

**Количественное
описание
(квантификация)
Качества Воды**

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)

WRM

Качество Воды



Что означает
КАЧЕСТВО ВОДЫ?

WRM

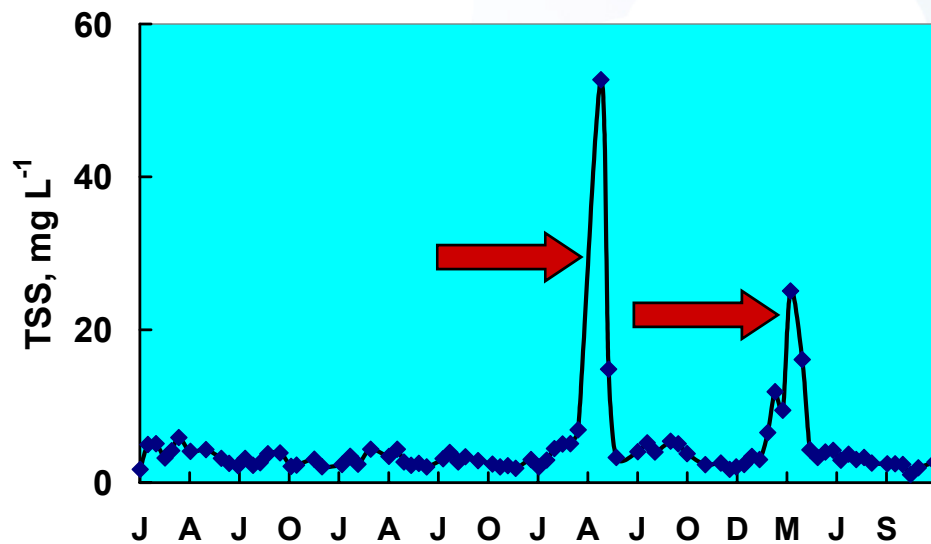
Качество Воды

Менеджер



Это «хорошо» или «плохо»?

TSS, 2001-2004



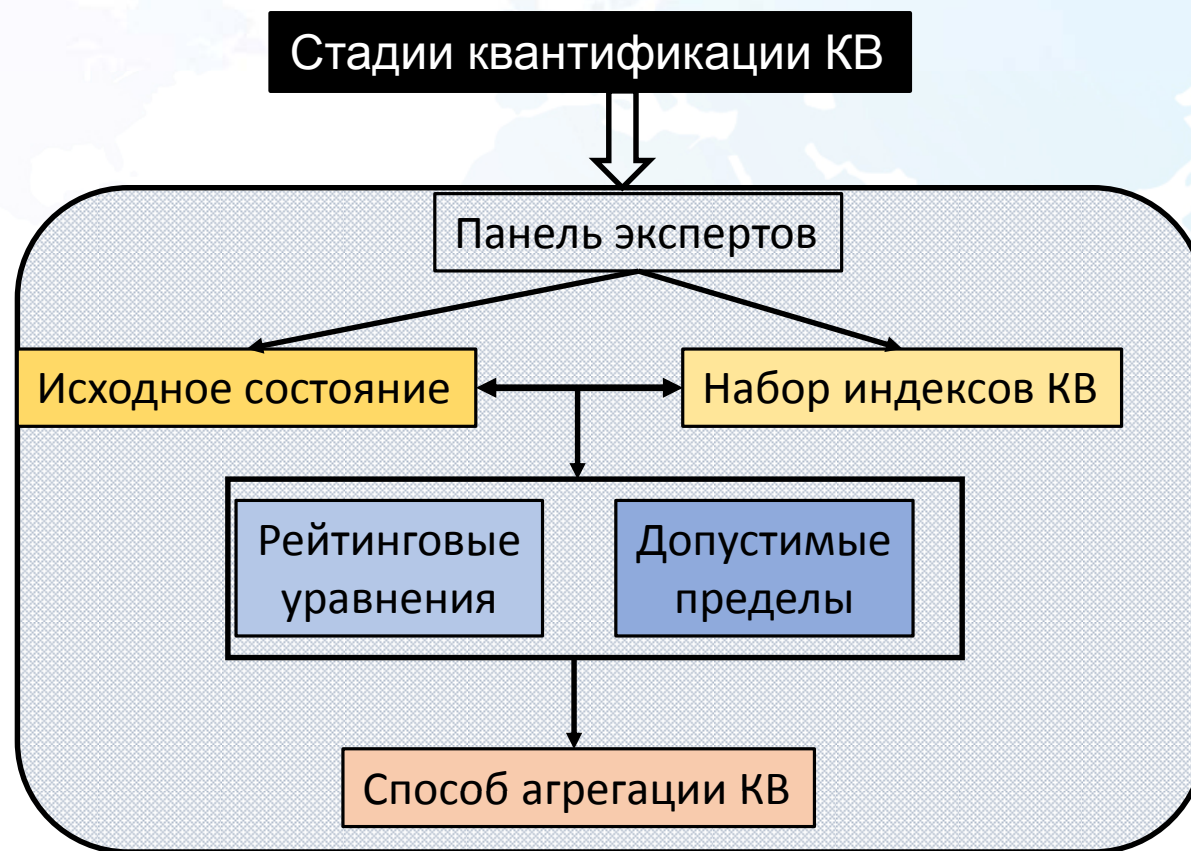
Др. А. Парпаров,
Лимнолог



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.

