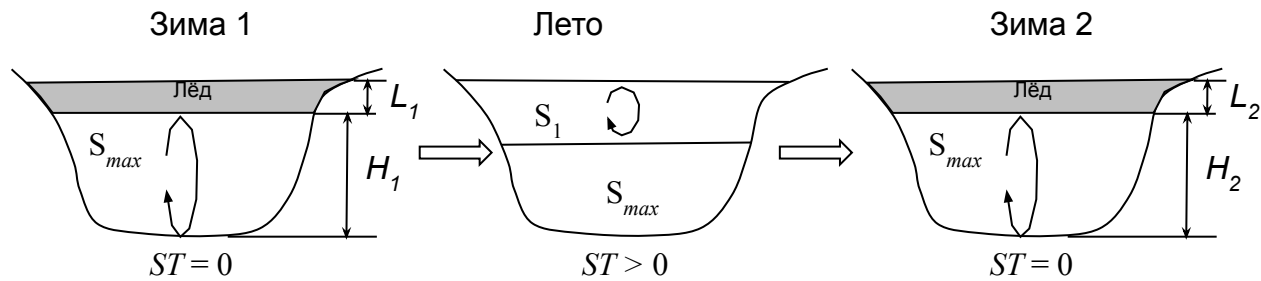
Криогенные процессы:

При кристаллизации воды образуются капли концентрированного раствора солей, которые оседают, не успевая раствориться.

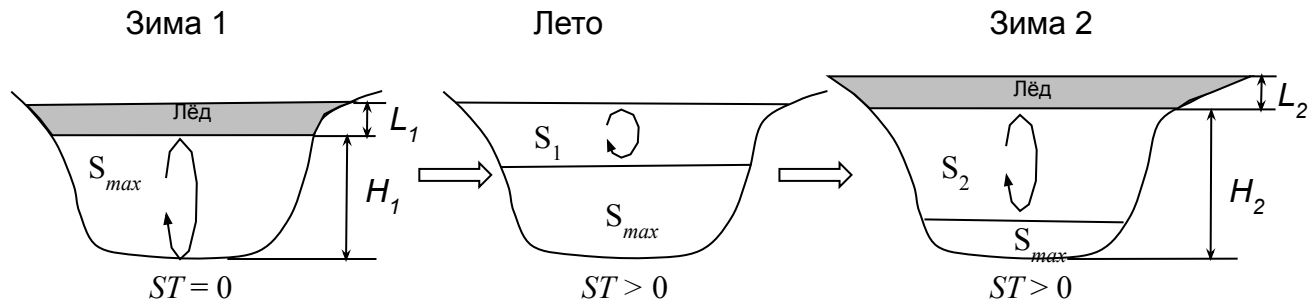


Введение в физическую лимнологию. Лекция-2

Криогенные процессы:



