

Парпаров Аркадий Соломонович (1943 - ?),
канд. биол. наук (1980, Минск, ЗИН),
1974-1990 - Севанская гидробиологическая
станция АН Арм. ССР,
1991 - Израильская Океанографическая
и Лимнологическая Ассоциация,
Киннеретская Лимнологическая Лаборатория

ISRAEL OCEANOGRAPHIC AND LIMNOLOGICAL ASSOCIATION (IOLR)

National Institute of Oceanography



National Center For Mariculture



Kinneret Limnological Laboratory (KLL)



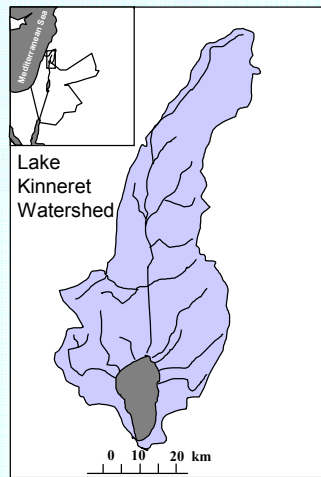
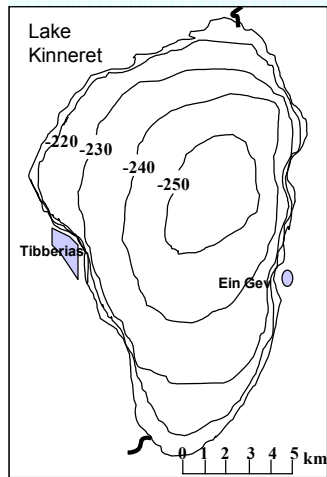
Объект УПРАВЛЕНИЯ

Оз. Киннерет (Израиль)



Altitude	-210 m
S, km²	170
Zavg, m	24.1
Prim. Prod., gC m⁻² yr⁻¹	640
Fish yield, t yr⁻¹	1800

Основные проблемы:
Прогрессивное понижение уровня;
Высокая соленость воды;
Ухудшение КАЧЕСТВА ВОДЫ
вследствие ДЕСТАБИЛИЗАЦИИ
фитопланктона



Оз. Киннерет и его водосбор

Водосбор		Озеро Киннерет	
Площадь, км ²	2730	Площадь, км ²	160-170
Приток воды, км ³ год ⁻¹	0.3-1.5	Объем, км ³	3.3-4.2
Нагрузка P, г м ⁻² год ⁻¹	0.4-1.6	Забор воды, км ³ год ⁻¹	0.2-0.6
Нагрузка N, г м ⁻² год ⁻¹	3.1-12.5	TP, мг л ⁻¹	0.02
Население	255,000	TN, мг л ⁻¹	0.60
		Вылов рыбы, т год ⁻¹	2000
<p>Основные направления использования: водоснабжение, <i>сохранение экосистемы</i>, рыболовство, туризм</p> <p>Проблемы: Колебания уровня, Высокая соленость воды, Дестабилизация сообщества продуцентов</p>			

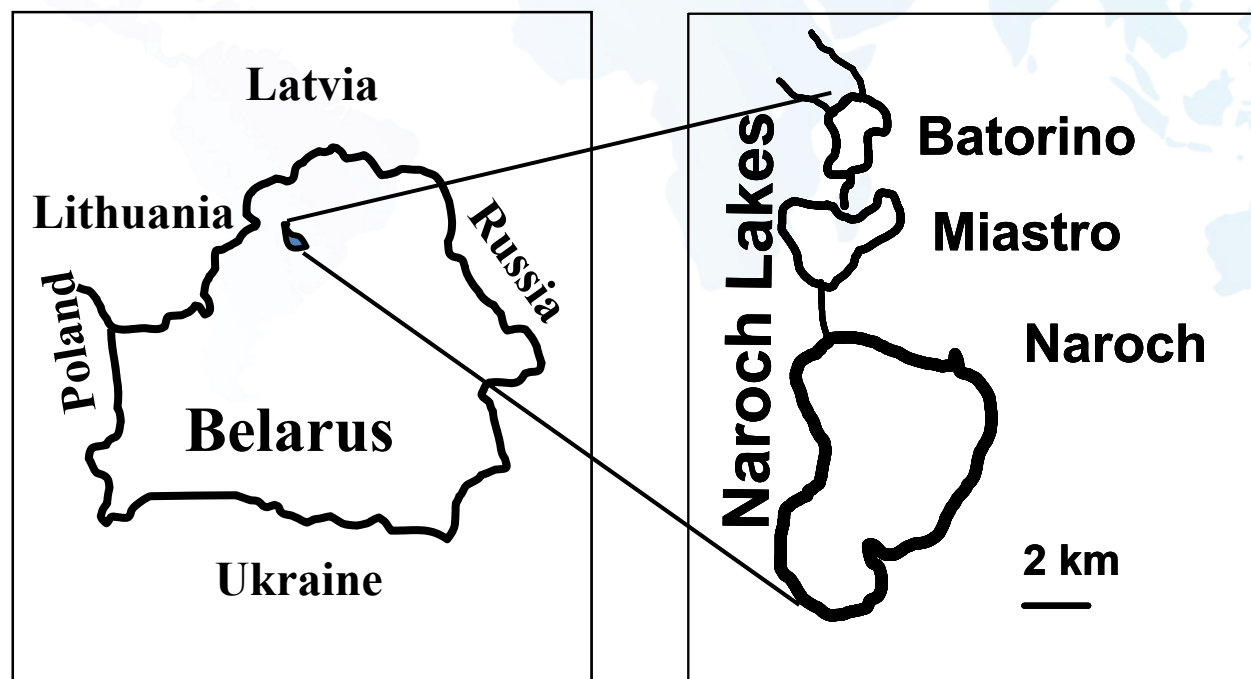
МАКСИМАЛЬНЫЙ уровень воды озера: - 208.0 м

Красная черта – это условная линия на уровне **-213 метров** ниже уровня моря. При снижении уровня воды в Кинерете ниже этой отметки, в озере нарушается **экологический баланс**, и **качество воды** начинает ухудшаться. Считается, что после достижения "красной черты" забор питьевой воды из Кинерета следует прекратить.

Черная черта – условная линия на уровне **-214,8** метров ниже уровня моря. В последний раз уровень воды опускался до этой отметки в 2001 году. При подобной ситуации забор воды из Кинерета запрещен. А при достижении отметки **-215,5** забор воды становится невозможен технически, так как вода опускается ниже водозаборных труб



The Naroch Lakes (Belarus)



**ЛИМНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ
УПРАВЛЕНИЯ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ
ПРИРОДНЫХ ВОДОЕМОВ**

А. С. Парпаров,

Израильская Океанографическая
и Лимнологическая Ассоциация, Киннеретская
Лимнологическая Лаборатория

Что такое УПРАВЛЕНИЕ?

