

**Інститут гідробіології Національної академії наук України
Національний еколого-натуралістичний центр учнівської молоді
МОН України**

**Науково-освітній проект:
«Учителі та учні досліджують явище цвітіння водойм в Україні»
Методичні рекомендації**

м. Київ

2020

Методичні рекомендації – Білоус Олена Петрівна, к.б.н. – Київ, Інститут гідробіології Національної академії наук України, 2020

Анотація

Методичні рекомендації містять інформацію стосовно методики відбору проб поверхневого шару водної товщі будь-якої водойми чи водотоку України, а також зразків водоростей-збудників «цвітіння» води. Відображено деякі особливості роботи із мікроскопом та створення мікроскопічних фотографій збудників «цвітіння».

Питання вивчення явища «цвітіння» водойм (грунту, снігу, будівельних споруд тощо) є проблемою, що актуальна у всьому світі. Дослідження причин, що призводять до цього процесу та способів мінімізації негативного впливу сприятиме загальному природознавчому пізнанню та екологічному вихованню підростаючого покоління у межах нашої держави.

Однією із груп водоростей, що спричинює «цвітіння» є синьо-зелені водорості та досить часто саме вони є домінантами за чисельністю та біомасою при масовому розмноженні у водоймах помірних широт. Небезпеку ця група несе через токсичні властивості деяких представників цієї групи. Саме вивчення особливостей негативного впливу на здоров'я людини виявлених збудників «цвітіння», сприятиме розсудливому відношенню до застережень щодо заборони купання на деяких водоймах у літньо-осінній період під час масового розвитку водоростей.

Цікавими з наукової точки зору будуть і факти виявлення інших груп водоростей, що можуть викликати «цвітіння» водойм. Загалом, у світі нараховується близько 300 видів водоростей із 6 таксономічних відділів, що можуть масово розвиватись у водних об'єктах. Зокрема, у водах України спричинити «цвітіння» можуть зелені, евгленові, динофітові, діатомові та інші групи водоростей.

Методичні рекомендації призначені для учнів старшого шкільного віку, вчителів біології та екології, які будуть залучені до проекту.

Розробник Білоус Олена Петрівна, к.б.н.

Інститут гідробіології НАН України

Рекомендації розглянуті і рекомендовані до використання Методичною радою

Національного еколого-натуралістичного центру учнівської молоді МОН

України

Протокол № _____ від _____

Голова Методичної ради _____

Пояснювальна записка

Актуальність

Численні дослідження вказують на швидку реакцію водоростей на порушення біологічної рівноваги при погіршенні екологічних умов. Основними ознаками неблагополуччя та реакції-відповіді планктонних угруповань на евтрофування вважають різке збільшення продуктивності, посилення ролі видів, що характерні для високо евтрофних та сапробних вод, зниження видового різноманіття, а також розвитку явища, що називають «цвітінням».

Вивчення питання «цвітіння» води триває протягом багатьох десятиліть. Дослідження, що стосуються вирішення цієї актуальної проблеми потребують точної ідентифікації видів, що є збудниками «цвітіння», оцінки їх ролі в планктоценозах, а також визначення їх екологічних особливостей. Найчастіше масовим розвитком у водоймах помірних широт характеризується група синьозелених водоростей (Cyanophyta, Cyanoprokaryota, Cyanobacteria), більшість видів якої є токсичними та потребують належної уваги.

Однак не лише представники вказаної групи можуть спричиняти «цвітіння» водойм. Загалом, у світі відомо близько 300 видів водоростей із 6 таксономічних відділів, що можуть масово розвиватись у водних об'єктах. Зокрема, у водах України викликати «цвітіння» можуть зелені, евгленові, дінофітові, діатомові та інші водорості.

Масовий розвиток вищеперерахованих груп водоростей, супроводжується виділенням метаболітів, спричинює велику шкоду водно-прибережним рослинам, а також погіршення кисневого режиму та проблем водокористування. Через створення плівки із мікроводоростей на поверхні водойм, відбувається перешкодження природньому проходженню обмінних процесів між водною товщею та повітрям, використання доступного кисню на життєдіяльність водоростевої маси, що розвинулась у великій кількості. Це все призводить до зменшення кількості кисню у водній товщі та має серйозні наслідки для усіх гідробіонтів. Зокрема, одним із виражених та значимих наслідків є задуха риби. Вказані причини спонукають вчених усього світу зосереджувати увагу на цьому процесі та розробляти механізми ефективного моніторингу явища «цвітіння» водних екосистем та прогнозувати подальші їх зміни.

Щороку у новинах на центральних телеканалах з'являються сюжети щодо масового розвитку водоростей у водосховищах річки Дніпро, однак не лише ця річка характеризується «цвітінням» водоростей. Особливої уваги також заслуговують невеликі притоки, стариці річок, а також озера, ставки, що знаходяться на водозбірній території басейну крупних водних об'єктів та мають значення для формування і збереження біологічного

різноманіття як рідкісних видів чи ізольованих популяцій гідробіонтів, так і власне водоростей.