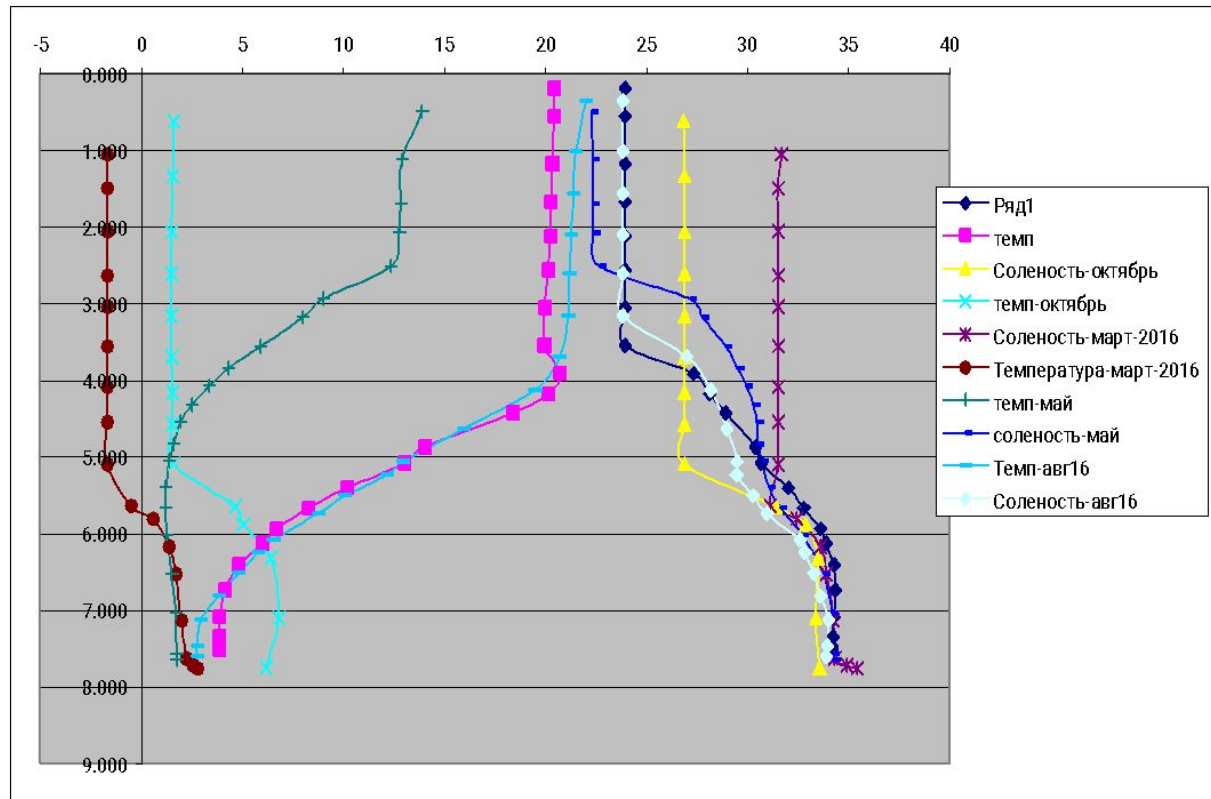
1. Схема вертикального распределения солёности в голомиктическом озере при постоянном уровне озера и постоянной толщине льда ($H_1 = H_2$ и $L_1 = L_2$).



2. Схема возникновения неоднородного вертикального распределения солёности (меромиксии) **при подъеме уровня воды** в голомиктическом озере.

Введение в физическую лимнологию. Лекция-2

Сезонная динамика вертикальной структуры соленого озера



Оз. Учум

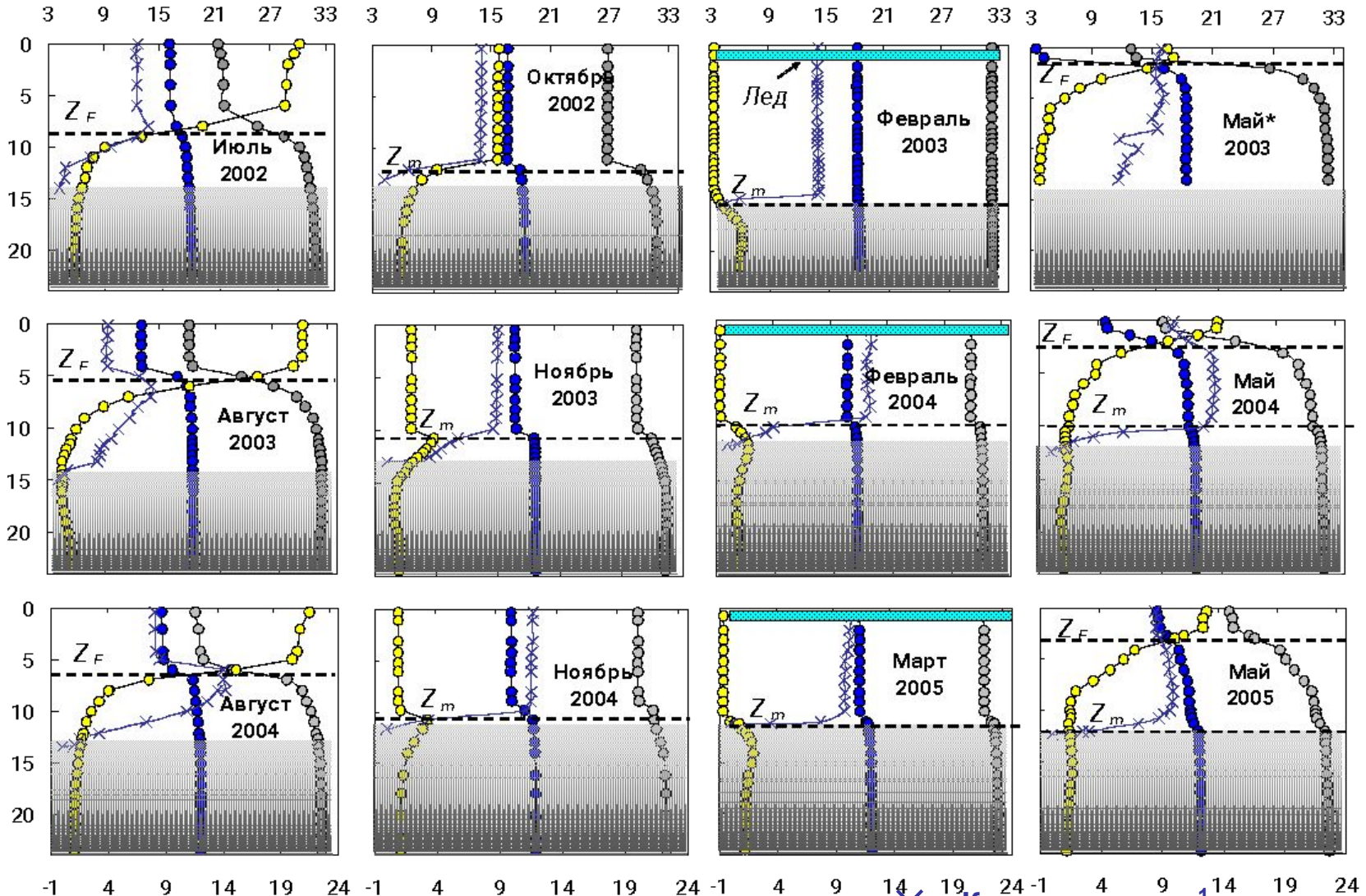
Введение в физическую лимнологию. Лекция-2

