A detailed illustration of a crayfish, shown from a top-down perspective, swimming in clear blue water. The crayfish's segmented body is rendered in shades of brown and orange, with fine lines indicating its texture. Its long antennae and legs are visible, extending into the water. The background shows some green aquatic plants and light filtering through the water.

# Качество ВОДЫ

*физико-химическое  
состояние воды*

Дистиллированная вода содержит только молекулы воды и не поддерживает жизнь. В природной воде растворены или перемешаны вещества из воздуха, почвы и горных пород. Эти вещества превращают воду в подходящую среду для водных организмов от цианобактерий (лат. *Cyanobacteria*, или синезелёные водоросли, или цианеи) до белухи (лат. *Delphinapterus leucas*). Важными для живой природы характеристиками качества воды являются цвет и мутность воды, содержание кислорода, биогенных веществ в воде (таких как азот, фосфор), электропроводность воды, кислотность или щёлочность (рН), а также концентрации вредных веществ в воде (таких как ртуть и диоксины).

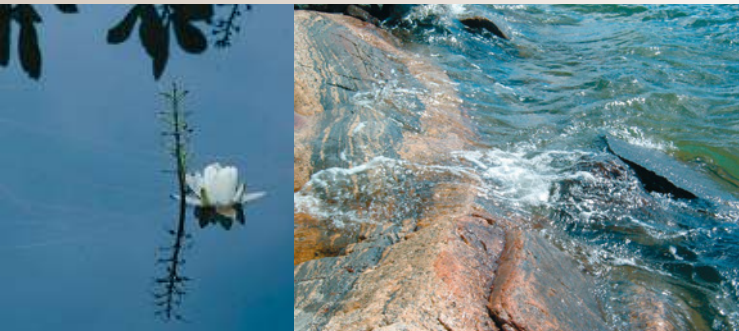
Продуктивность первичной продукции водной экосистемы, или рост зелёных водных растений, водорослей и цианобактерий, ограничивается нехваткой тепла, света или некоторых питательных веществ, чаще всего азота, фосфора или углерода. Нормальная ситуация в природных водах – это когда есть недостаток какого-либо фактора роста. Обычно поочерёдно прекращается действие хотя бы одного из факторов. Летом в водной экосистеме часто бывает недостаток фосфора. Если света, тепла и питательных веществ в воде более чем достаточно, то водоросли разрастаются быстро, а сине-зелёные водоросли – достаточно бурно.



## Температурная стратификация

Измерение температуры воды всегда выполняется во время отбора проб. Измеренные значения температуры используются для определения состояния стратификации (температурного расслоения) воды в озёрах, что является важной информацией для интерпретации значений и других измеренных показателей, а также, расчёта степени насыщения воды кислородом.

В финских озёрах наблюдается два периода полной циркуляции воды (перемешивания всех слоёв): весенний цикл и осенний цикл. Во время такого периода отсутствует температурная стратификация воды и в целом вода более однородна по свойствам. Состояние насыщения кислородом воды также обычно хорошее (степень насыщения 80 - 90%).



Яанне Лааксонен и Лейла Пихлайяниemi (Janne Laaksonen, Leila Pihlajaniemi)

## Проникновение света в воду: цвет воды, мутность и прозрачность воды

Чистая вода прозрачна и отражает голубизну неба. Ингредиенты в воде придают воде разные оттенки. Глинистая вода серого или желтовато-коричневого цвета, содержащая гумус и/или железо вода - коричневая, а вода, окрашенная водорослями, обычно зеленоватая. В Финляндии цвет воды в основном указывает на содержание в ней гумуса. Чем больше болот на водосборе, тем вода коричневатее. Из-за сильного дождя цвет воды может быть более интенсивным. Летом окраска воды обычно уменьшается, т.к. ультрафиолетовое излучение солнца воздействует на гумус.

Под прозрачностью воды или глубиной видимости в воде понимается глубина, на которой круглая белая пластина диаметром 20 см (так называемый диск Секки) становится невидима. На глубину видимости существенно влияет мутность воды. Речные воды, как правило, значительно более мутные, чем воды озёр, потому что эрозия грунта (вымывание почвы) интенсивная, а седиментация (осаждение на дно водоёма) низкая.