**УПРАВЛЕНИЕ – ЦЕЛЕНАПРАВЛЕННОЕ воздействие на
ОБЪЕКТ УПРАВЛЕНИЯ :**

Объект управления

Качество воды

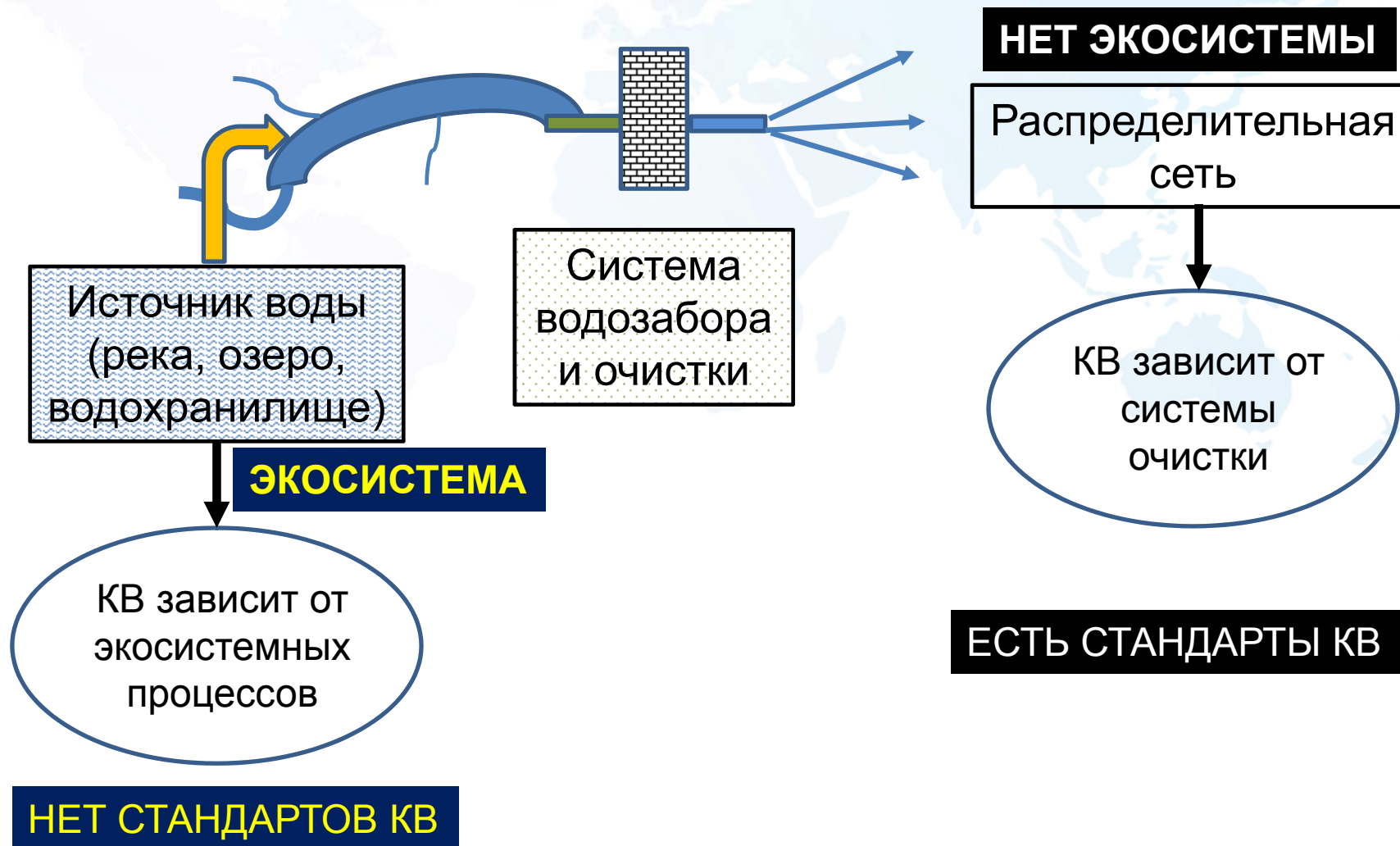
Цели и Критерии Управления

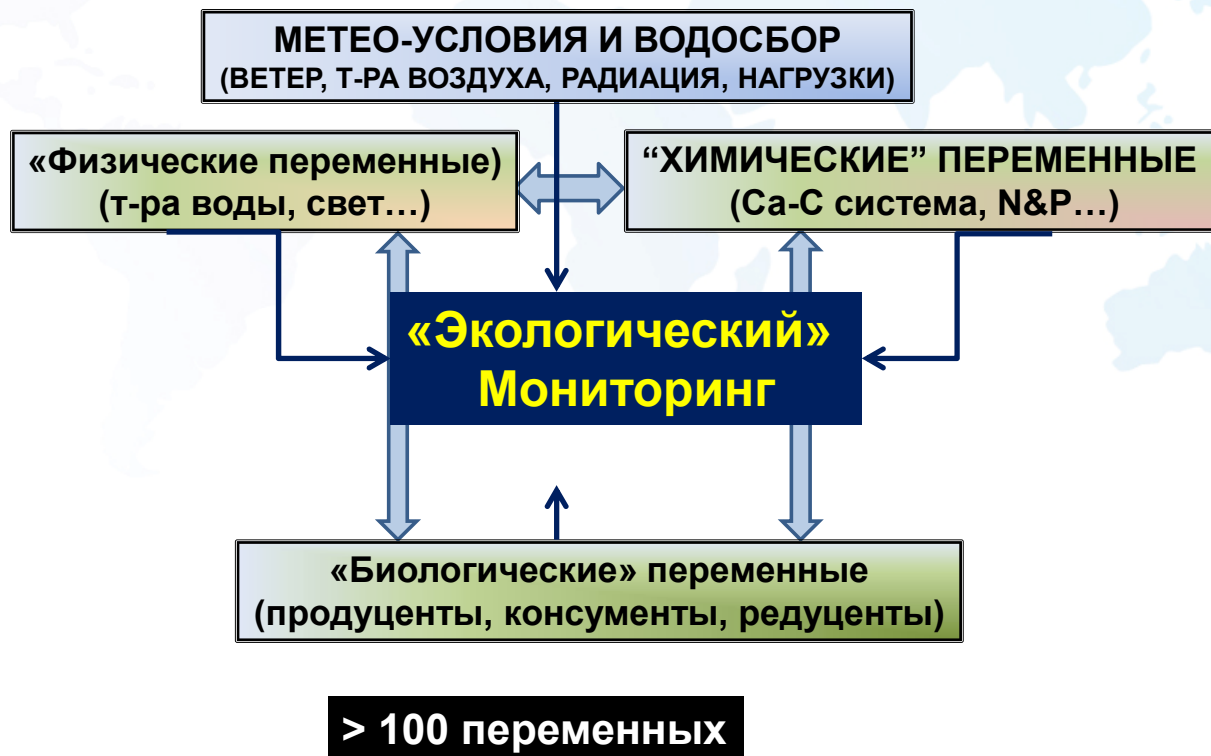
Качеством воды

НУЖНО ОПЕРАЦИОННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Что такое **КАЧЕСТВО ВОДЫ**?

Качество воды – характеристика состава и свойств воды, определяющая пригодность её для конкретных видов водопользования





Количественная оценка трофического статуса

$$TL_{Chl} = 2.22 + 2.54 \cdot \log_{10}(Chl)$$

$$TL_S = 5.10 + 2.60 \cdot \log_{10}(1/S - 1/40)$$

$$TL_P = 0.218 + 2.92 \cdot \log_{10}(TP)$$

$$TL_N = 3.61 + 3.01 \cdot \log_{10}(TN)$$

Индекс трофности озера

$$TLI = (TL_{Chl} + TL_S + TL_P + TL_N) / 4$$

Статус (TLI в скобках)	Диапазоны значений				
	TP, мкг/л	TN, мг/л	Хлорофилл , мг/л	Секки, м	
Олиго- трофный (2-3)	3 - 18	0.31 – 11.6	0.3 – 4.5	5.4 - 28	Диатомовые Аэробные условия
Мезо- Трофный (3-4)	4 - 96	0.36 – 1.40	3.0 - 11	1.5 – 8.1	Диатомовые Зеленые Дефицит O ₂
Эвтрофный (5-6)	16 - 340	0.39 – 6.1	2.7 – 78	0.8 – 7.0	Цветение воды Синезеленые Анаэробные условия, H ₂ S

Дистрофный (гуминовые озера)

0.2

Продуцентов нет

Группа водных животных, которые активно перемещаются в толще воды и могут передвигаться самостоятельно на большие расстояния, а также противостоять силе течений.

Эволюция рыбного сообщества оз.

Севан

Олиготрофный период:

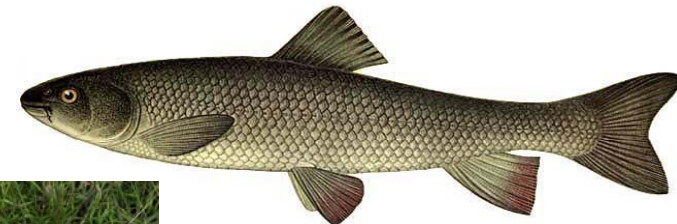
ФОРЕЛЬ, Храмуля, Сиг

Период эвтрофирования: Форель, Сиг,
Храмуля

Эвтрофный период: СИГ, Храмуля, Форель,
Карась

Пост-эвтрофный период: **КАРАСЬ**, Сиг

**Обратима ли
ТАКАЯ
Эволюция?**



Цели и Критерии Управления

Цель УПРАВЛЕНИЯ может быть формализована при помощи оптимизации ЦЕЛЕВОЙ функции:

$$\text{Min (or max) } Q = F(??)$$

Немного истории:

1. $Q = F(W_S)$, W_S = водоснабжение (объем поставляемой воды),
водоПОЛЬЗОВАНИЕ

Ведение водного ХОЗЯЙСТВА:

2. $Q = F(W_S, W_Q)$, W_Q - КАЧЕСТВО ВОДЫ,
элементы *sustainable* (рационального) УПРАВЛЕНИЯ

При чем тут ЛИМНОЛОГИЯ?

Наиболее важной задачей современной теоретической и прикладной гидроэкологии является «понимание основ водных наук для их ответственного использования и эффективного управления водными ресурсами для гидрологической доступности и приемлемого качества воды»

(R. Wetzel “*Limnology*”, 2001)

Лимнология часть большой науки об управлении качеством воды

Что такое – КАЧЕСТВО ВОДЫ?

“ Everybody talks about water quality, or even more about the lack of it; yet few people stop for a moment and think about how this is being measured”

R. M. Brown, N. I. McClelland, R. A. Deininger & G. Tozer (1970). A water quality index – do we dare? *Water and Sewage Works*, 117: 339-343

“Most publications do not define what is meant by ‘freshwater quality’ in relation to their topic”

Maitland, P. S. 1997. ‘Freshwater quality: the use of the term in scientific literature. Pages 24-28 In: P. J. Boon and D. L. Howell (eds.). *Freshwater quality: defining the indefinable*

Как оценить качество воды?

**Количественное описание
(квантификация) Качества
Воды**

*ОТНОСИТЕЛЬНОСТЬ это важнейшее свойство
Концепции «Качество»*

ЭТО КОСТЮМЫ

**ПОЖАРНЫЙ
КОСТЮМ**

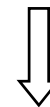


**ДЕЛОВОЙ
КОСТЮМ**



КЛАССИФИКАЦИЯ

**КОТОРЫЙ ИЗ НИХ ЛУЧШЕ?
СМОТРЕ ДЛ Я ЧЕГО**



КВАЛИФИКАЦИЯ

«ХОРОШО» или «ПЛОХО»:

**НАСКОЛЬКО
«ХОРОШО» или «ПЛОХО»?**

WRM

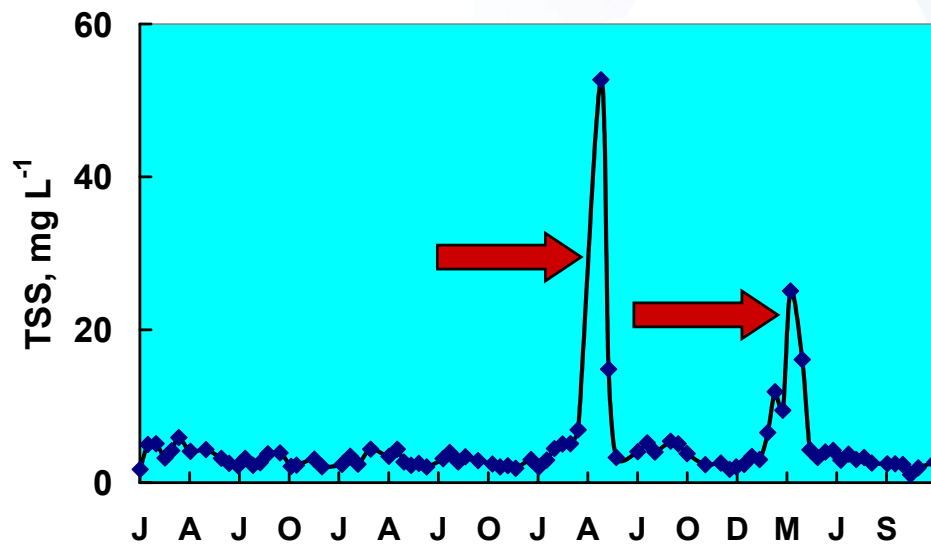
Качество Воды

Менеджер



Это «хорошо» или «плохо»?

TSS, 2001-2004



Др. А. Парпаров,
Лимнолог



Модуль 2. Качество Воды. Нормативные документы

EU Water Framework Directive (WFD)

United States Office of Water EPA-822-B00-001 Environmental
Protection Office of Science and Technology April 2000
Agency Washington, DC 20460 www.epa.gov

Nutrient Criteria Technical Guidance Manual
Lakes and Reservoirs
First Edition

Модуль 2. СТАДИИ КВАНТИФИКАЦИИ КАЧЕСТВА ВОДЫ

1. Выбор объекта управления.
2. Установление критических/важных проблем для объекта управления.
3. Установление исходного/желаемого состояния экосистемы. Наиболее важная часть процесса. Подходы: прямой анализ состояния объекта; палеолимнологический анализ прошлых условий; экстраполяция наблюдаемых тенденций; просто выбор. Условие: это состояние должно быть реализуемым.
4. Установление набора переменных пригодных для оценки КВ. Количество Индексов КВ: от 4-х (ОЕСД, 1980) до десятков (ССМЕ, 2001)
5. Установление допустимых пределов (permissible ranges) для выбранного набора ИКВ. Принципиальная разница с установлением КВ для загрязнения, к-рые должны отражать уровни загрязнения и определяются региональными/национальными стандартами КВ.
6. Установление способа агрегации ИКВ.
Необходимые условия: Наличие Базы данных и Системы Мониторинга
Желательно: Наличие Экологической Модели.



http://kinneret.ocean.org.il/kinSite_db/login_db.aspx

KINNERET LIMNOLOGICAL LABORATORY DATABASE

The data were collected by the Yigal-Allon Kinneret Limnological Laboratory staff, as part of the long-term monitoring program, carried out since 1969.

Each table has the name of scientist in charge, it is the responsibility of the user to receive confirmation of the scientist in charge for using the data.