Rogozin DY, Genova SN, Gulati RD and Degermendzhy AG. *Aquatic Ecology*, 2010, V.44, No.3, P.485-496

● Соленость, г л⁻¹

○ Плотность, ($\rho - 1000$) г л⁻¹

Глубина, м

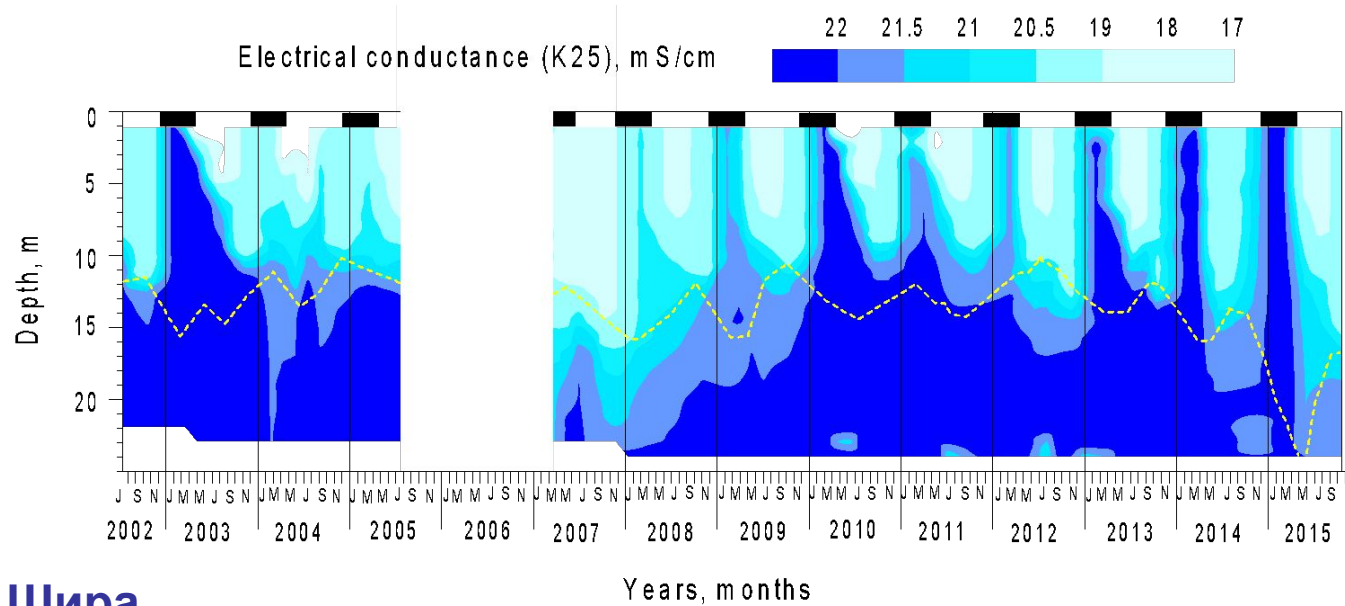


Сибирский Федеральный Университет

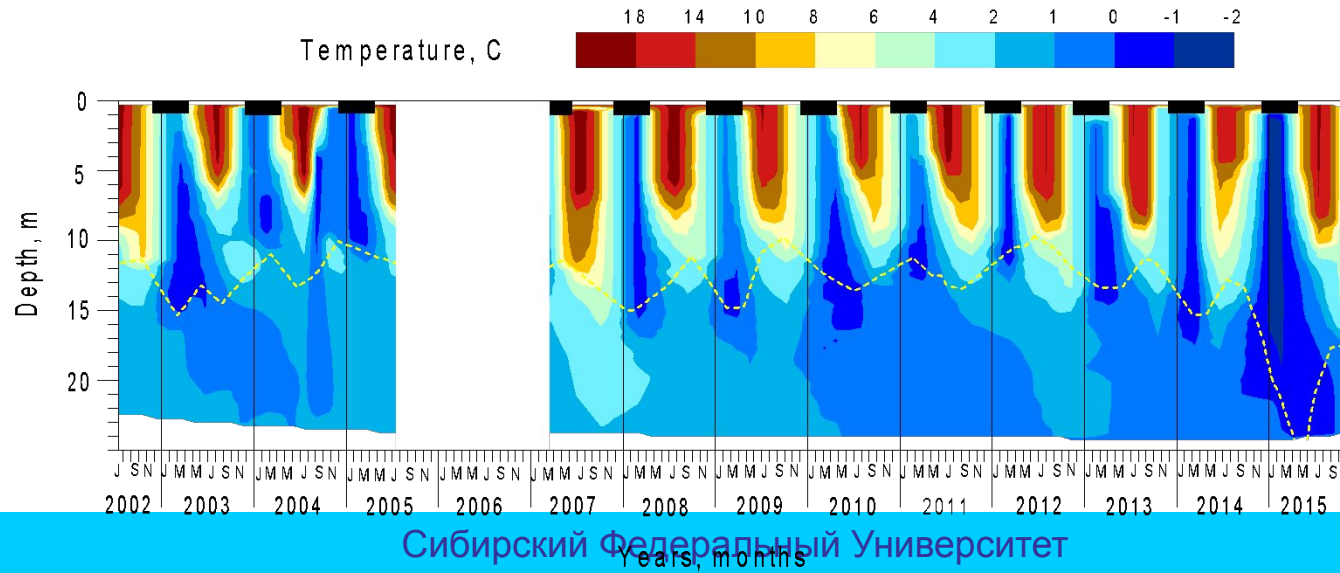
Рогозин Д.Ю.