Во время весеннего половодья реки на побережьях морей и озёр очень мутные. Кроме того, мутность речных вод сильно варьируется в зависимости от осадков.

Водоёмы с высоким содержанием биогенных веществ становятся мутными в результате обильного роста водорослей.

Фотосинтез водорослей может происходить только в освещённом слое воды, то есть на такой глубине, на которую проникает солнечный свет. Помимо угла падения света, на проникновение света в воду влияют цвет и мутность воды (например, мутность воды, связанная с глиной, гумусом, водорослями). В озёрах с прозрачной водой достаточно света, чтобы процесс фотосинтеза протекал в слое воды, равном 2-м значениям глубины видимости. В озёрах с темно-бурой водой продуктивный слой воды равен глубине видимости.

## Оценка мутности

Наберите воду в бесцветную прозрачную бутылку и рассмотрите её на светлом фоне при хорошем освещении. Оцените мутность по шкале: совсем нет, слабая, явно есть, интенсивная.

## Глубина видимости

Под глубиной видимости воды понимается глубина, на которой круглая белая пластина диаметром 20 см (диск Секки) становится невидимой.

Глубина видимости в воде:

- сильно мутное озеро с планктоном 0,2 - 0,3 метра,
- гумусовое озеро 0,8 - 1,5 метра,
- большие проточные озёра 3 - 7 метров,
- чистые озёра 10 - 15 метров.

В сильно закисленных озёрах глубина видимости в воде увеличивается, потому что количество планктона невелико и гумус оседает на дно.

## Цвет воды

Определение на месте: погрузите белую пластину (диск Секки) в воду на глубину одного метра и оцените цвет воды по шкале: голубой, зелёный, янтарный, жёлто-коричневый, темно-коричневый.

Определение в классе: если видимость в воде меньше метра или обследуются ручьи и малые реки, тогда проба воды набирается в ёмкость и оставляется на ночь. Налейте 1дл воды в мерный стакан, следя за тем, чтобы не попал осадок. Поставьте мерный стакан на белую бумагу.

Оцените цвет воды, глядя прямо сверху.





## Концентрация кислорода и степень насыщения кислородом

Значительная концентрация кислорода в водных углублениях свидетельствует о хорошем состоянии водоёма. Кислородный баланс воды поддерживается кислородом, поступающим из атмосферы в воду в процессе растворения, а также в процессе контактирования с водой и дыхания водных организмов. Растворимость кислорода в воде зависит от температуры, поэтому в холодной воде растворяется больше кислорода, чем в теплой.

Зимой при температуре воды 0,5-1,0°C нормальное содержание кислорода в поверхностных водах составляет 12-13 мгО<sub>2</sub>/л. При этом степень насыщения кислородом составляет 80-90%. Летом соответственно при температуре 18-20 °С нормальное содержание кислорода составляет 8-9 мгО<sub>2</sub>/л. При этом степень насыщения кислородом также составляет 80-90%. Поэтому при сравнении концентраций кислорода следует также обращать внимание на степень насыщения кислородом.

В водной экосистеме кислород потребляется в процессе разложения организмов и прохождения химических реакций. Когда водоём стратифицирован по температуре, грунтовые воды не получают восполнения кислородом из атмосферы. Концентрация кислорода в воде меньше в марте и августе в конце периодов температурной стратификации. Таким образом, это время лучше всего подходит для изучения ситуации насыщения воды кислородом. Поэтому необходимо учитывать время отбора проб при сравнении результатов измерения уровня насыщения кислородом.

Точно уровень содержания кислорода определяется титрованием. Здесь был выбран более простой метод, основанный на цвете осадка.