Using data that was received from Mekorot Company has to follow the regulations listed below:

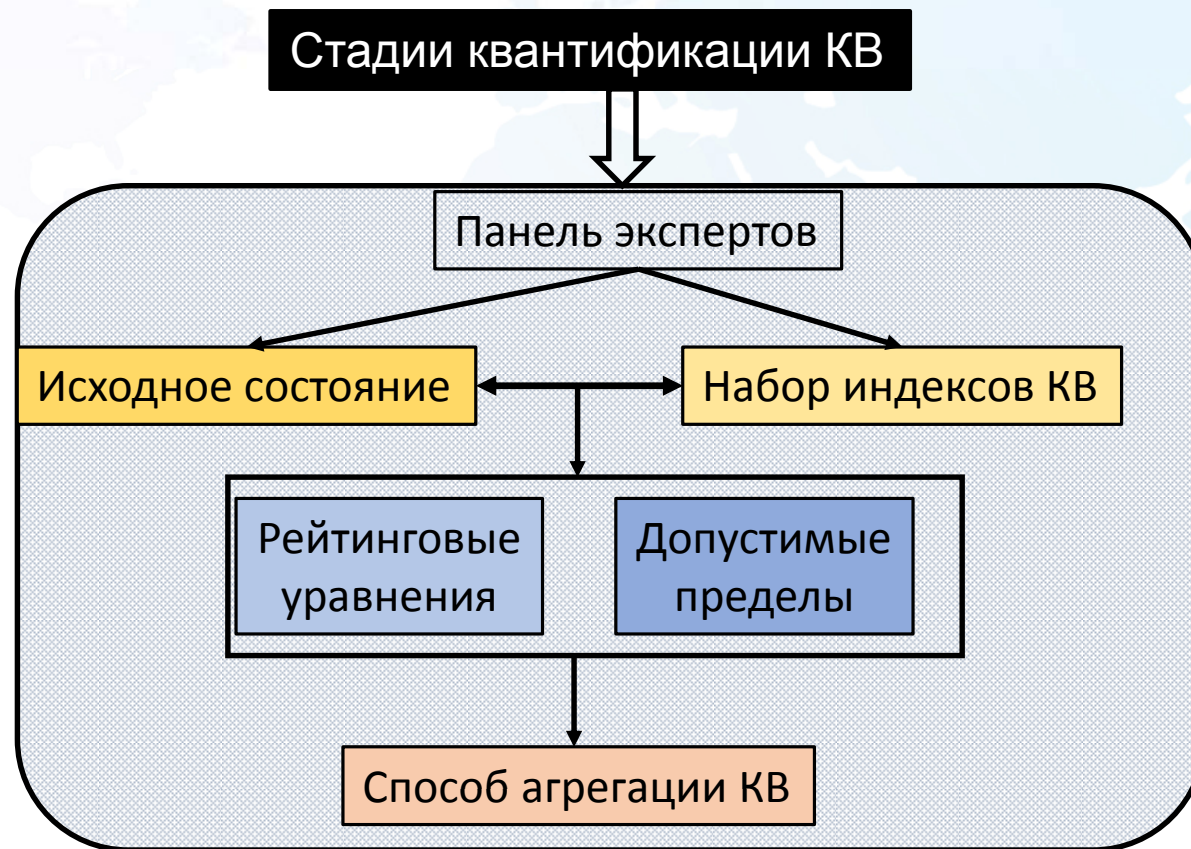
1. The data will not be transferred to anyone outside of KLL laboratory.

2. The data will not be published in table format.

3. Any publication that use Mekorot data will mention the origin of the data.

For any problem concerning use of the data, contact database manager (Miki@ocean.org.il).

СТАДИИ КВАНТИФИКАЦИИ КАЧЕСТВА ВОДЫ. Метод Дельфи (Brown et al 1970)



Панель Экспертов состояла из представителей водопользователей и лимнологов: оз. Киннерет – 12 Экспертов, Нарочанские озера – 45 Экспертов, озера Роторуа и Ротоити (Нов. Зел.) – 8 Экспертов, оз. Штехлин (Германия) – 8 Экспертов (только лимнологи)

Исходное состояние/период): оз. Киннерет – 1970-1992*
Нарочанские озера – 1978-1988

Качество Воды. Выбор параметров

Параметры, используемые для оценки качества воды

Параметры		Экосистемы	Питьевая вода
ОБЩИЕ	Температура	+	-
	TSS	+	+
	pH	+	+
	O ₂	+	-
Биогенные элементы	NH ₄ ⁺	+	-
Органическое вещество	БПК ₅	+	+
ЗАГРЯЗНЕНИЯ			
	Токсины синезеленых	+	+
	Тяжелые металлы	+	+
	Орг. вещ-ва	+	+
	Пестициды	+	+
	Патогенные микроорганизмы	-	+

Indices	Indices
Chloride, mg L ⁻¹ (Cl)	Secchi depth, m (S)
Total suspended solids, mg L ⁻¹ (TSS)	Total Suspended Solids, mg L⁻¹ (TSS)
Turbidity, NTU (Tu)	Chlorophyll, µg L⁻¹ (Chl)
Total phosphorus, µg L ⁻¹ (Ptot)	Oxygen, % Saturation, at surface (Os)
Total nitrogen, mg L ⁻¹ (Ntot)	Oxygen, % Saturation, near bottom (Ob)
Chlorophyll, µg L ⁻¹ (Chl)	Total Nitrogen, mg L⁻¹ (Ntot)
Primary production, g C m ⁻² d ⁻¹ (PP)	Total Phosphorus, mg L⁻¹ (Ptot)
Cyanobacteria, % total biomass (%Cyano)	Total Carbon, mg L⁻¹ (Ctot)
Biomass of Zooplankton, g m ⁻² (Bzp)	Primary Production, mg C m⁻³ d⁻¹ (PP)
*Fecal coliforms, No. 100 mL ⁻¹ (Fcoli)	Destruction, mg C m⁻³ d⁻¹ (D)
**BOD ₅ , mg O ₂ L ⁻¹	Phytoplankton Biomass, g m⁻³ (Bph)
	Cyanobacteria, % of algal biomass (%Cyano)
	BOD₅, mg O₂ L⁻¹
	Zooplankton Biomass, g m⁻³ (Bzp)
	pH*
	Surface area occupied by macrophytes

Описание диапазона Рейтинговых значений (R) (Smith, 1990).

$100 > R \geq 80$	Отличное: наиболее подходит для всех целей
$80 > R \geq 60$	Хорошее: подходит для всех использований
$60 > R \geq 40$	Промежуточное: одно или несколько использований затруднено
$40 > R \geq 20$	Плохое: непригодно для одного/нескольких использований
$20 > R \geq 0$	Очень плохое: непригодно к использованию

СТАДИИ КВАНТИФИКАЦИИ КАЧЕСТВА ВОДЫ

Нужно установить следующие соответствия:

I. $R = f(\text{EcoVal})$; *рейтинговая кривая*

EcoVal – Экол. значение индекса (NTU, мг/л и т. д.)

R – Рейтинговое значение индекса

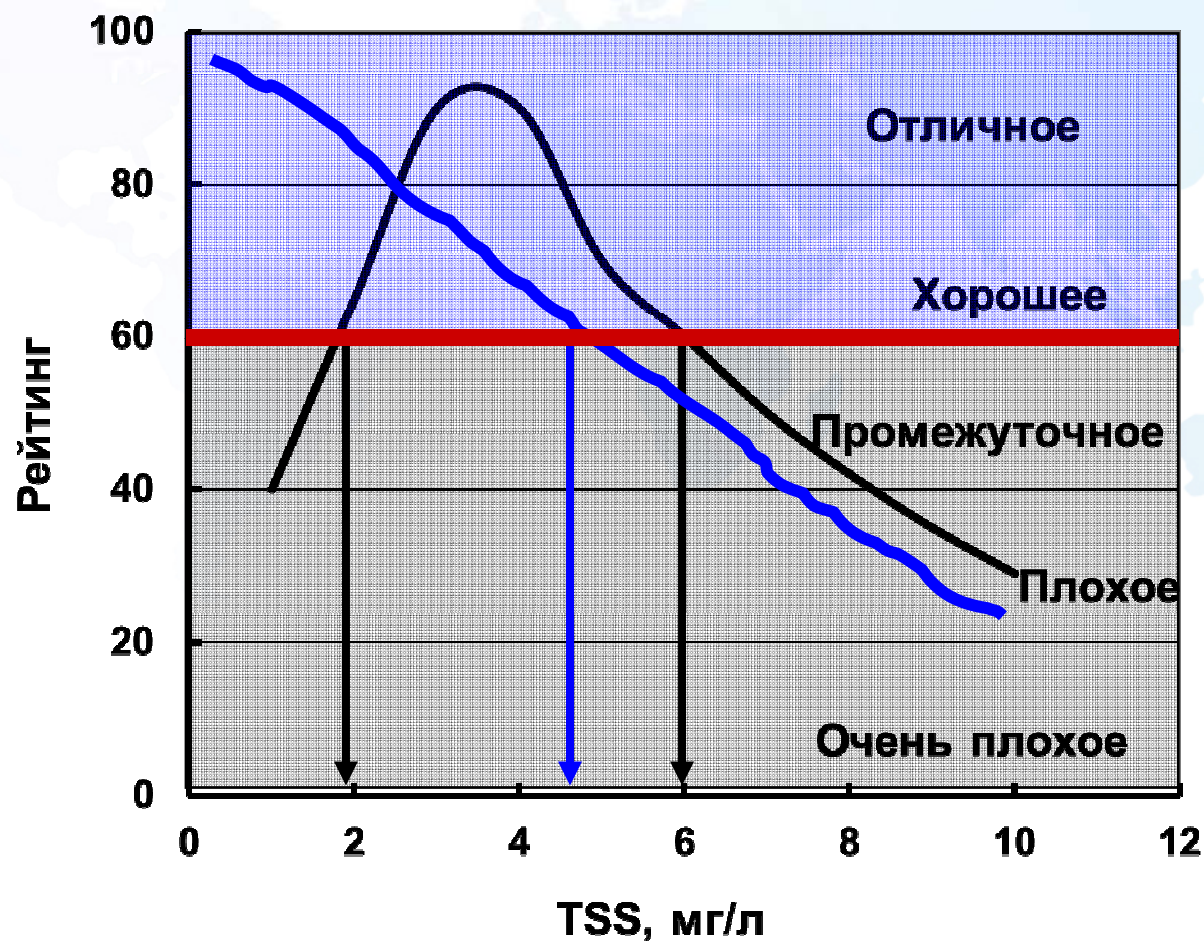
$$\{WQI_L < WQI < WQI_H\} \leftrightarrow 60 < R < 100$$

II. $\{\text{EcoVal}\} = F(\text{EA})$

EA – экономическая активность: водоснабжение (уровень воды); регулирование солёности ; хозяйственная деятельность на водосборе (биогенная нагрузка)

III. $R = V(\text{EA})$

Начальный этап квантификации Качества Воды (Метод Дельфи)



TSS = 0

KB = ??