г. Красноярск, 2016

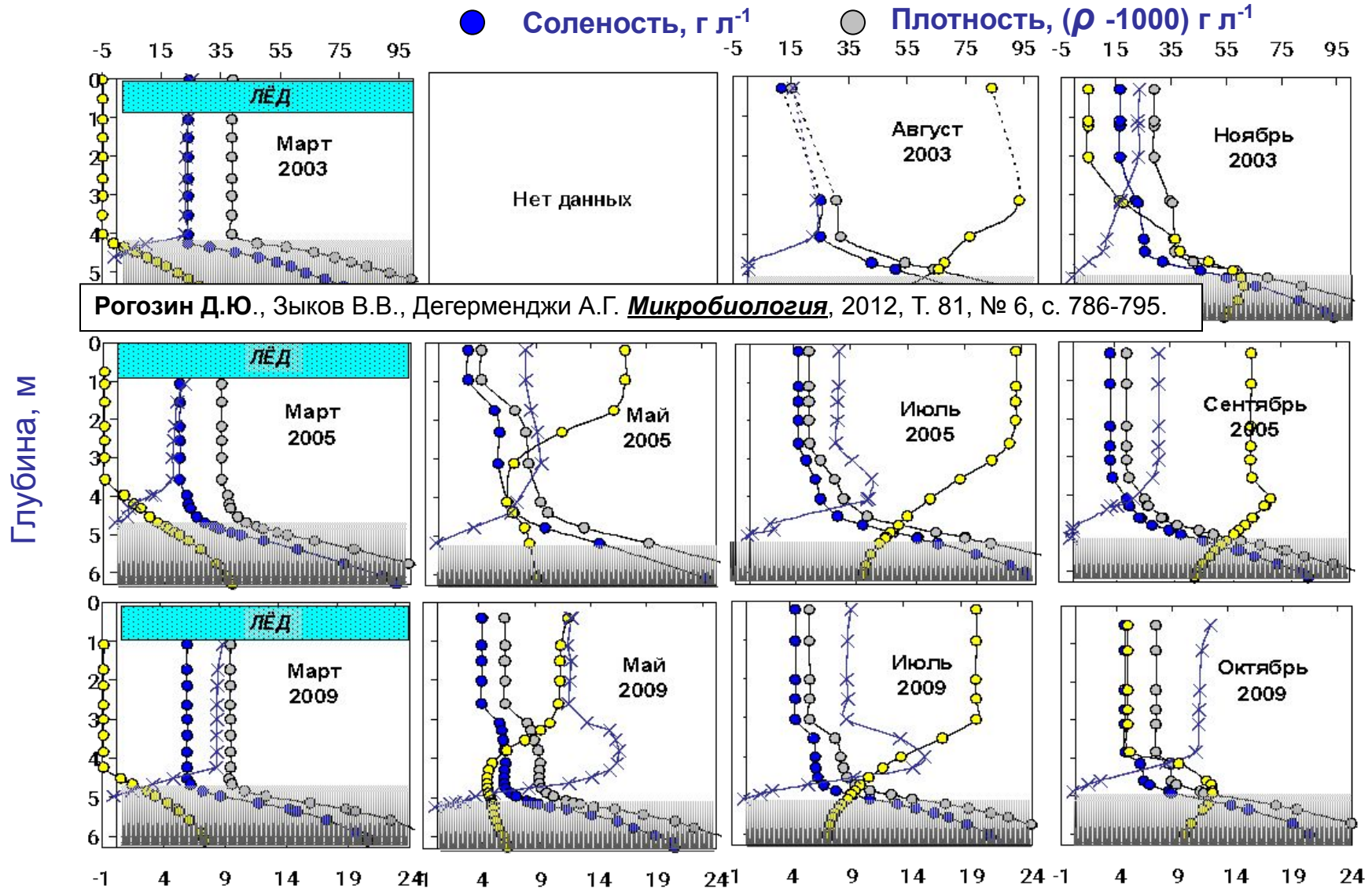
Введение в физическую лимнологию. Лекция-2