СТАДИИ КВАНТИФИКАЦИИ КАЧЕСТВА ВОДЫ



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. $R = f(WQI)$; *рейтинговая кривая*

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

R – Рейтинговое значение индекса

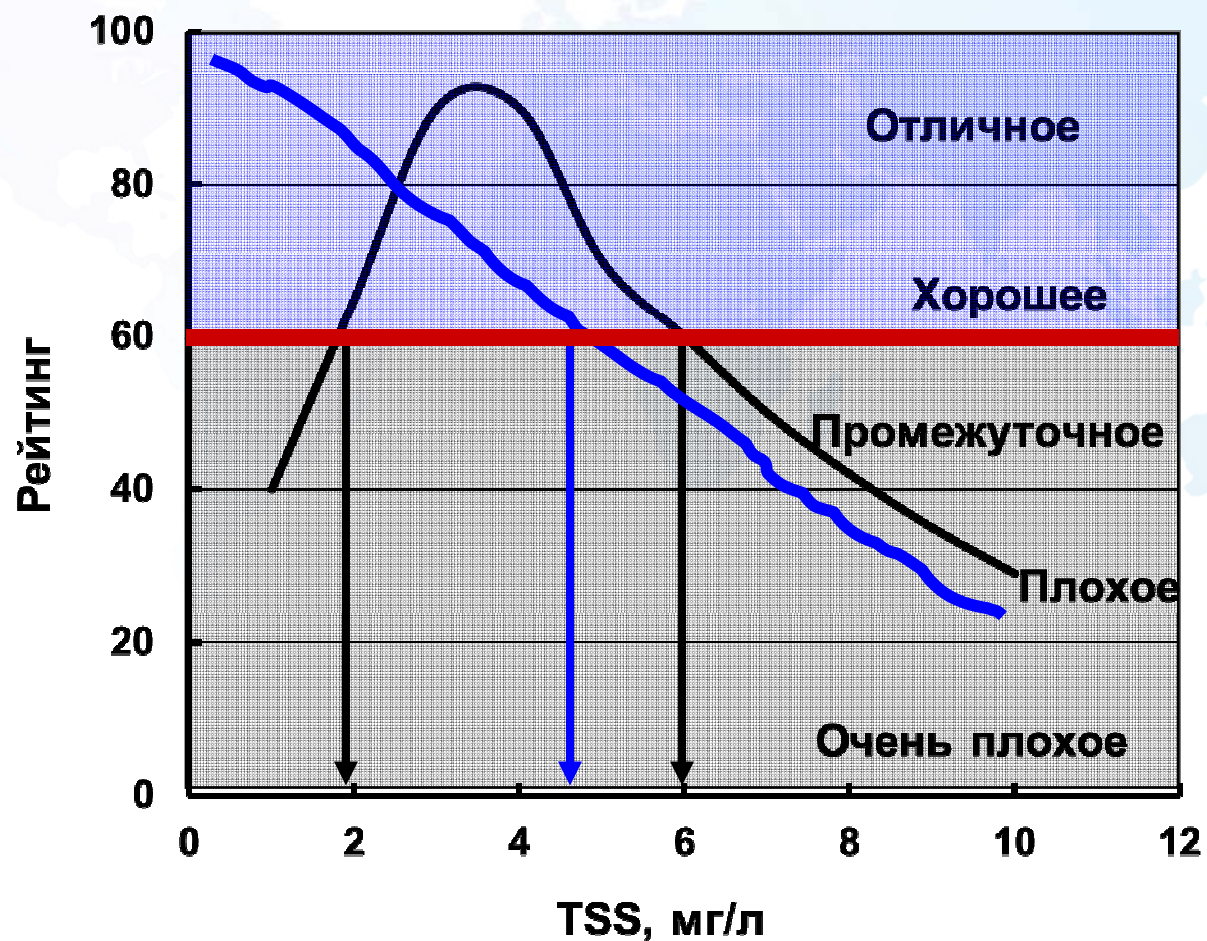
$$\{WQI_L < WQI < WQI_H\} \leftrightarrow 60 < R < 100$$

II. $\{WQI\} = F(EA)$

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

III. $R = V(EA)$

Начальный этап квантификации Качества Воды (Метод Дельфи)



TSS = 0

KB = ??

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	-	+

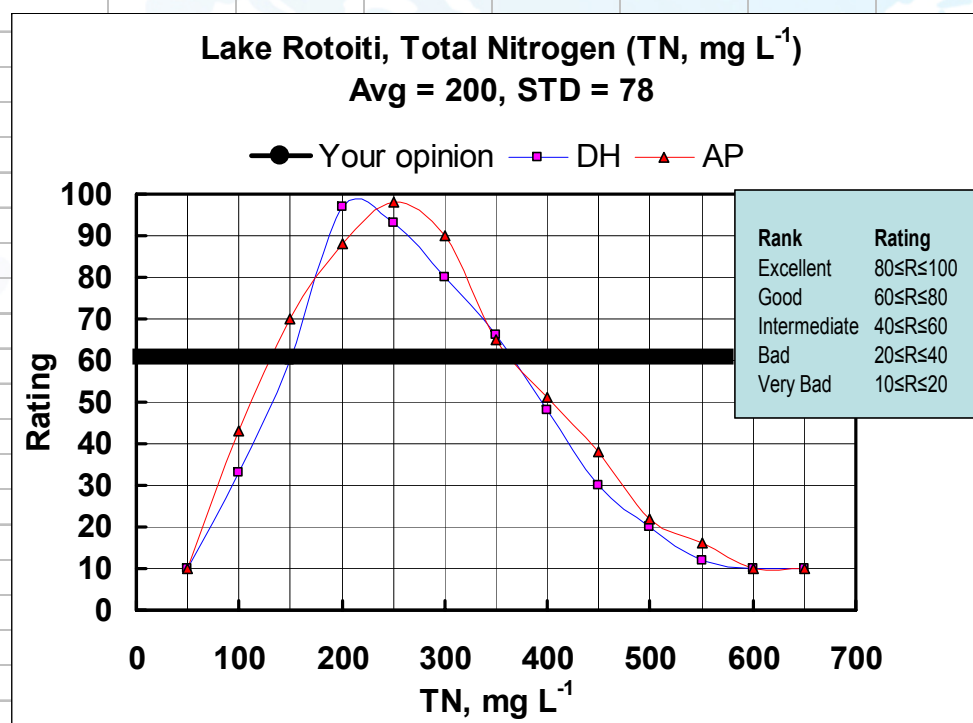
Построение рейтинговой кривой (Метод Дельфи)