WRM

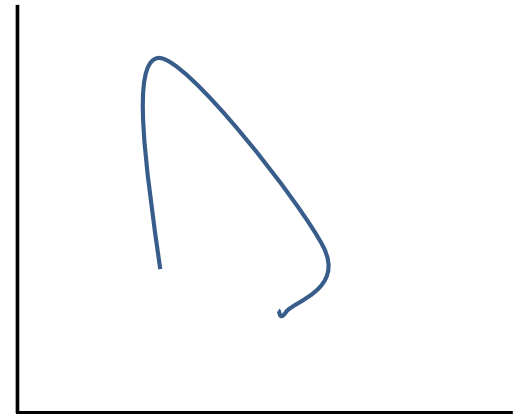
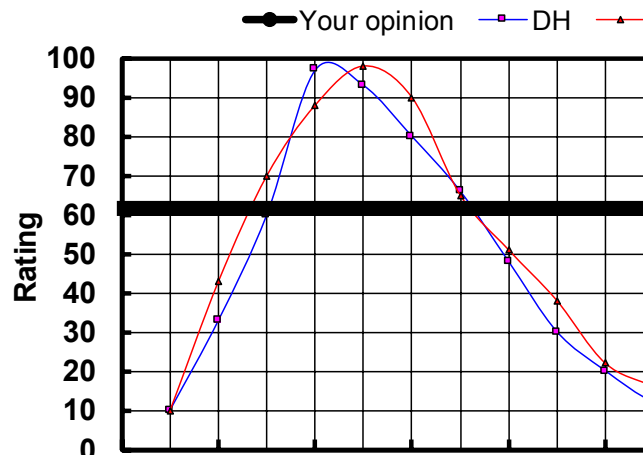
Построение рейтинговой кривой (Метод Дельфи)

Lake Rotorua, Total Nitrogen (TN, mg/l)
Avg = 200 STD = 78

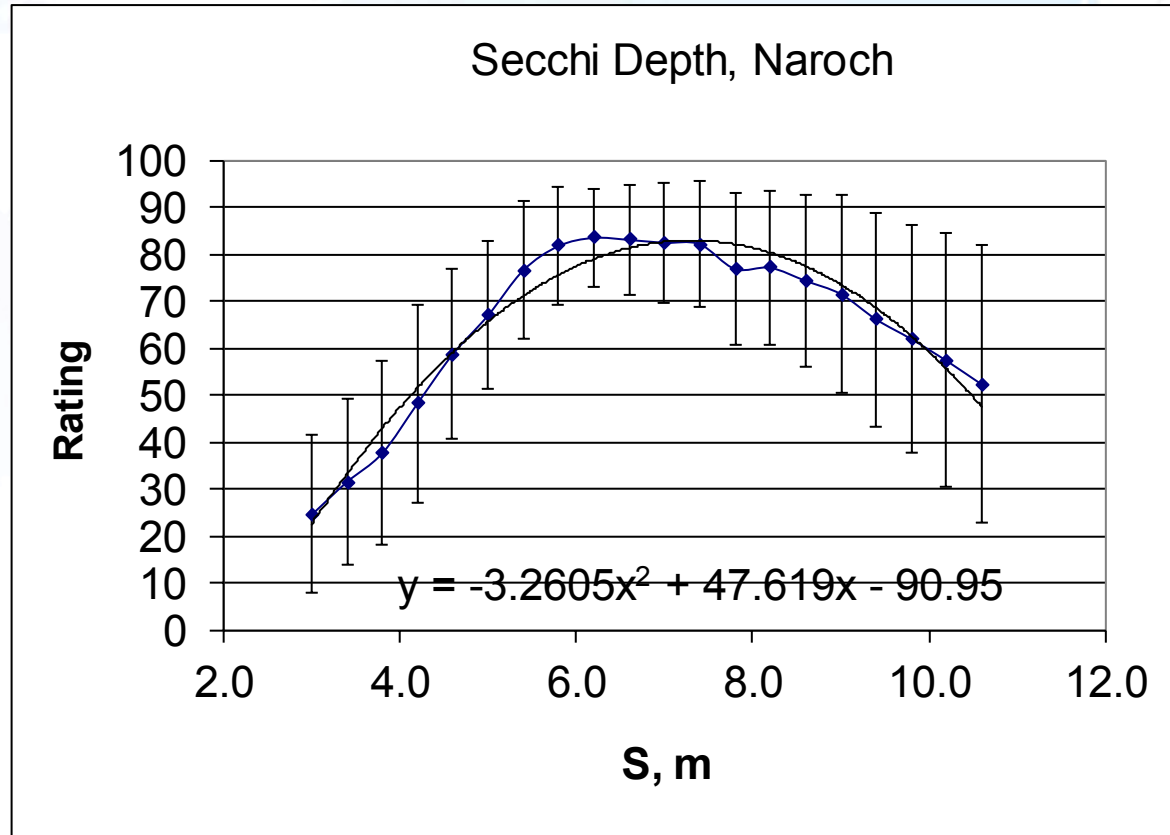
Lake Rotorua, TN, Avg = 300 STD = 85

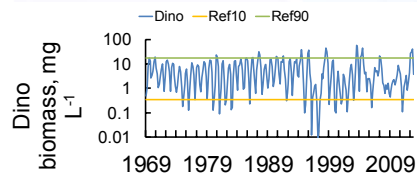
TN, mg/	Rating	DH	AP
50		10.0	10.0
100		33.0	43.0
150		60.0	70.0
200		97.0	88.0
250		93.0	98.0
300		80.0	90.0
350		66.0	65.0
400		48.0	51.0
450		30.0	38.0
500		20.0	22.0
550		12.0	16.0
600		10.0	10.0

Lake Rotoiti, Total Nitrogen (TN,
Avg = 200, STD = 78

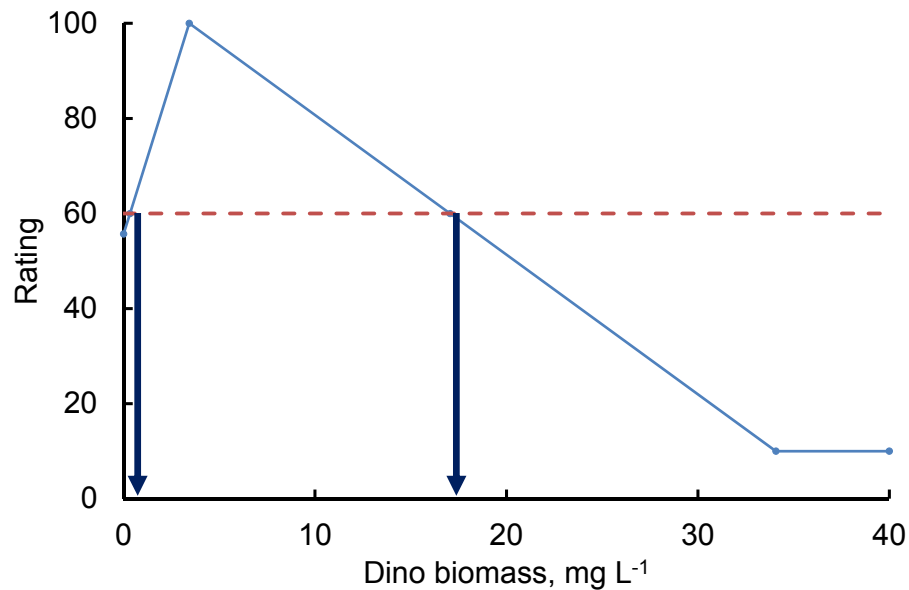


Indices S, m	Rating	
	Mean	std
3.0	25	17
3.4	32	17
3.8	38	20
4.2	48	21
4.6	59	18
5.0	67	16
5.4	77	15
5.8	82	13
6.2	83	11
6.6	83	12
7.0	82	13
7.4	82	13
7.8	77	16
8.2	77	16
8.6	74	18
9.0	72	21
9.4	66	23
9.8	62	24
10.2	57	27
10.6	52	30

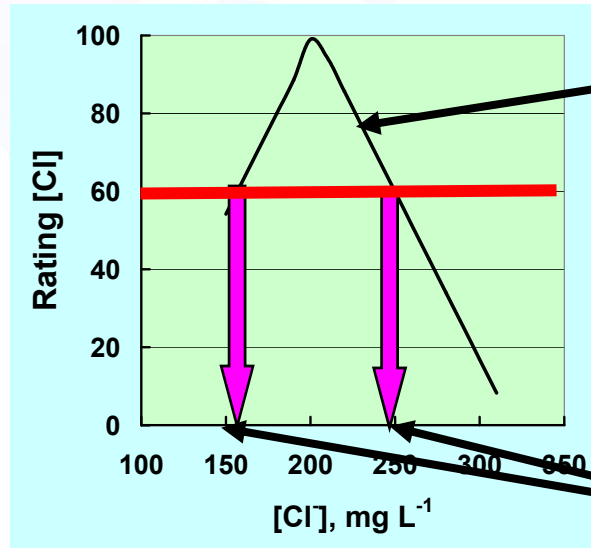




Parameter	Dino Biomass, mg L ⁻¹	
	Value	Rating
Median	6.35	100
10 Percentile	0.50	60
90 Percentile	18.42	60



Rating Dino
 = $56.6 + 6.84 \cdot \text{Dino}$, if
 $0.0 < \text{Dino} < 6.35$;
 = $121.0 - 3.31 \cdot \text{Dino}$, if
 $6.35 < \text{Dino} < 18.4$;
 = 10, if $\text{Dino} > 18.4$



Рейтинговая
кривая

Допустимые пределы
 $150 < [Cl] < 240$

$$R = f[Cl]$$

Панель экспертов
(Метод Дельфи)

WRM

Система Качества Воды, установленная для оз. Киннерет

Индекс	Зима-Весна	Лето-Осень
Хлорид, мг/л ⁻¹ (Cl)	152-242	153-245
TSS, мг/л	1.4-5.3	0.8-3.6
Мутность, NTU (Tu)	1.4-5.3	0.8-3.6
Общий фосфор (P)	0.38-1.20	0.25-0.98
Общий азот, мг/л (TN)	0.38-1.20	0.25-0.98
Хлорофилл (Chl)	1.7-3.7	1.0-10.0
Перв. Пр.	0-5.1	1-12.3
Цианобактерии, % общей биом(%Cya)	0-5.1	1-12.3
Биомасса зоопланктона, мг/л ⁻³ (ZB)	0.46- 3.03	0.55-5.38
Фекальные коли-бактерии, No. 100 mL ⁻¹	0-200	0-1000

Общий язык управления

Мониторинг Качества Воды

Выход экологической модели

The set of the water quality indices and their acceptable ranges for the Naroch Lakes

Indices	Lakes		
	Naroch	Miastro	Batorin
Oxygen, % Saturation, near bottom (Ob)	58-110	62-120	65-147
Secchi depth, m (S)	4.7 - 5.9	2.1 - 5.4	0.7 - 2.1
Total Suspended Solids, mg L ⁻¹ (TSS)	0.3-2.5	0.6-2.6	4.3-18.0
			7.0-72.0
			0.54-2.02
Total Phosphorus, mg L ⁻¹ (Ptot)	0.01-0.04	0.02-0.07	0.03-0.10
			10-48
			86-139
Total Carbon, mg L ⁻¹ (Ctot)	3.9-6.3	6.4-9.4	9.0-16.4
			11-525
			0-426
Phytoplankton Biomass, g m ⁻³ (Bpn)	0.3-1.9	1.0-7.2	3.0-23
BOD ₅ , mg O ₂ L ⁻¹	0.6-1.7	1.0-2.3	1.7-4.1
Zooplankton Biomass, g m ⁻³ (Bzp)	0.7-2.26	1.0-6.2	2.2-16.1
pH*	8.15-8.55		
Surface area occupied by macrophytes	Should be established		