Озеро Шира

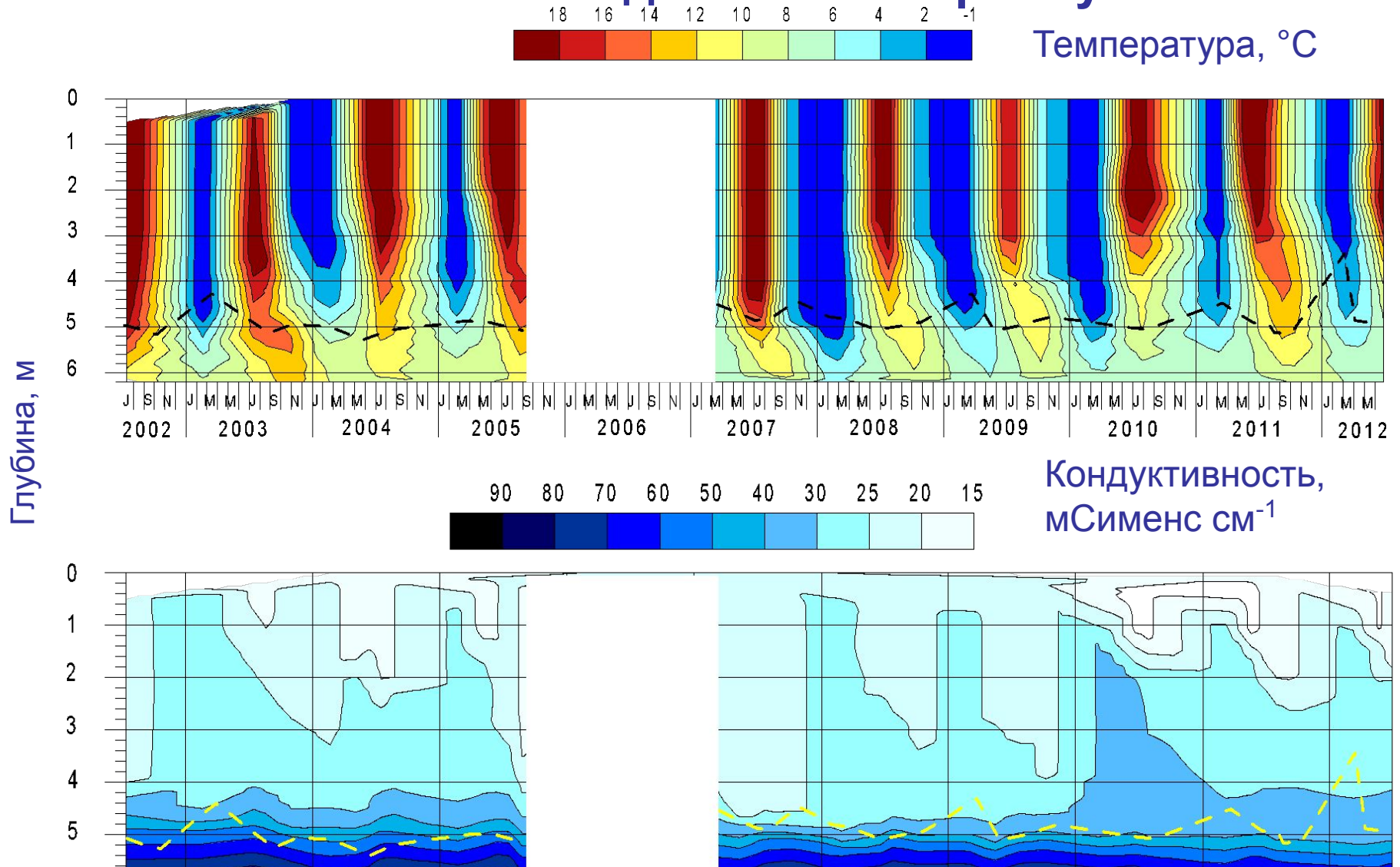


Введение в физическую лимнологию. Лекция-2



Введение в физическую лимнологию. Лекция-2

Многолетняя динамика озера Шунет



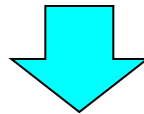
Сибирский Федеральный Университет

Рогозин Д.Ю.