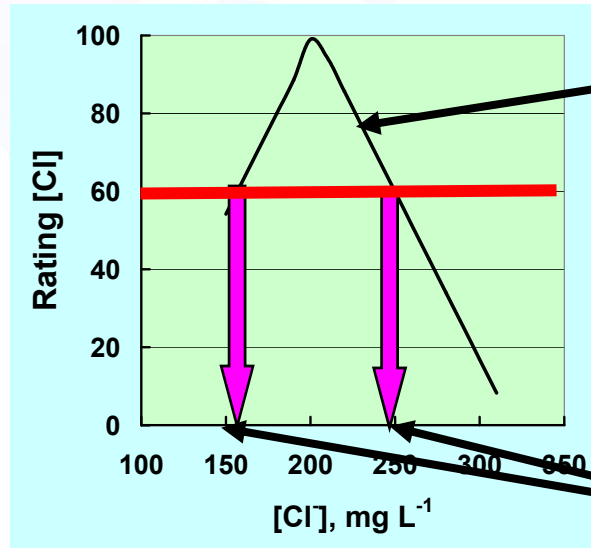
Lake Rotoiti, Total Nitrogen (TN, mg/l)

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
650	10.0	10.0





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

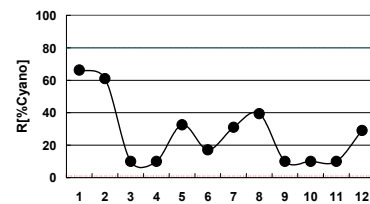
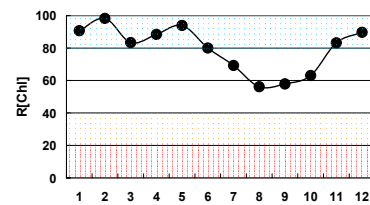
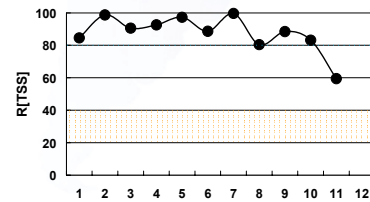
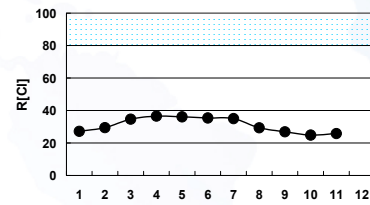
Общий язык управления

Мониторинг Качества Воды

Выход экологической модели

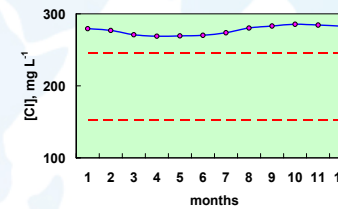
Мониторинг Качества воды и Экологический Мониторинг

Мониторинг Качества Воды

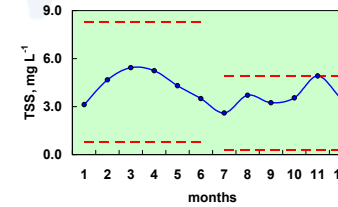


Экологический мониторинг

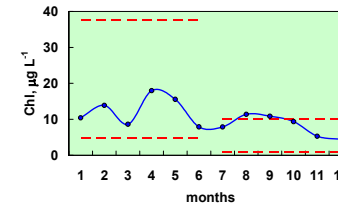
Cl



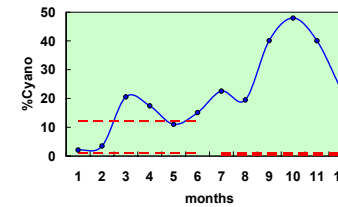
TSS

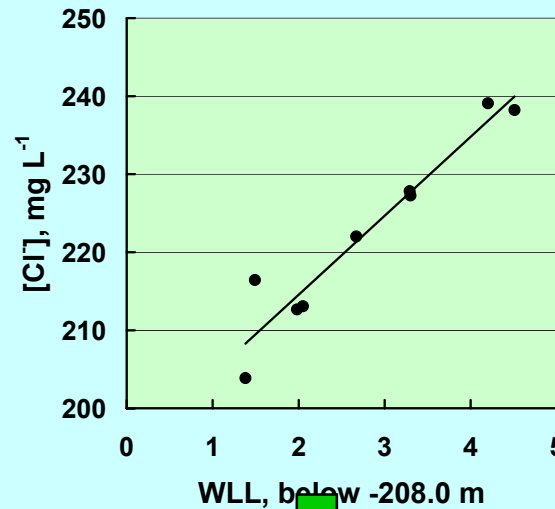
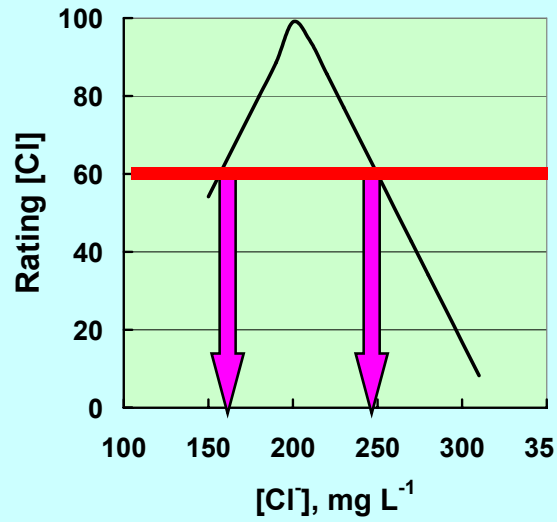