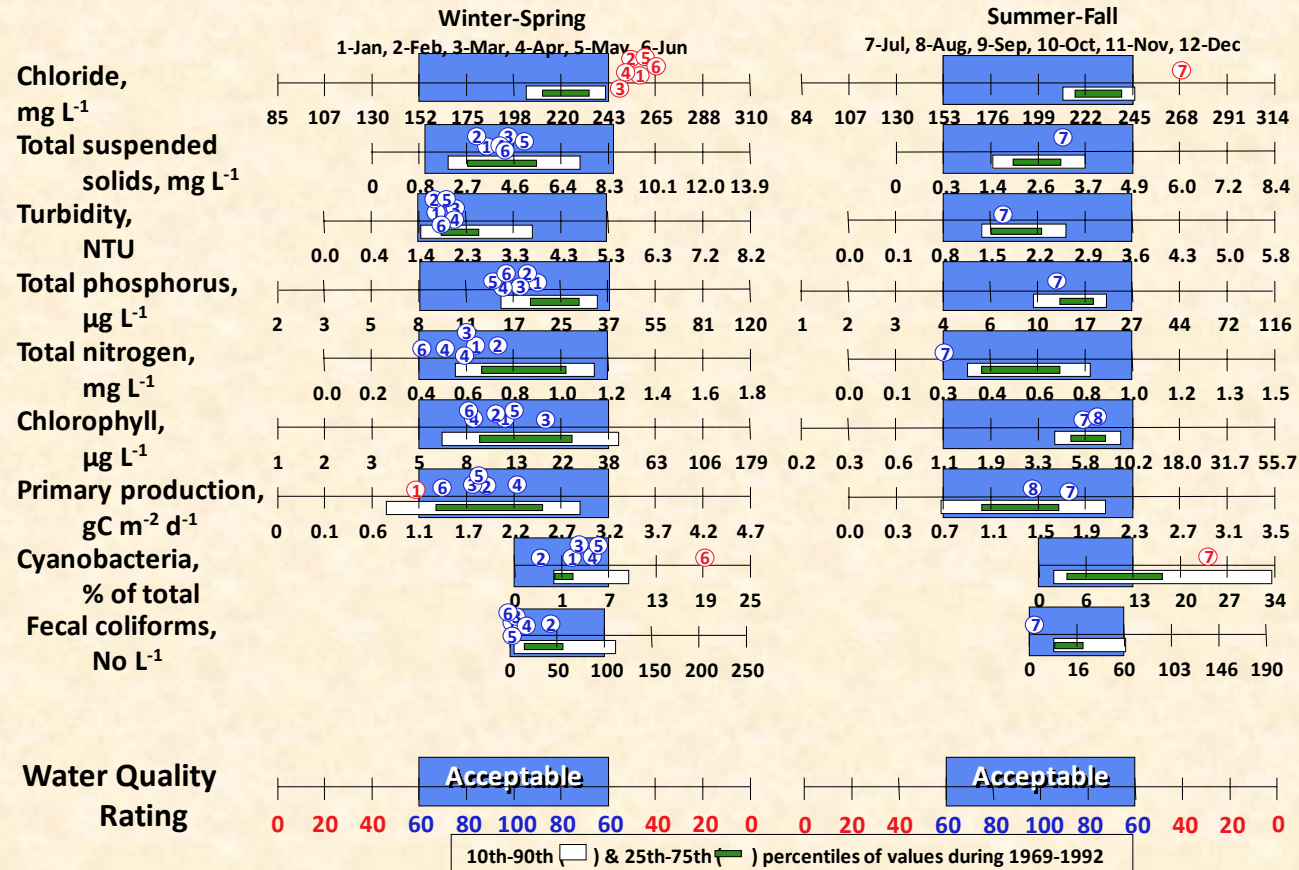
Общий язык управления

Мониторинг Качества Воды

Выход экологической модели

Indicative role of WQ system

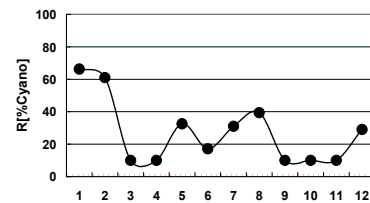
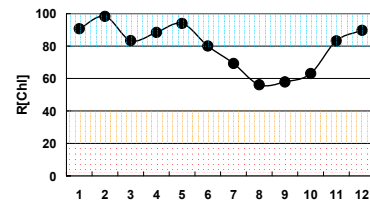
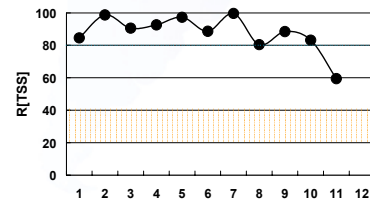
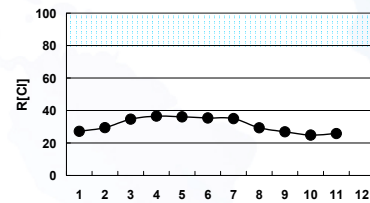
Water Quality in Lake Kinneret: 2008



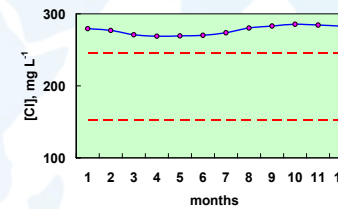
Мониторинг Качества воды и Экологический Мониторинг

Мониторинг Качества Воды

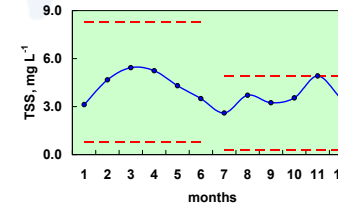
Экологический мониторинг



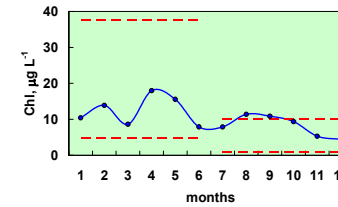
Cl



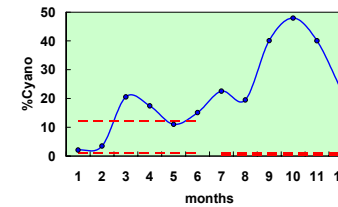
TSS

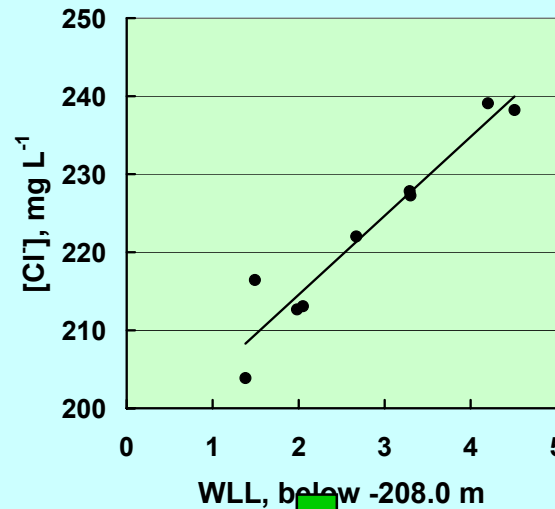
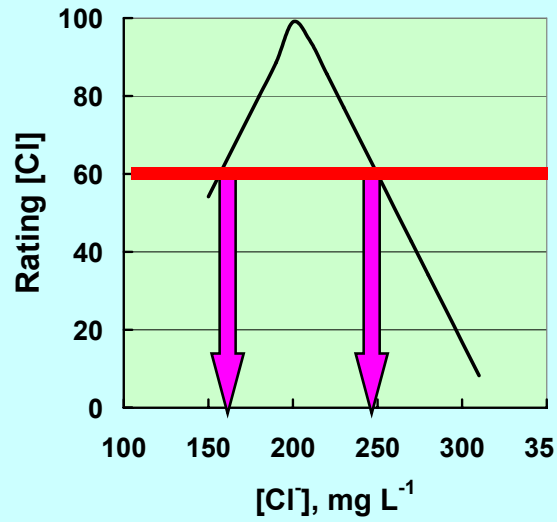


Chl



%Cyano





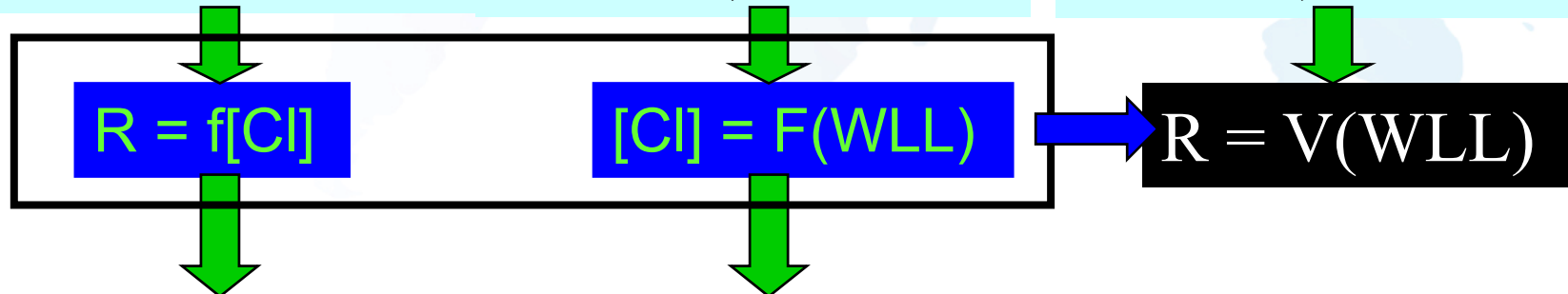
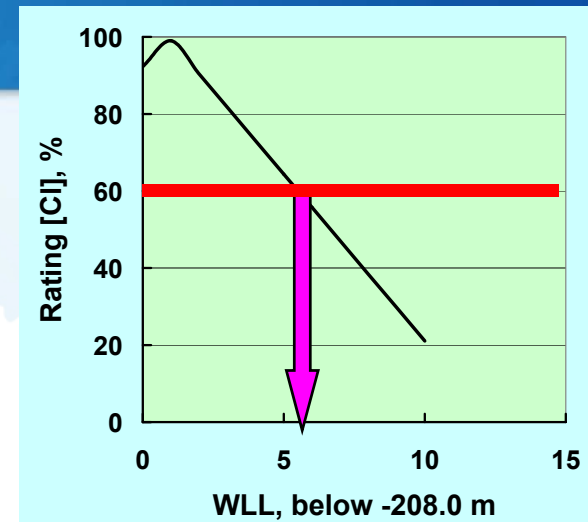
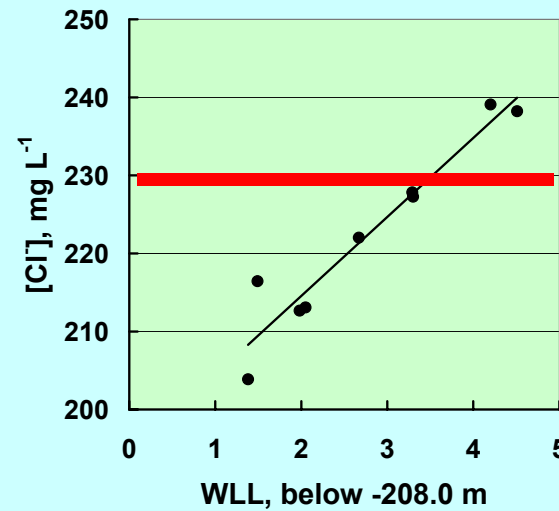
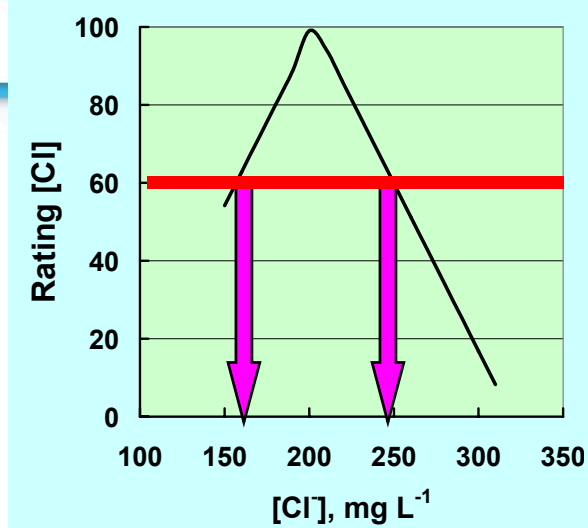
*Панель экспертов
(Метод Дельфи)*