г. Красноярск, 2016

Происхождение меромиксии озер Шира и Шунет

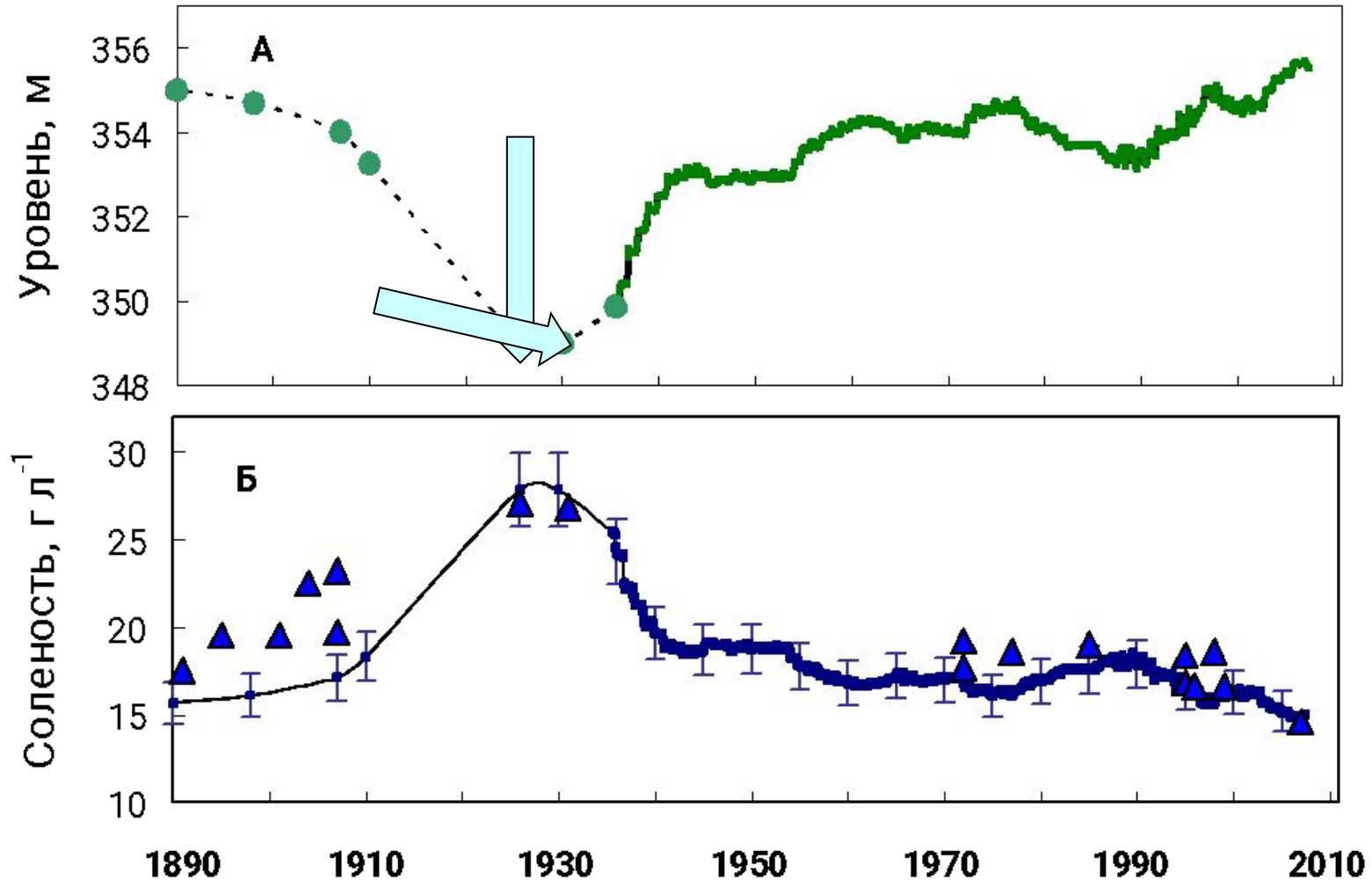
1. Причина солености озер Шира и Шунет – испарительное концентрирование растворенных солей, поступающих в результате выветривания горных пород на окружающей территории (Гусева и др., 2012)
2. Питание озер осуществляется за счет менее минерализованных источников:
оз. Шира – р.Сон, поверхностный сток, грунтовые воды
оз. Шунет – ручей, поверхностный сток, грунтовые воды
3. Соленость грунтовых вод $1.4 - 3 \text{ г л}^{-1}$ (Природные воды..., 2003)



Поступление грунтовых вод не может быть причиной возникновения повышенной солености в придонных слоях озер Шира и Шунет

Введение в физическую лимнологию. Лекция-2

Динамика уровня воды и солености в оз. Шира



Введение в физическую лимнологию. Лекция-2

Глубина и соленость в соленых озерах Минусинской котловины (Кривошеев, Хасанов, 1990)

Озеро	пачало лл века		паше время	
	Год	Глубина, м Минерализация, г л ⁻¹	Год	Глубина, м Минерализация, г л ⁻¹
Шира	1926	17 м 27 г л ⁻¹	2013	24 м 15-19 г л ⁻¹
Шунет	1926	менее 1 м 362 г л ⁻¹	1999	6 м 24.5 г л ⁻¹
Тус	1927	0.35 м Не замерзло зимой	2007	2 м 100 г л ⁻¹
Белё	1908	Разделилось на два бассейна	Наст. время	Единый водоем
Утичье-1	ок. 1926	Пересохло	1997	2.7 м 3 г л ⁻¹
Утичье-3	1926	0.25 м 83 г л ⁻¹	1997	6.5 м 5.6 г л ⁻¹
Тагарское	ок. 1925	менее 1 м 25 г л ⁻¹	1987	3.2 м
Учум	1926	менее 6 м 35 г л ⁻¹	1985	7.3 м 23.5 г л ⁻¹