## Определение содержания кислорода по осадку

1. Наберите воду, например, ведром. Наполните три бутылки проб воды (колбы) из этого ведра, опустив их ниже уровня воды. Помните, что пробы воды не должны контактировать с воздухом.
2. Сразу же добавьте пипеткой 1 мл раствора хлорида марганца и 1 мл щелочного раствора йода в бутылочки с водой так, чтобы кончик пипетки находился под водой.
3. Закройте бутылочки с пробами воды пробками так, чтобы под пробками не оставались пузырьки воздуха.
4. Повертите колбу с образцом в течение некоторого времени и дайте осадку образоваться в течение примерно 10 минут.

Классификация проб (анализ осадка):

- Белый осадок -> очень мало кислорода
- Осадок цвета слоновой кости -> 2 - 3 мг/л кислорода
- Осадок светло-шоколадно-коричневого цвета -> 4-7 мг/л
- Темно-ржаво-коричневый осадок -> 8 - 14 мг/л кислорода

## Биогенные вещества

Фосфор обычно является ограничивающим фактором по минимальной концентрации для основной продукции водной экосистемы, то есть первым истощаемым питательным веществом используемым водорослями. Поэтому содержание фосфора (мкг/л) важно для оценки эвтрофикации воды.

В естественных не обогащённых микроэлементами водах концентрация общего фосфора составляет менее 10 мкгР/л. В водоёмах с небольшим содержанием гуминовых веществ уровень концентрации фосфора несколько выше 10-15 мкгР/л. Фосфор распределен вертикально по водному столбу, так что поверхностная вода обычно имеет более низкий уровень концентрации, чем на дне, поскольку оседающее вещество переносит фосфор в нижние слои воды. В здоровом озере, где нет проблем с кислородом в придонных водах, фосфор удерживается в донном иле, но уровень его концентрации в придонных водах не повышается очень сильно. Если кислорода на глубине будет в недостаточном количестве, то концентрация фосфора в придонных водах резко возрастет. Концентрации могут быть до десяти раз выше, чем в поверхностных водах.

Фосфатный фосфор является основным фосфорным соединением, используемым водорослями. Фосфатный фосфор означает растворенный неорганический фосфор. Его концентрация очень низка в течение летнего сезона, потому что водоросли потребляют весь доступный фосфор.







Janne Laaksonen

Общий азот (N мкг/л) включает все формы азота, такие как органический азот и неорганические формы азота.

Концентрации нитратов ( $\text{NO}_3\text{-N}$  мкг/л), нитритов ( $\text{NO}_2\text{-N}$  мкг/л) и аммония ( $\text{NH}_4\text{-N}$  мкг/л) можно измерить отдельно. Азот попадает в водные объекты вместе со сточными, ливневыми и дождевыми водами. Размер водосборного бассейна также увеличивает азотную нагрузку.

Нитратный азот из очистных сооружений и полей является значительным эвтрофом, поскольку водоросли используют нитратный азот. Снижение его концентрации - это признак активного размножения водорослей. Если фосфора достаточно, но нитратный азот истощается в воде, синезеленые водоросли могут стать преобладающими. Синезеленые водоросли также способны потреблять азот из растворенного в воде газообразного азота.

Нитрит не является стабильным соединением, поэтому его концентрации обычно очень низкие (1-10 мкг $\text{NO}_2\text{-N}$ /л). Нитриты, как правило, не подлежат анализу.

В природных водах аммиачный азот обычно низкий, за исключением сточных вод торфяных болот (100 - 300 мкг/л). Азот в сточных водах находится в основном в форме аммонийного азота. Часть азота может быть удалена из очистных сооружений, но часть азота попадает в водную систему в виде нитратов и других соединений азота. Нагрузка сточными водами с малонаселенных территорий и животноводческих ферм отражается в увеличении содержания аммонийного азота.

*Типичные концентрации азота:*

- природная чистая вода 200 - 500 мкгN/л
- суммовая вода 400 - 800 мкгN/л
- очень мутная коричневая вода более 1000 мкгN/л
- Вантаанйоки: разброс очень велик 1000-10000 мкгN/л (2003 г.)

## Исследования биогенных веществ в воде

Концентрации биогенных веществ в воде можно определить с помощью быстрых реагентов.