*Модель
Лимнологические исследования*

$$R = f[Cl]$$

$$[Cl] = F(WLL)$$

Иллюстративный пример

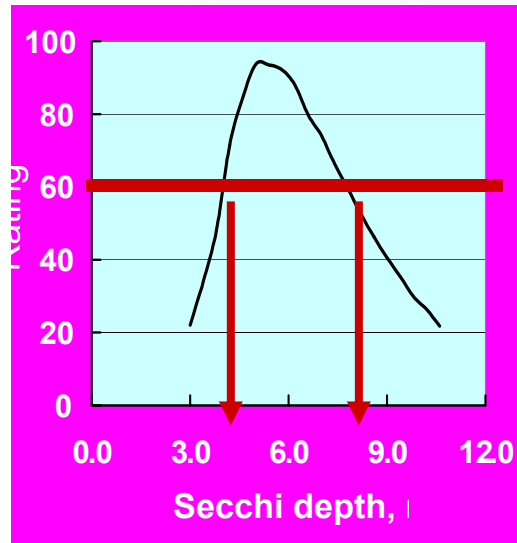


Панель экспертов
(Метод Дельфи)

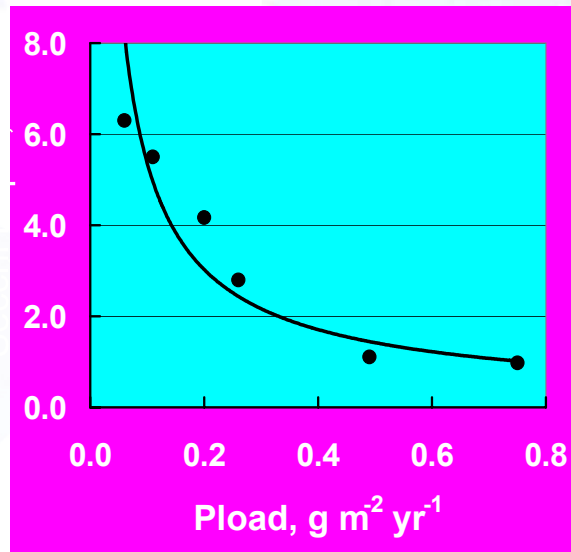
Модель
Лимнологические
исследования

WRM

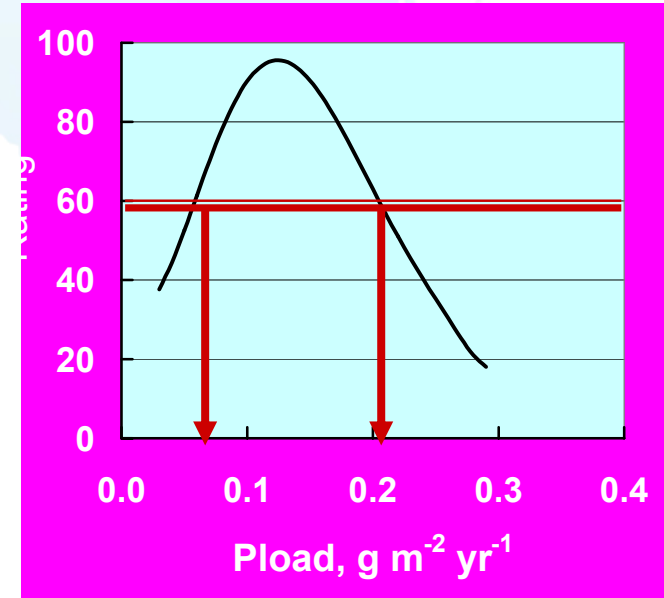
Квантификация Качества воды: Прозрачность (Секки) в Нарочанских озерах (Беларусь)



$$R = f(S)$$



$$S = F(Pload)$$

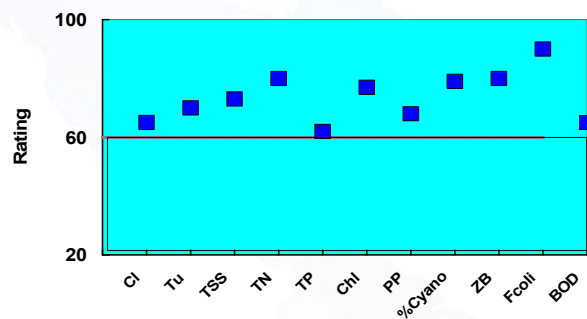


$$R = V(Pload)$$

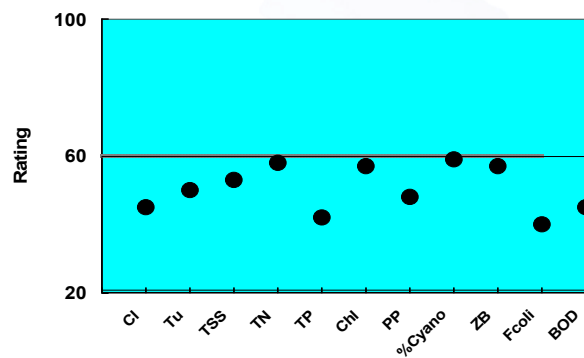
Как выразить КВ одним числом
(Агрегированный, Комплексный индекс КВ)?

WRM

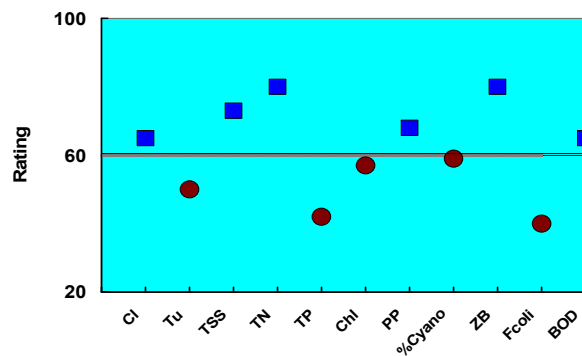
Проблема АГРЕГАЦИИ Качества Воды (КВ)



КВ «ХОРОШЕЕ»



КВ «НЕ ХОРОШЕЕ»



КВ ??

Различные способы вычисления агрегированного индекса качества воды (CWQI)

1. Арифм. среднее: $CWQI = (\sum R)/n$

2. Минимум оператор: $CWQI = \min\{R_i\}$

3. Взвешенное среднее: $CWQI = \sum w_i R_i$

4. Harmonic square mean (Oregon WQI)

$$OWQI = (n/(\sum 1/(R_i^2)))^{1/2}$$

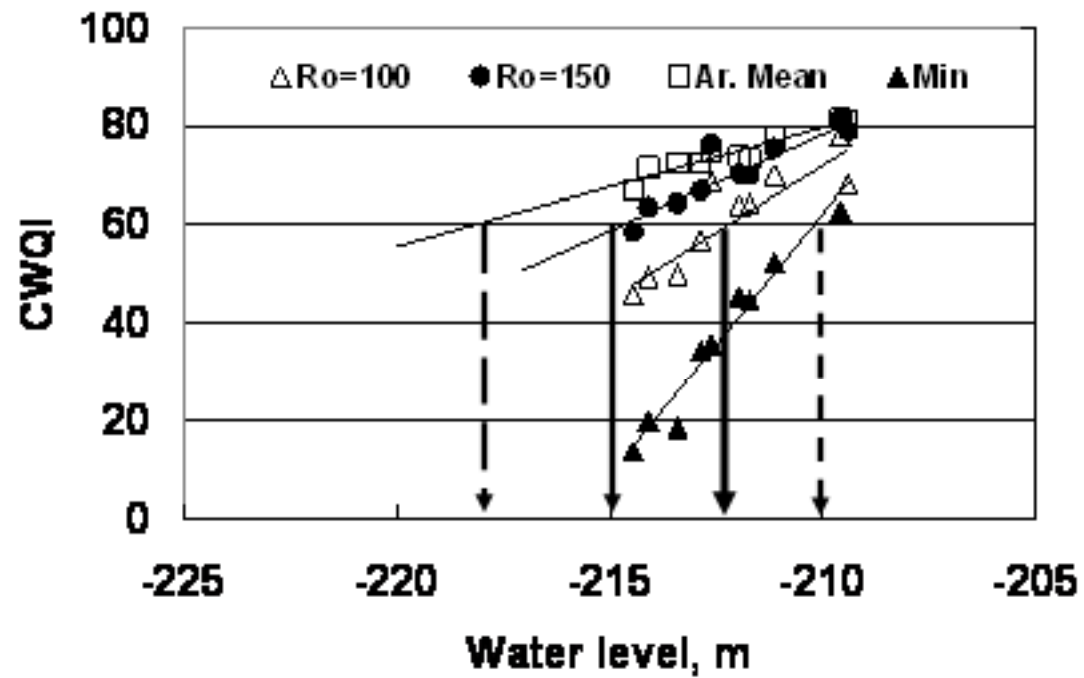
1. CWQI должен быть выражен в терминах рейтинга.
Допустимый CWQI: $60 < CWQI < 100$
2. $CWQI > \min\{R_i\}$; if $R_i = R_j$, $CWQI = R_i$

$$3. CWQI = \sum w_i R_i \quad (\sum w_i = 1)$$

4. If $R_i < 60$, and $60 < R_j < 100$, then $w_i > w_j$
переменный относительный вес

$$5. w_i = (R_0 - R_i) / \sum (100 - R_i)$$

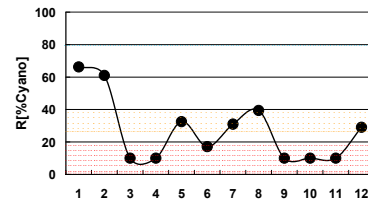
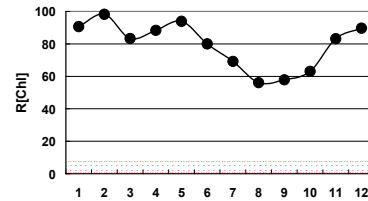
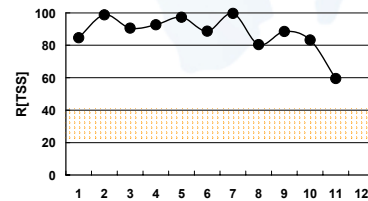
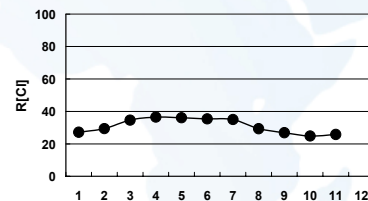
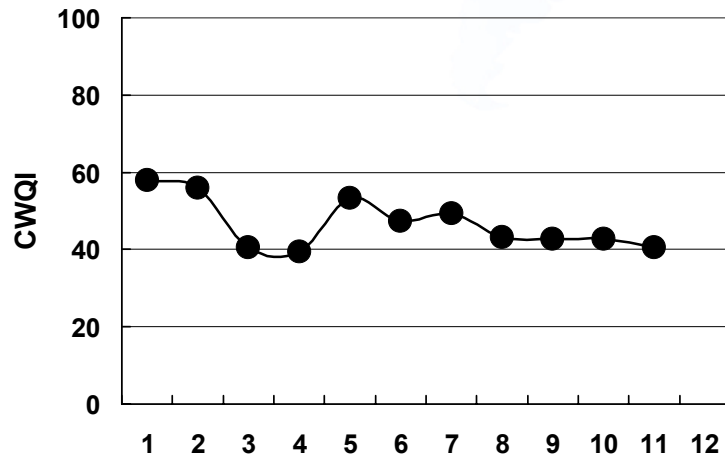
$$CWQI = \sum (R_i \cdot (R_0 - R_i) / \sum (R_0 - R_k))$$