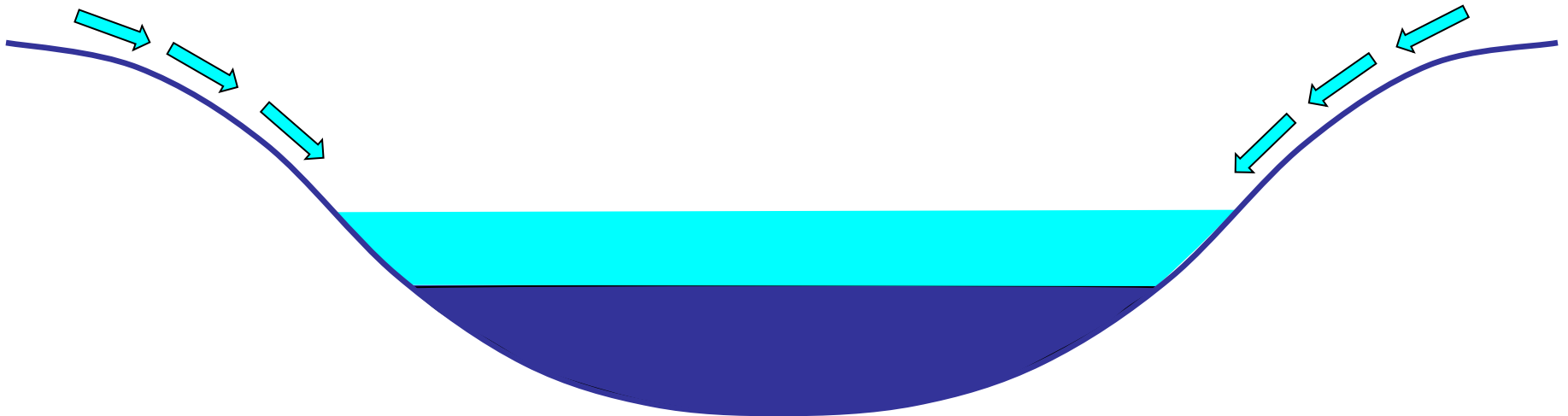
Происхождение меромиксии озер Шира и Шунет

Мелкое соленое
озеро:



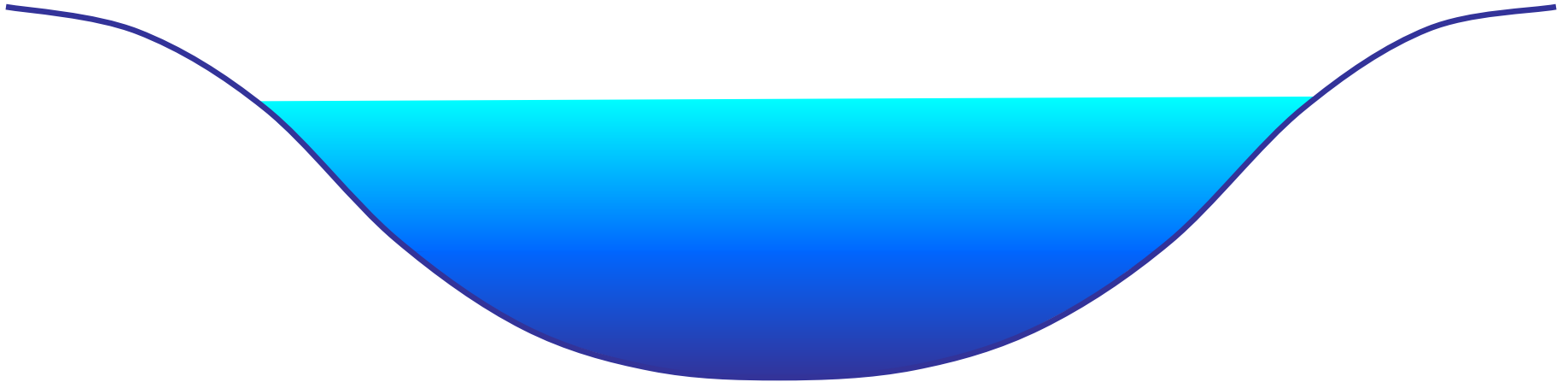
Происхождение меромиксии озер Шира и Шунет

Поступление пресной воды
с поверхностным стоком

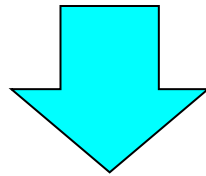


Происхождение меромиксии озера Шира и Шунет

Меромиксия



Происхождение меромиксии озер Шира и Шунет



Меромиксия эктогенного происхождения
по классификации Хатчинсона (Hutchinson, 1957)

Rogozin DY, Genova SN, Gulati RD and Degermendzhy AG *Aquatic Ecology*, 2010, V.44, No.3, P.485-496