В Финляндии для вод с низкими концентрациями биогенных веществ бывает недостаточно проводить анализ с помощью быстрых реагентов, но можно сравнить сточные воды или сильно эвтрофную воду с водой из реки.

Уровни биогенных веществ в разных водах можно сравнить с помощью селекционных экспериментов.

Проще всего может быть выращена Ряска малая.

## Ряска малая (лат. *Lemna minor*) и её разрастание в разных водах

Ряска малая - это небольшие растения, плавающие на поверхности воды. Она размножается делением.

Ряска малая довольно обычна в Финляндии в канавах и небольших прудах.

Следующий эксперимент можно использовать, чтобы посмотреть, как содержание веществ в воде влияет на разрастание Ряски малой.

*Необходимо:*

- Ряска малая (лат. *Lemna minor*)
- Пять одинаковых ёмкостей, например, промытые баночки из-под йогурта или другие пластиковые контейнеры

- 1) Соберите Ряску малую из ближайшего пруда или канавы.
- 2) Наполовину наполните контейнеры водой, взятой из разных мест, например, водопроводной водой, водой из канав, озёрной, морской водой, а также водопроводной водой, в которую был добавлен питательный раствор для цветов в соответствии с инструкциями по дозировке.
- 3) Поместите по шесть штук Ряски малой в каждый контейнер. Поставьте на подоконник или другое светлое место.
- 4) Подсчитывайте количество Ряски малой в каждом контейнере каждые три дня в течение первой недели и один раз в неделю после этого. Замените испарившуюся воду на новую при необходимости. Рост Ряски малой может продолжаться несколько недель, но уже при недельном наблюдении за ростом различия видны.
- 5) Наконец, нанесите результаты подсчётов на график. Как отличался рост Ряски малой в разных водах?

*Зимой Ряску малую можно приобрести в магазине аквариумов. При необходимости используйте светильник для растительности как дополнительный источник света.*



Фотографии Клаус Мякеля (Klaus Mäkelä), Янне Лааксонен (Janne Laaksonen)

## Форма для обследования русла реки и качества воды

Наблюдатель (и)				
Место				
Дата и время				
Погода (обвести)	солнечная	Переменная облачность	облачно	дождь
Уровень воды (обвести)	низкий	нормальный	высокий	наводнение
Направление течения (обвести)	вниз по течению		вверх по течению	



<b>Участок реки</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Температура воздуха, градусы С					
Температура воды, градусы С					
Землепользование, прилегающая территория 50 м (x = есть, xx = много)					
Поле					
Лес или болото					
Поселок					
Промышленная зона					
Форма русла (прямая, извилистая, смешанная)					
Пересыхание (естественное, старое / новое)					
Общая глубина, м					
Скорость потока, м/с					
Мутность воды					
Глубина видимости/ прозрачность					
Цвет воды					
Содержание кислорода, мг/л					
Содержание фосфора, мкг/л					
Общий азот, мкг/л					
Азот нитратный, мкг/л					
Аммиачный азот, мкг/л					
Электропроводность, мСм/метр					
Кислотность рН					

## Электрическая проводимость

Электропроводность зависит от количества растворённых солей. Высокое значение электропроводности указывает на высокую концентрацию солей в воде. Во внутренних водах электропроводность в основном повышается за счёт натрия, калия, кальция, магния (катионов) и хлоридов и сульфатов (анионов). В целом финские воды имеют низкую концентрацию солей, потому что скальная порода плохо расщепляется. Это также причина плохой буферной способности озёрных вод. Для измерения электропроводности необходим кондуктометр.

Вы можете получить представление об электропроводности, выполнив следующий тест воды.