Chl



%Cyano





*Панель экспертов
(Метод Дельфи)*

*Модель
Лимнологические исследования*

$$R = f[Cl]$$

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

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

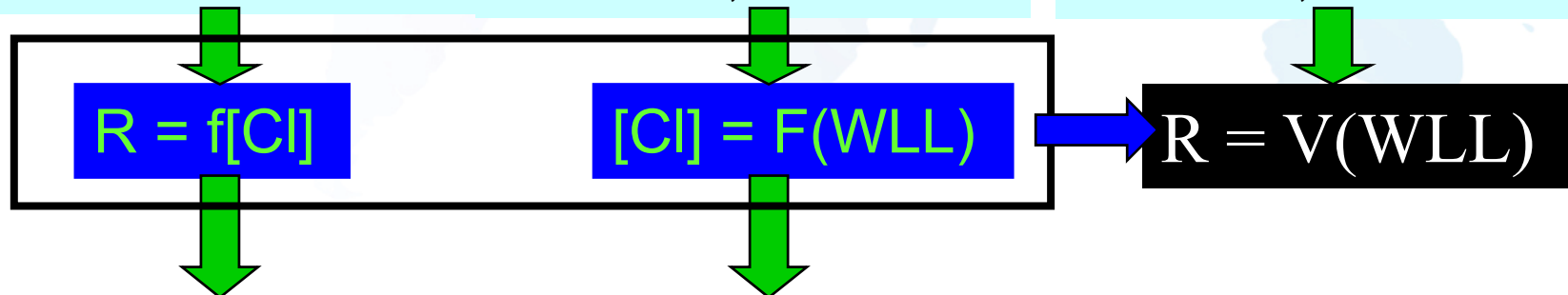
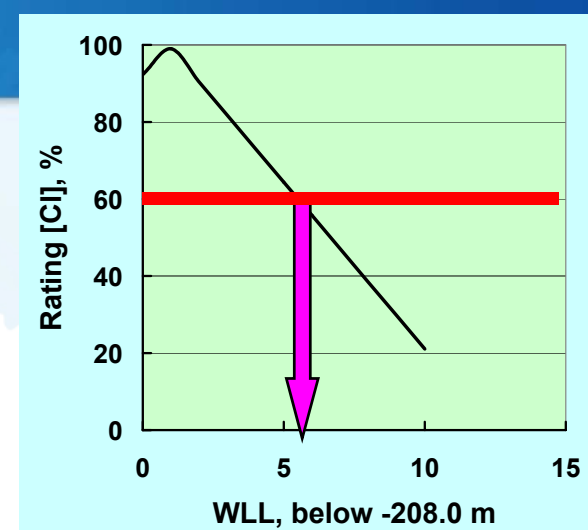
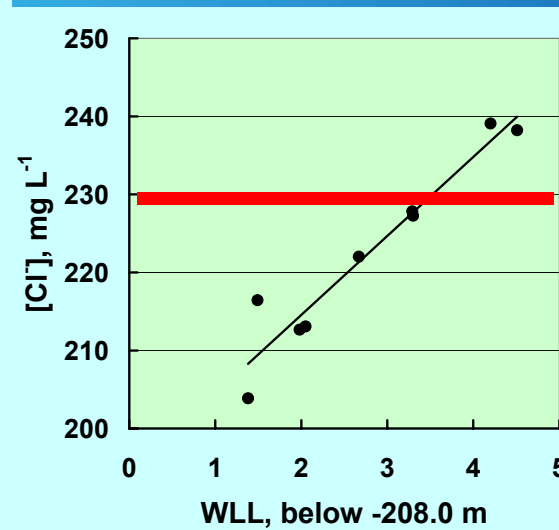
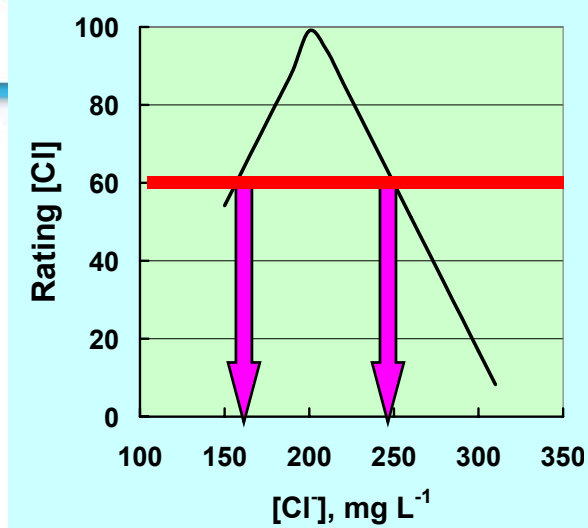
Управляющие воздействия ↔ {Уровень; Нагрузки}

Качество воды ↔ {WQI_k}, k = 1...10

CWQI

$$WQ = F(MM)$$

Иллюстративный пример

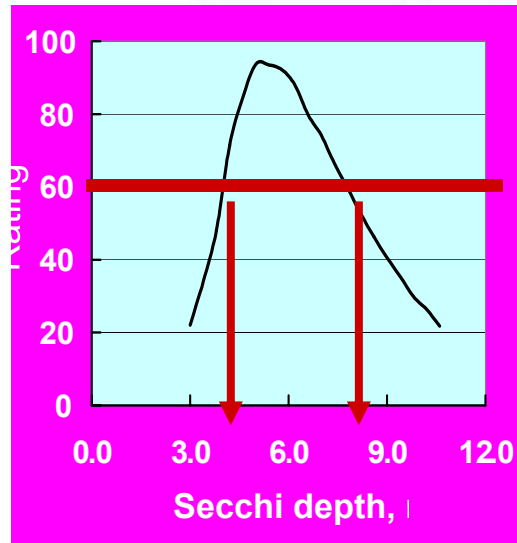


Панель экспертов
(Метод Дельфи)