Мониторинг Качества воды и Экологический Мониторинг

Monitoring of Water Quality

Ecological monitoring

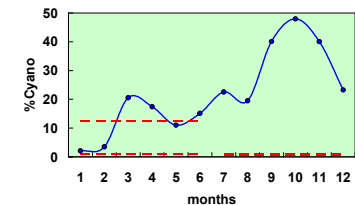
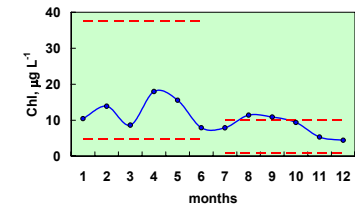
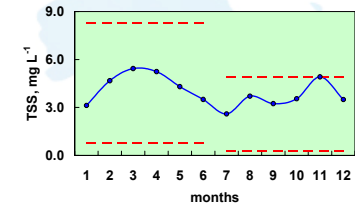
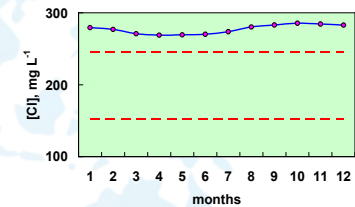


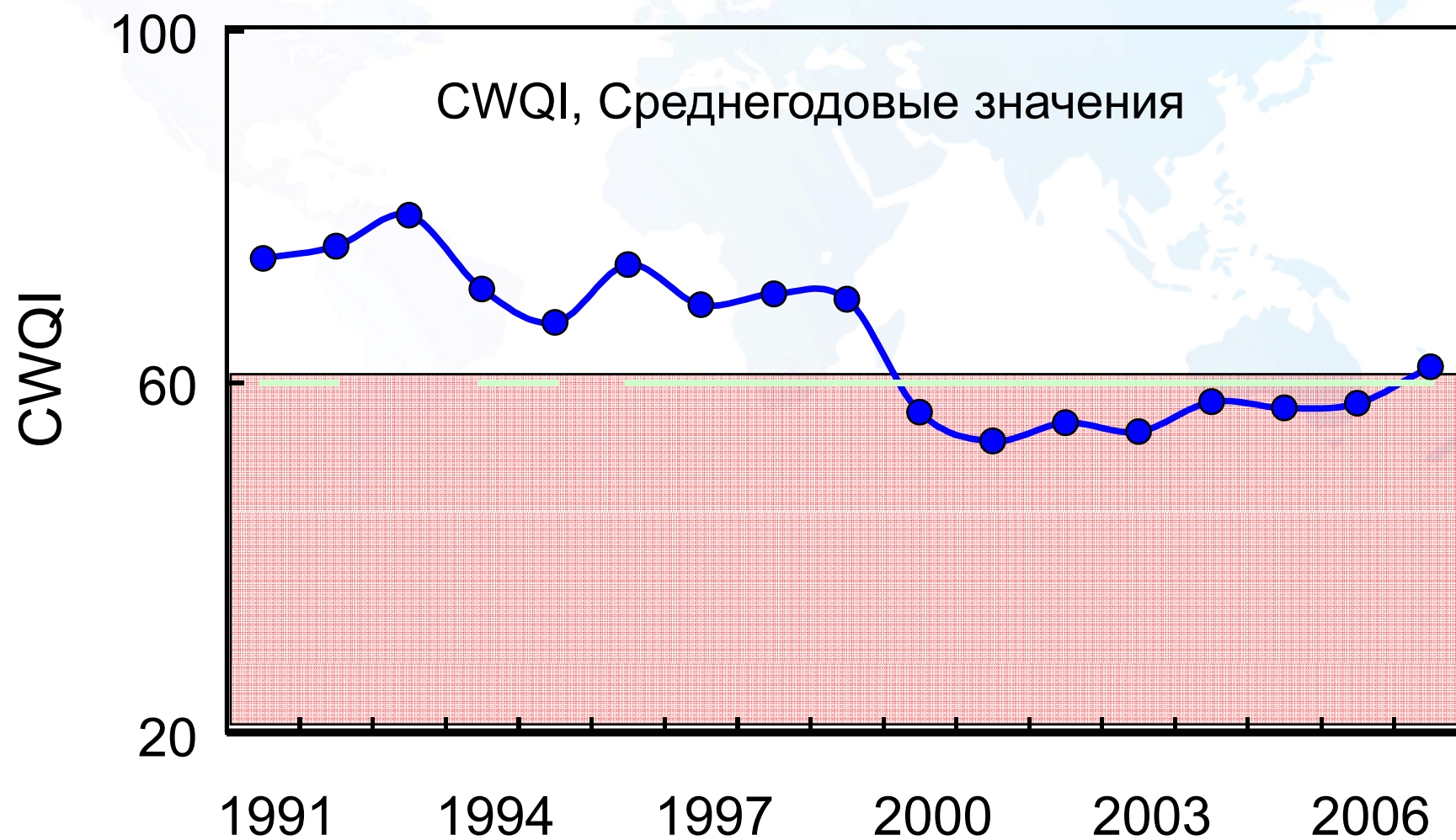
Cl

TSS

Chl

%Cyano





WRM

Оз. Киннерет (на основе данных мониторинга)

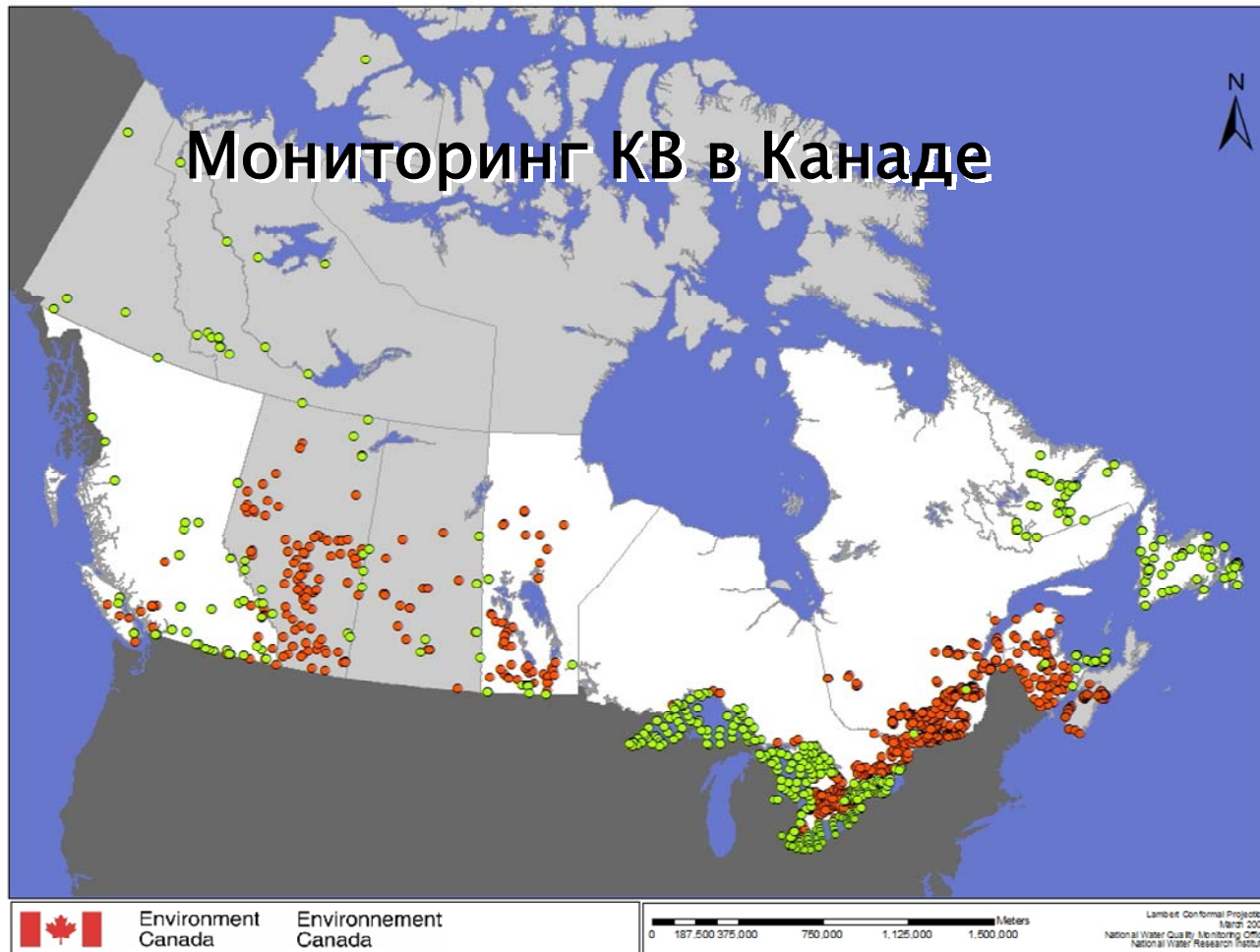
Time year	Management measures			Water Quality Indices (Ecological values)													Water Quality CWQI
	WatLev m	Nload g/m2/yr	Pload g/m2/yr	CI, mg/l	Tu NTU	TSS mg/l	TN mg/l	TP mg/l	TN/TP	PP, gC/m2/d	Chl.an.avg mg/m3	Chl. max mg/m3	Chl.spring max	%Cyano	Zoo mg/m2	Fcoli	
1990	-212.1	2.83	0.19	229.7	2.50	4.10	0.466	0.024	19.8	1.64	10.69	22.76	30.27	0.33	36.4	36.1	75.00
1991	-212.5	5.27	0.37	244.2	1.83	3.37	0.572	0.022	26.0	1.62	16.50	31.71	47.67	0.49	23.6	57.8	74.2
1992	-209.5	28.62	1.30	217.1	2.41	3.34	0.983	0.019	51.9	1.24	8.90	14.60	22.27	0.33	30.9	55.9	75.5
1993	-209.4	9.49	0.48	209.1	2.25	3.32	0.613	0.016	38.4	1.62	11.23	20.58	25.83	0.57	21.6	29.0	79.1
1994	-210.1	3.98	0.69	218.3	2.61	3.65	0.580	0.021	27.2	2.03	21.10	45.36	70.73	7.51	38.4	25.8	70.7
1995	-210.0	7.50	0.30	218.4	2.66	4.17	0.680	0.021	32.4	2.64	19.91	48.02	86.07	11.37	33.5	15.1	66.9
1996	-210.7	5.58	0.28	225.8	1.84	2.82	0.506	0.017	30.6	2.10	8.80	12.03	16.46	11.20	52.7	21.6	73.4
1997	-211.3	6.36	0.33	232.1	2.14	3.25	0.467	0.021	22.0	1.45	12.22	10.30	12.14	13.38	51.3	14.1	68.9
1998	-211.6	0.91	0.39	231.2	2.62	5.46	0.615	0.029	21.3	1.69	27.77	59.80	91.85	3.55	68.0	11.4	70.1
1999	-212.5	2.34	0.14	246.9	2.09	3.42	0.526	0.020	26.6	1.45	13.06	20.84	29.05	6.92	49.9	8.7	69.5
2000	-212.8	4.35	0.31	261.2	2.27	3.28	0.475	0.019	25.3	1.46	8.61	11.12	12.91	18.29	50.6	20.5	56.7
2001	-213.9	2.50	0.13	277.5	2.27	3.44	0.482	0.020	23.9	1.65	11.98	11.94	14.01	16.72	49.9	6.8	53.4
2002	-213.9	5.95	0.48	286.1	2.39	3.14	0.542	0.022	24.8	1.50	12.52	19.08	31.50	10.40	44.8	9.6	55.5
2003	-210.9	19.58	1.33	248.7	3.26	3.89	0.747	0.030	25.1	1.63	25.04	62.79	95.75	6.04	43.8	16.3	54.50
2004	-209.8	11.56	0.69	232.9	2.74	4.72	0.647	0.023	28.4	1.77	18.84	36.22	54.05	9.92	22.3	10.2	57.90