*Принадлежности:*

- *Стакан для питья или другая подходящая ёмкость*
- *Лампочка или мультиметр с измерителем тока (амперметр)*
- *Батарейка 4,5 V (плоская батарейка)*
- *Три электрических провода длиной около 20 см, концы которых зачищены примерно на 5 см*
- *Дистиллированная вода и природная вода (из канавы, реки, озера, моря)*
- *Сахар, соль и другие вещества.*

Выполнение работы:

- 1) Соберите цепь: 1. провод от стакана с водой к положительной (+) клемме батарейки, 2. провод от отрицательной (-) клеммы батарейки к лампочке и 3. провод от лампы к стакану с водой. Если у вас есть измеритель тока, присоедините его вместо лампочки.
- 2) Наполните ёмкость дистиллированной водой. Наблюдайте за интенсивностью свечения или считывайте показания счетчика тока. Запишите результат.
- 3) Постепенно добавляйте соль в дистиллированную воду, скажем, в размере чайной ложки за раз, и наблюдайте, что произойдет. Запишите результат.
- 4) Попробуйте с сахаром и другими веществами. Всегда меняйте воду между сериями измерений. Также попробуйте совершенно разные природные воды.



*This material has been made in project "Elämän vesi" and translated to Russian in project "LujaBali2" (Marina Markova)*

Elämän vesi - veden kiertokulku -ympäristökasvatushanke.  
Hankkeelle on myönnetty Uudenmaan liiton maakunnan kehittämisraha.  
Kopiointi opetuskäyttöön sallittua. Tekstii Päivi Vääränen.  
Graafinen suunnittelu Vappu Ormio. Lajipiirroksat Jakke Haapanen.  
Painopaikka Erweco Painotuote Oy, 4000 kpl. 2004.

## Кислотность или pH

Нормальный pH воды близок к нейтральному (pH = 7,0). Водные организмы адаптировались к жизни в диапазоне pH = 6,0 - 8,0. Финские водоёмы имеют слабую кислотность из-за присутствия в водах гумусовой нагрузки (обычно pH = 6,5 - 6,8).

Кислотность/щелочность можно определить с помощью индикаторной лакмусовой pH-бумаги с точностью до поединицы или более точно с помощью прибора pH-метра. Кислотность также следует определять в дождевой воде и в талой снежной воде. Весенняя кислотная нагрузка талых вод может быть губительной для молодой рыбы, развивающейся в закрытых водоёмах.

## Запись и интерпретация результатов

Чтобы сохранить результаты для последующего анализа, рекомендуется составить таблицу, в которой будут собраны результаты измерений разных показателей, а затем результаты по разным временам года. Это создаст для школы отдельную базу данных о качестве воды. Таблицы позволяют сравнить значения показателей весной, летом, осенью и зимой.

Также хорошо сравнить результаты с официальными результатами мониторинга района речного бассейна, которые предоставляются в интернете на онлайн-ресурсе Управления окружающей среды.

*В Финляндии это есть на интернет-сайте [www.ymparisto.fi](http://www.ymparisto.fi)*

*Если вам нужна более подробная информация по конкретным точкам наблюдения, обратитесь к местному специалисту по охране окружающей среды, в местную ассоциацию охраны воды или в региональный экологический центр.*

*Результаты мониторинга качества воды могут быть использованы при классификации водных объектов. Карта состояния воды также составляется на основе классификации вод.*

## Источники информации:

*Opasvihkonen vesistötulosten tulkitsemiseksi. Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistyksen julkaisu. Saatavissa verkkoversiona [http://www.kvvy.fi/cgi-bin/tietosivu\\_kvvy.pl?siivu=opasvihkonen.html](http://www.kvvy.fi/cgi-bin/tietosivu_kvvy.pl?siivu=opasvihkonen.html)*

*Vedestä vettä. Vihkosessa on 42 vesiaiheista tehtävää ja runsaasti taustatietoa. Saatavissa verkkoversiona <http://www.tat.fi/fi/koulut/vedesta/vedesta.htm>.*

*Olli Ruth ja Sanna Vaalgamaa (2003). Veden kiertokulku kaupungissa – Astu Wet Cityn maailmaan! Helsingin kaupungin opetusvirasto ja Helsingin vesi. 50 s. Saatavissa verkkoversiona <http://www.helsinki.fi/ml/maant/labrat/weci.pdf>*



Vantaanjoen ja Helsingin seudun  
vesiensuojeluyhdistys ry



UUDENMAAN  
YMPÄRISTÖKESKUS  
NYLANDS  
MILJÖCENTRAL