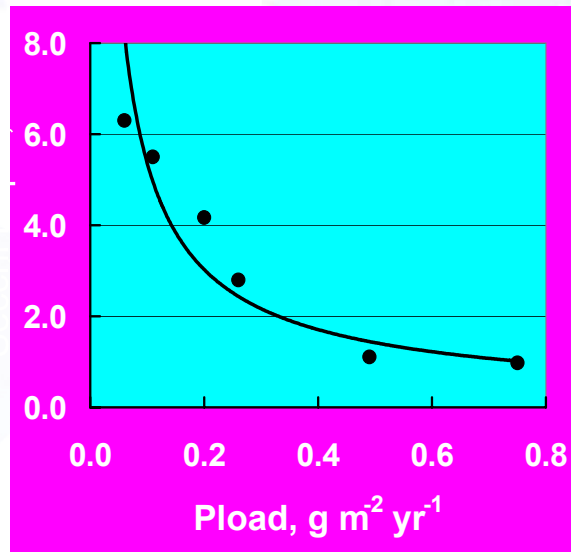
Модель
Лимнологические
исследования

WRM

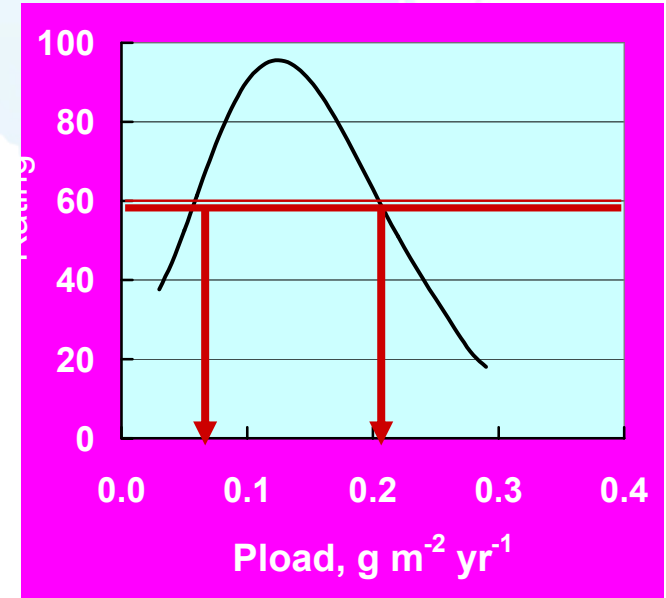
Квантификация Качества воды: Прозрачность (Секки) в Нарочанских озерах (Беларусь)



$$R = f(S)$$



$$S = F(Pload)$$

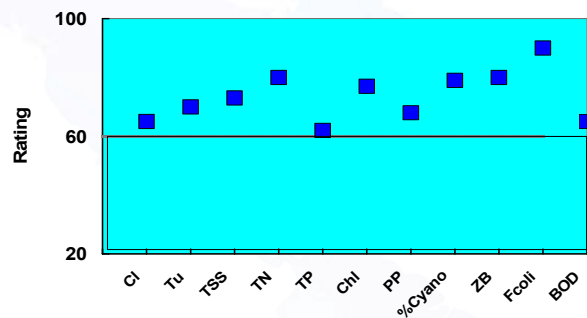


$$R = V(Pload)$$

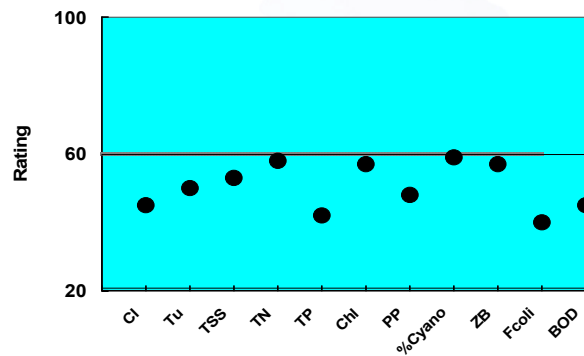
Как выразить КВ одним числом
(Агрегированный, Комплексный индекс КВ)?

WRM

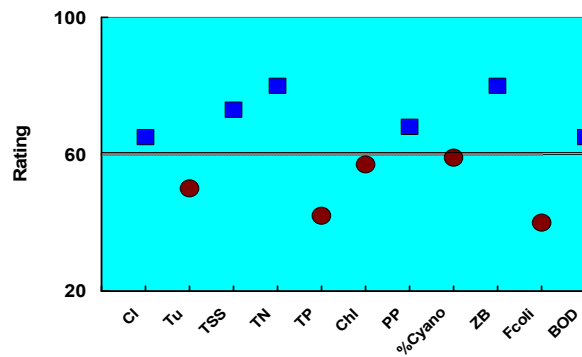
Проблема АГРЕГАЦИИ Качества Воды (КВ)



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 $R_i = R_j$, $CWQI = R_i$

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

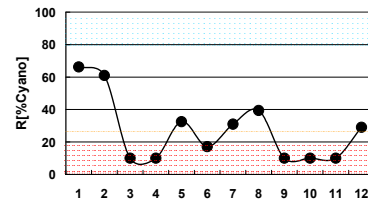
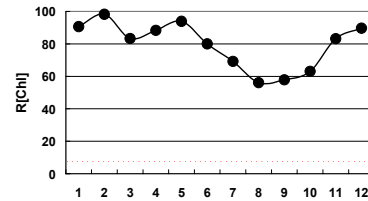
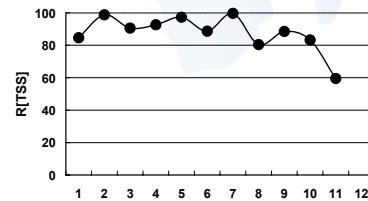
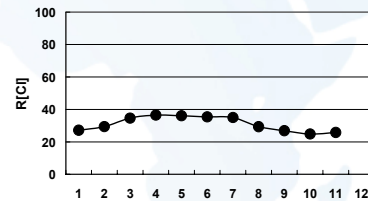
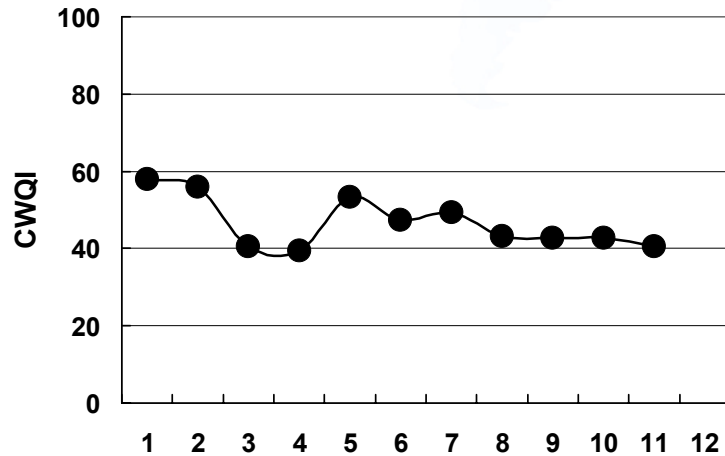
4. If $R_i < 60$, and $60 < R_j < 100$, then $w_i > w_j$
переменный относительный вес