Управляющие воздействия ↔ {Уровень; Нагрузки}

Качество воды ↔ {WQI_k}, k = 1...10

CWQI

$$WQ = F(MM)$$

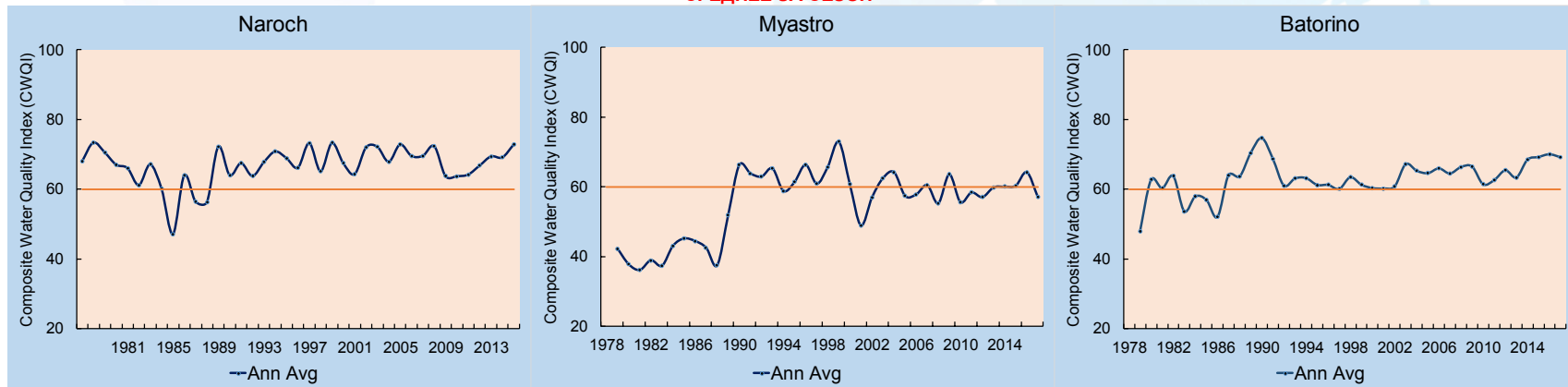


$$WQI = 100 - \frac{\sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}}{1.732}$$

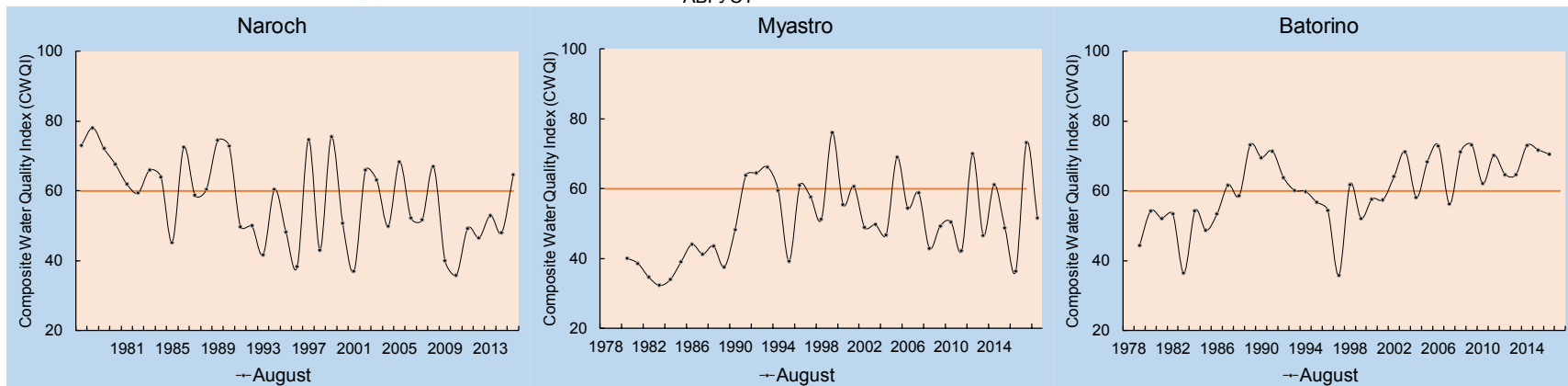
- F_1 – число переменных, не соответствующих стандартам;
- F_2 – число наблюдений несоответствия стандартам;
- F_3 - величина расхождений со стандартами

КАК и КТО устанавливает СТАНДАРТЫ?

СРЕДНЕЕ ЗА СЕЗОН



АВГУСТ



WRM

Оз. Киннерет (на основе данных мониторинга)

Time year	Management measures			Water Quality Indices (Ecological values)													Water Quality CWQI
	WatLev m	Nload g/m2/yr	Pload g/m2/yr	CI, mg/l	Tu NTU	TSS mg/l	TN mg/l	TP mg/l	TN/TP	PP, gC/m2/d	Chl.an.avg mg/m3	Chl. max mg/m3	Chl.spring max	%Cyano	Zoo mg/m2	Fcoli	
1990	-212.1	2.83	0.19	229.7	2.50	4.10	0.466	0.024	19.8	1.64	10.69	22.76	30.27	0.33	36.4	36.1	75.00
1991	-212.5	5.27	0.37	244.2	1.83	3.37	0.572	0.022	26.0	1.62	16.50	31.71	47.67	0.49	23.6	57.8	74.2
1992	-209.5	28.62	1.30	217.1	2.41	3.34	0.983	0.019	51.9	1.24	8.90	14.60	22.27	0.33	30.9	55.9	75.5
1993	-209.4	9.49	0.48	209.1	2.25	3.32	0.613	0.016	38.4	1.62	11.23	20.58	25.83	0.57	21.6	29.0	79.1
1994	-210.1	3.98	0.69	218.3	2.61	3.65	0.580	0.021	27.2	2.03	21.10	45.36	70.73	7.51	38.4	25.8	70.7
1995	-210.0	7.50	0.30	218.4	2.66	4.17	0.680	0.021	32.4	2.64	19.91	48.02	86.07	11.37	33.5	15.1	66.9
1996	-210.7	5.58	0.28	225.8	1.84	2.82	0.506	0.017	30.6	2.10	8.80	12.03	16.46	11.20	52.7	21.6	73.4
1997	-211.3	6.36	0.33	232.1	2.14	3.25	0.467	0.021	22.0	1.45	12.22	10.30	12.14	13.38	51.3	14.1	68.9
1998	-211.6	0.91	0.39	231.2	2.62	5.46	0.615	0.029	21.3	1.69	27.77	59.80	91.85	3.55	68.0	11.4	70.1
1999	-212.5	2.34	0.14	246.9	2.09	3.42	0.526	0.020	26.6	1.45	13.06	20.84	29.05	6.92	49.9	8.7	69.5
2000	-212.8	4.35	0.31	261.2	2.27	3.28	0.475	0.019	25.3	1.46	8.61	11.12	12.91	18.29	50.6	20.5	56.7
2001	-213.9	2.50	0.13	277.5	2.27	3.44	0.482	0.020	23.9	1.65	11.98	11.94	14.01	16.72	49.9	6.8	53.4
2002	-213.9	5.95	0.48	286.1	2.39	3.14	0.542	0.022	24.8	1.50	12.52	19.08	31.50	10.40	44.8	9.6	55.5
2003	-210.9	19.58	1.33	248.7	3.26	3.89	0.747	0.030	25.1	1.63	25.04	62.79	95.75	6.04	43.8	16.3	54.50
2004	-209.8	11.56	0.69	232.9	2.74	4.72	0.647	0.023	28.4	1.77	18.84	36.22	54.05	9.92	22.3	10.2	57.90

Управляющие воздействия ↔ {Уровень; Нагрузки}

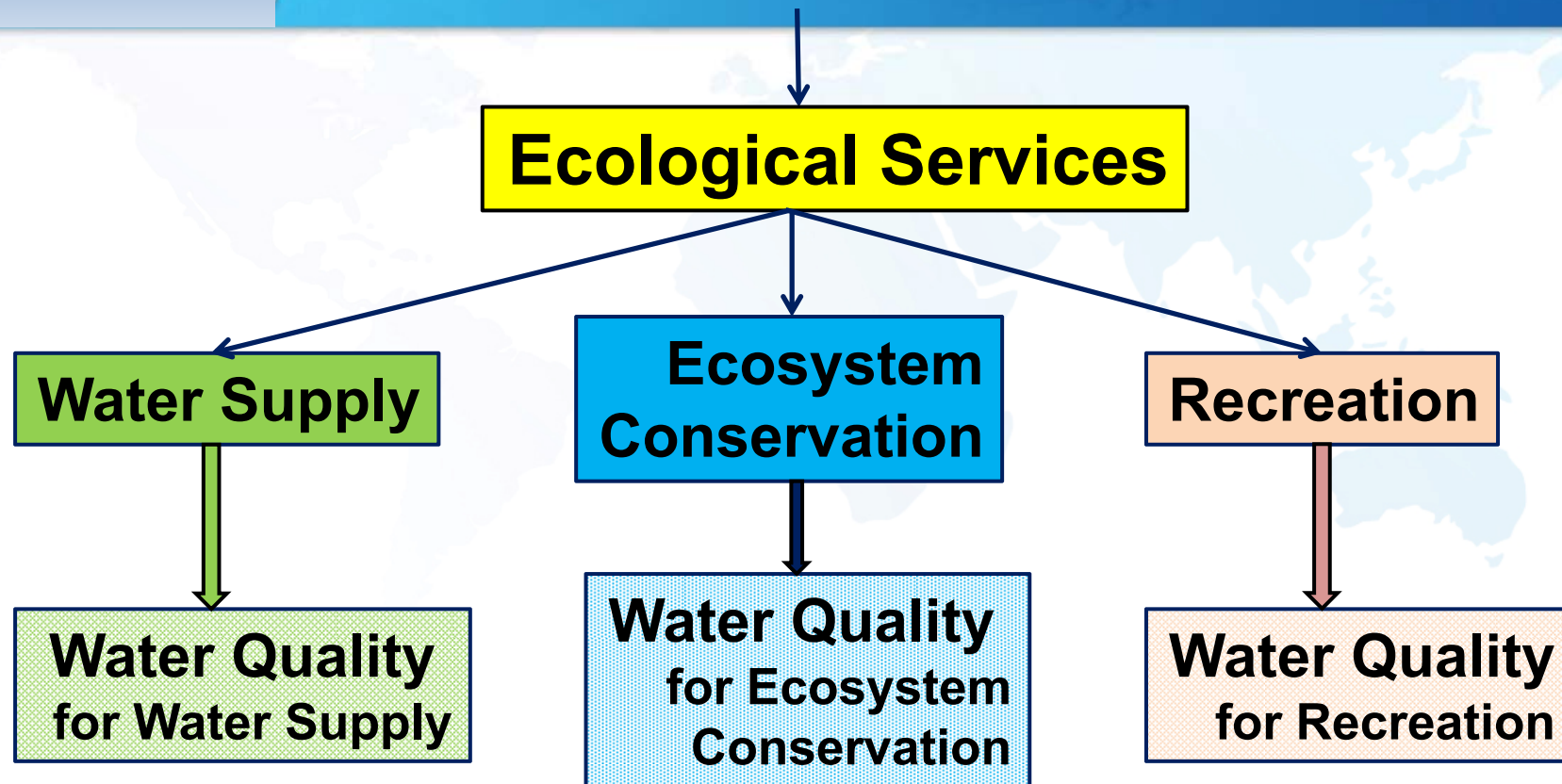
Качество воды ↔ {WQI_k}, k = 1...10

CWQI

$$WQ = F(MM)$$

WRM

Social-Ecological System



Objective of SUSTAINABLE MANAGEMENT: Conservation of Water Quality for several Ecological Services within established limits