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

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

Monitoring of Water Quality

Ecological monitoring

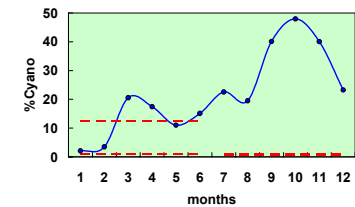
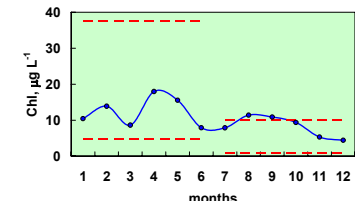
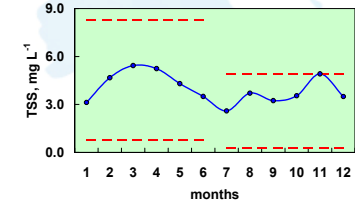
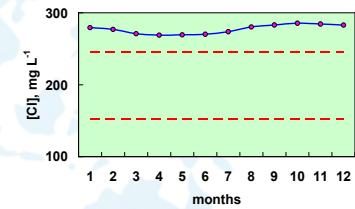


Cl

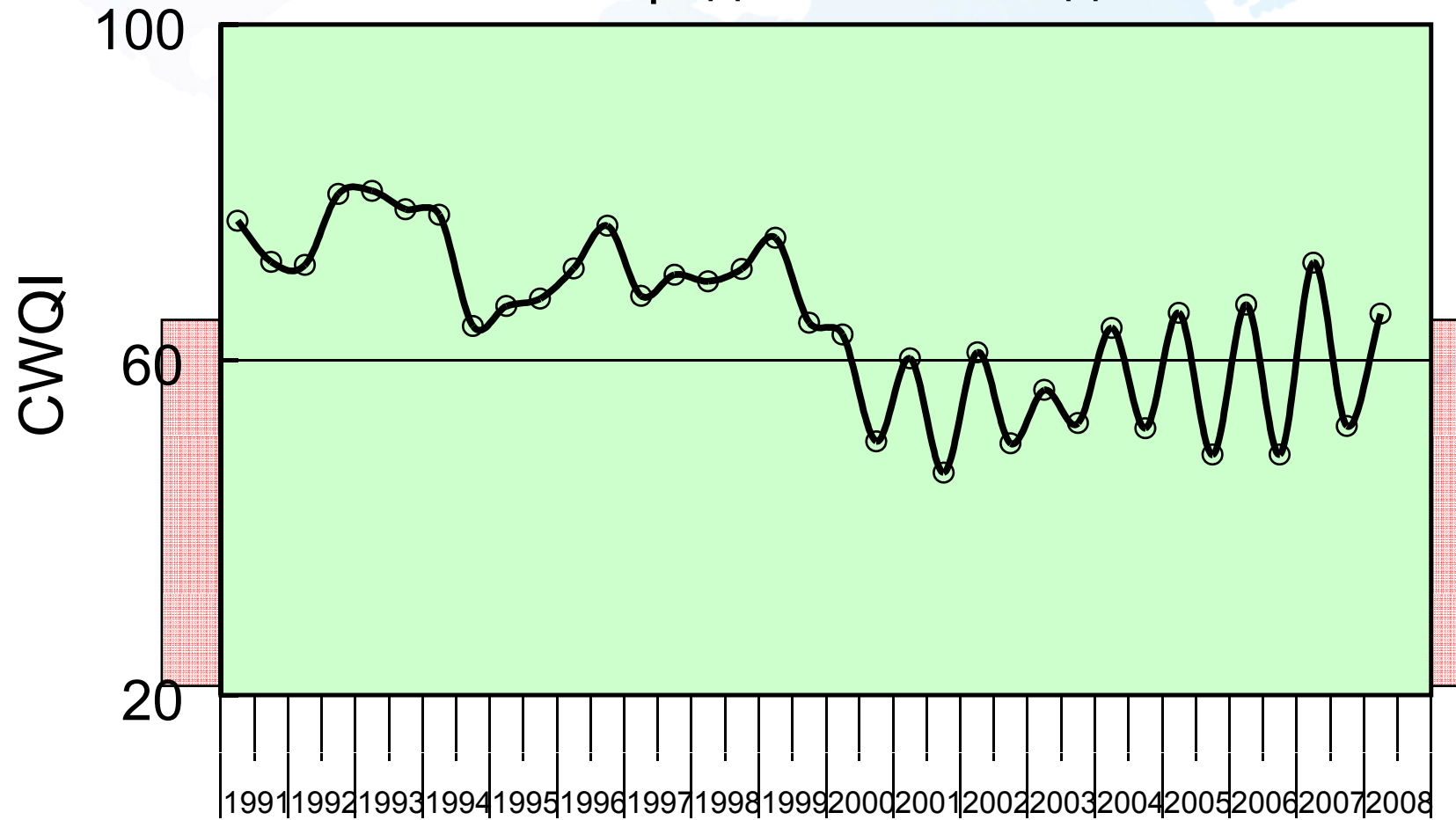
TSS

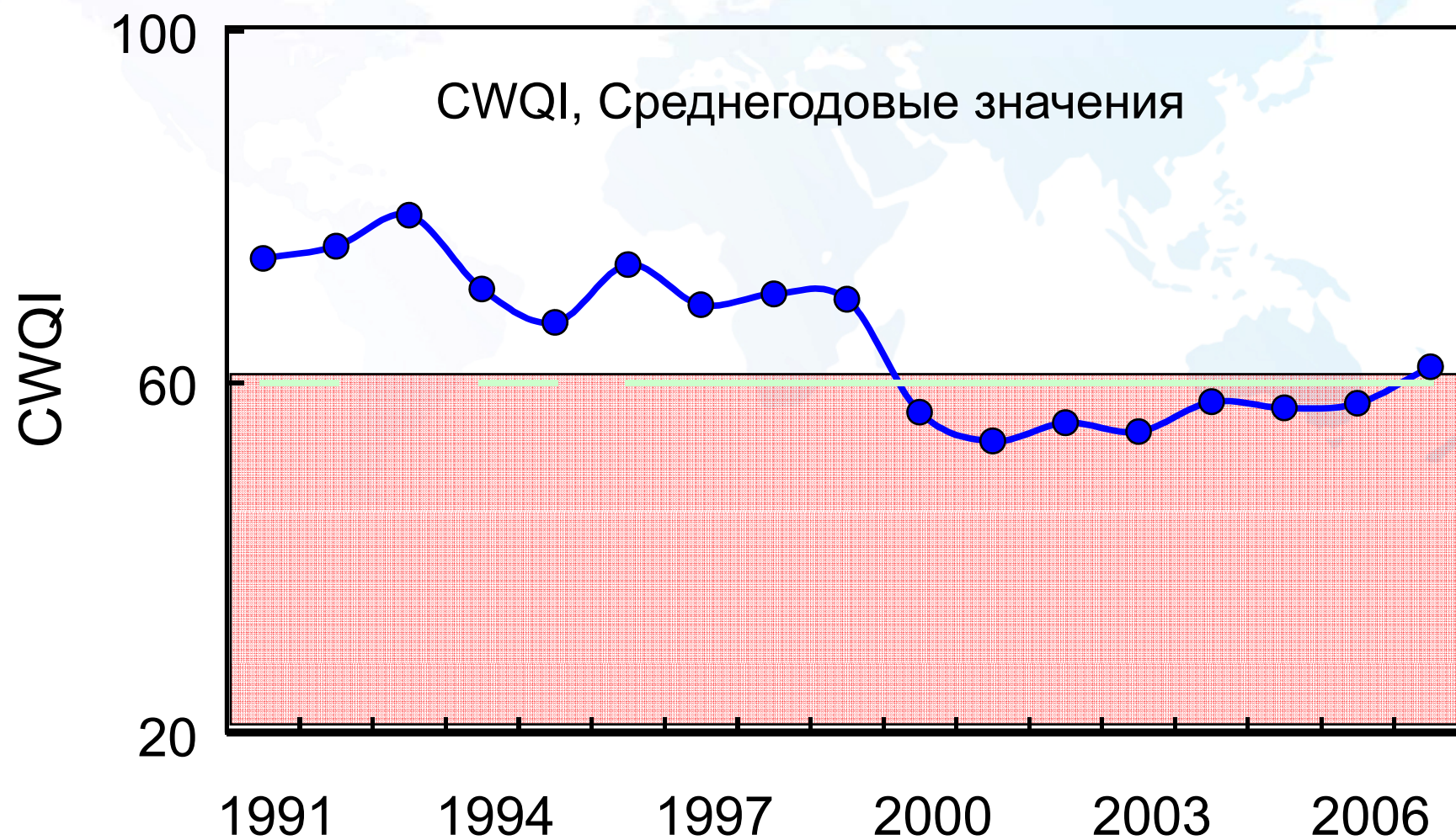
Chl

%Cyano



Комплексное Качество Воды, CWQI, Среднее за полгода





Землепользование
и геология

Биогенные
нагрузки

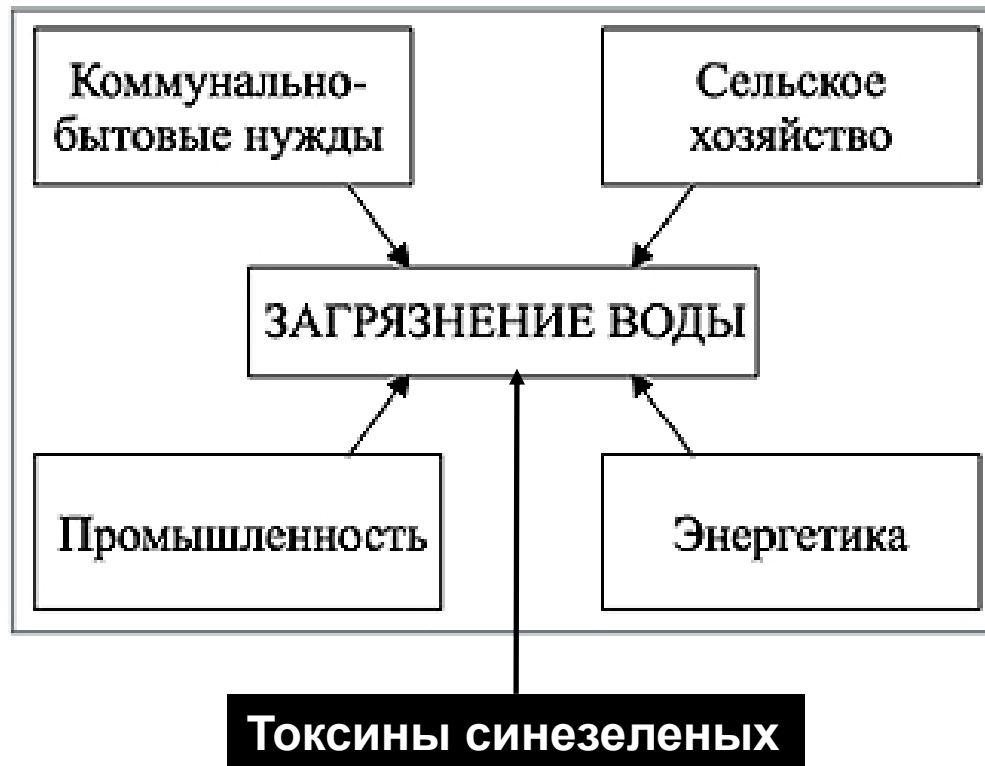
Концентрация
биогенов в озере

Интенсификация роста водорослей
и/или макрофитов

Изменения структуры
планктона, дефицит O_2
и т. д.

Модуль 2. Качество воды. Загрязнение

Заболевания, имеющие водное происхождение, являются величайшей причиной человеческих болезней и смертей.



Модуль 2. Качество Воды. Нормативные документы

Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования

Гигиенические нормативы

ГН 2.1.5.1315-03

Минздрав России, Москва

Дата введения 15 июня 2003 г

1356 веществ, 4 класса опасности (таллий – 1; цианиды – 2)

Maximum Acceptable Concentration (MAC): Максимально Допустимая Концентрация; превышение этой концентрации содержит риск для здоровья человека

Threshold Limit Values (TLV): Предельное Пороговое Значение; контакт с концентрацией, превышающей TLV, в течение некоторого времени содержит риск для здоровья

WHO/SDE/WSH/03.04/57

English only

Цианобактериальные токсины: Microcystin-LR в питьевой воде

Background document for development of
WHO *Guidelines for Drinking-water Quality*

Следующие синезеленые продуцируют токсины:
Microcystis, Anabaena, Oscillatoria, Nodularia, Nostoc, Cylindrospermopsis,
and *Umezakia*

Допустимая концентрация микротоксина
в воде <1 мг/л

EU Water Framework Directive (WFD)

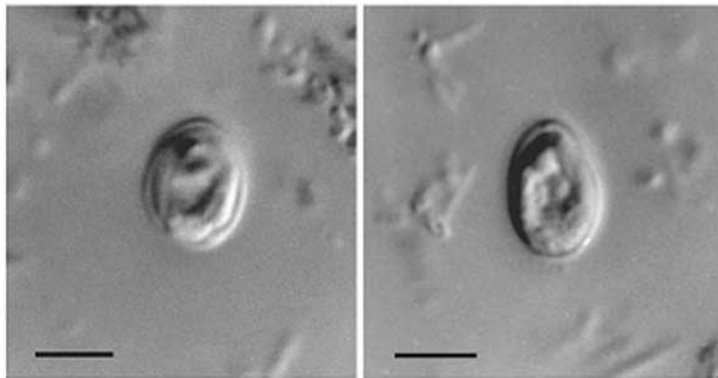
United States Office of Water EPA-822-B00-001 Environmental
Protection Office of Science and Technology April 2000
Agency Washington, DC 20460 www.epa.gov

Nutrient Criteria Technical Guidance Manual
Lakes and Reservoirs
First Edition

Параметры, используемые для оценки загрязнения воды

Параметры		Экосистемы	Питьевая вода
ЗАГРЯЗНЕНИЯ			
Токсины синезеленых	Микроцистины	+	+
Тяжелые металлы	Ртуть Свинец Кадмий Медь Таллий	+	+
Органические вещ-ва	Нефтепродукты, фенолы	+	+
	Пестициды	+	+
Патогенные микроорганизмы	Энтеровирусы Fecal Coli Esherichia coli Джиардия Криптоспоридиум	-	+ + + + +

Патогенные организмы	Водоемы		Питьевая вода
	Отличное КВ	Хорошее КВ	
<i>Enterococchi</i>	<200 на 100 мл	<400 на 100 мл	0 на 100 мл
<i>E. coli</i>	<500 на 100 мл	<1000 на 100 мл	0 на 100 мл



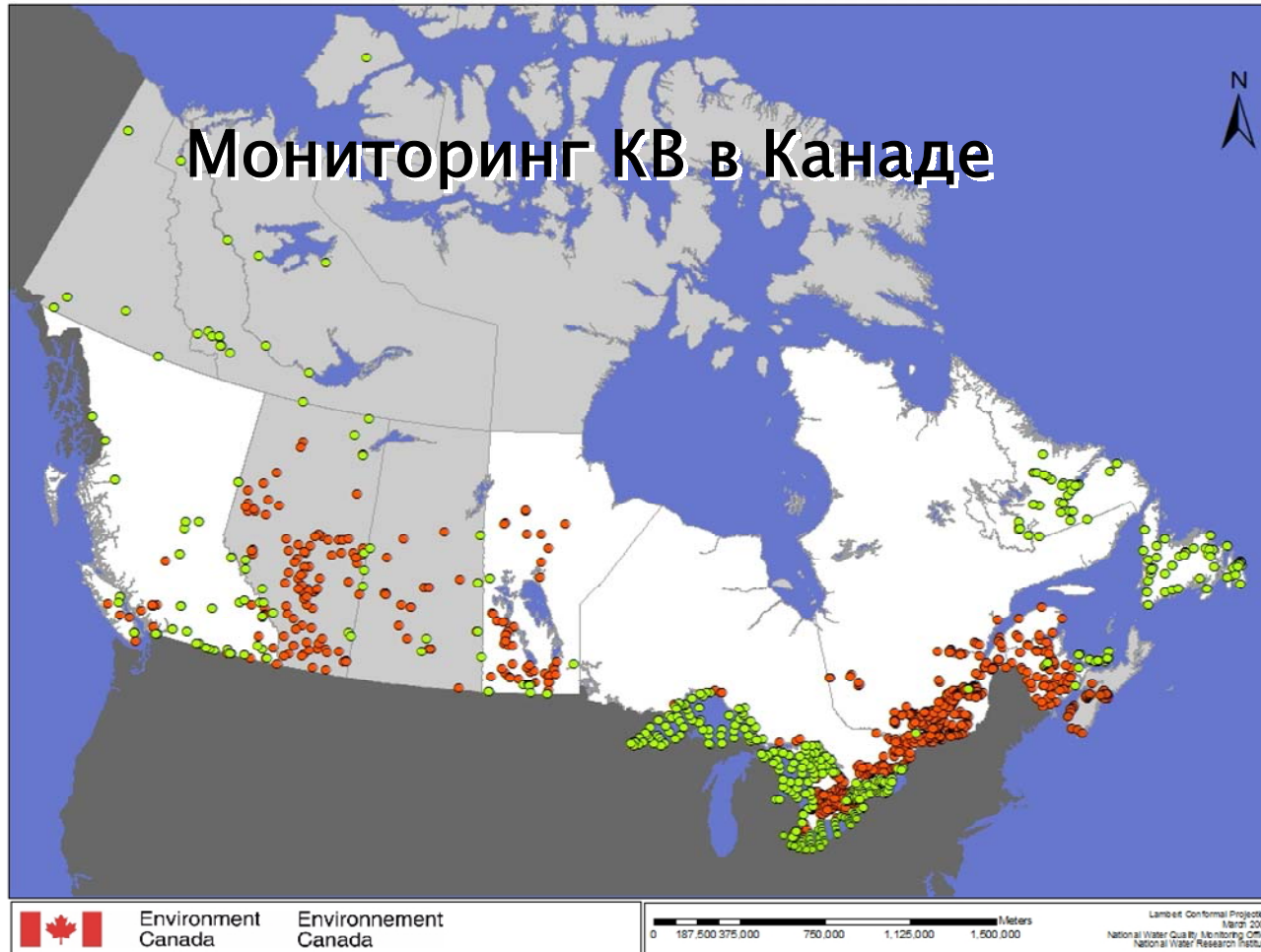
Cryptosporidium



Джiardия



Escherichia coli



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

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

Качество воды	Индекс
Отличное	95-100
Хорошее	80-94
Приемлемое	65-79
Предельно допустимое	45-64
Плохое	0-44