Мета

Методичні рекомендації призначені для вчителів та учнів як алгоритм обробки відібраних проб води задля встановлення наявності та поширення в Україні процесу «цвітіння» води і його характеру та вивчення видового складу домінуючого комплексу видів водоростей, що спричинили зміну забарвлення води. Наводяться поради щодо вивчення екологічних особливостей визначених водоростей-збудників «цвітіння» в обраній водоймі.

Об'єкти дослідження: річки, озера, ставки, лимани та моря України.

Предмет дослідження: мікроскопічні водорості, що масово розмножуються у поверхневому шарі водойм та водотоків України, вивчення їх негативного впливу на водну екосистему та здоров'я людини. Дослідження причин «цвітіння» та розробка способів уникнення цього явища у певній водоймі, а також вивчення способів боротьби із масовим розвитком конкретного виду збудника «цвітіння» води в обраному водному об'єкті.

Завдання

Під час виконання завдання, вихованці еколого-натуралістичних центрів (станцій юних натуралістів) з допомогою вчителів повинні обрати водойму, якій характерно явище «цвітіння».

На обраній водоймі провести сезонне обстеження для виявлення підльодового «цвітіння» та зміни забарвлення льоду чи води під час відлиги (ранньовесняного), літнього (найчастіше липень-серпень, однак залежно від низки чинників масовий розвиток водоростей можливий і в червні), та ранньоосіннього (часто при теплій осені за сприятливих температур, водойми «цвітуть» і в цей період).

Фактом-підтвердженням обстеження будуть вдалі фотографії, що можуть охарактеризувати наявність або відсутність цього явища. При виявленні зміни забарвлення води, слід відібрати з поверхневого шару пробу води та віднести її до лабораторії. Відібрану пробу слід протягом 1-3 днів (щонайбільше) дослідити під мікроскопом. За допомогою збільшення 100x-1000x, визначити види-домінанти, що розвинулись у масовій кількості та спричинили зміну забарвлення води, і, відповідно, викликали «цвітіння» водойми. Зробити мікрофотографії виявлених збудників «цвітіння». Підготувати науковий проект, що складатиметься із чотирьох частин: характеристика водного об'єкту та причин, що могли

спричинити «цвітіння» водоростей; опис виявленого збудника «цвітіння» та характеристика його негативного впливу на водну екосистему та здоров'я людини; розробка способів уникнення цього явища у певній водоймі; а також вивчення варіантів боротьби із масовим розвитком конкретного збудника в обраній водоймі.

Водойму, в якій виявлено явище «цвітіння» позначають на інтерактивній карті (<https://scgis.org.ua/app/algae/>), при цьому заповнюється форма та прикріплюються фотографії збудника «цвітіння». Цю інтерактивну карту було створено заради факту-підтвердження виявлення збудника, що підтверджується завантаженими фотографіями.

За отриманими матеріалами складають 3-х хвилинний відеоролик для місцевого відеоканалу для популяризації результатів та підвищення громадської свідомості.

Результат

Виконання проекту сприятиме розвитку навички систематизації знайденої інформації, розповсюдженню необхідних знань щодо негативного впливу «цвітіння» водоростей на водні екосистеми, надасть змогу учням розширити існуючі знання щодо водоростей-збудників «цвітіння» та їх шкідливого ефекту на гідробіонти та здоров'я людини, а також дію фікотоксинів на живі організми. Досліджуючи явище «цвітіння» водойм України, причини та прогнози цього явища, а також, чи безпечно купатися при масовому розвитку водоростей, учні отримають досвід відповідального ставлення до свого здоров'я. Окрім того, робота над цією проблемою сприятиме отриманню знань та досвіду на глобальній основі, долучившись до світової науки, яка вивчає водорості, що є шкідливими збудниками «цвітіння» та засвідчить на національному рівні широту поширення і характер цього процесу у водоймах України.

Результатом має бути короткий відеоролик для місцевого телебачення задля популяризації результатів проекту, а також звіт за виконаним проектом, що буде надіслано до Інституту гідробіології НАН України та Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України.

Інформація, яку міститиме інтерактивна карта стане публічно доступною та сприятиме розумінню масштабів проблеми «цвітіння» водойм України. Посилання на карту можливо буде використовувати на сайтах закладів, учні яких сприяли її створенню, а також на сайтах громадських організацій, що займаються цим питанням. Окрім того, обласні, міські, районні державні адміністрації матимуть змогу розмістити цю інформацію на своїх сайтах.

Узагальнені дані будуть використані у наукових звітах щодо вивчення біологічного різноманіття і механізмів функціонування прісноводних екосистем як основи для розробки технологій з біоіндикації, моніторингу та управління екологічним станом водних об'єктів України.

Новизна

Новизна даного дослідження полягає в одночасному комплексному вивченні водоростей-збудників «цвітіння» як джерела небезпеки водних об'єктів України та характері цього процесу в національному аспекті.

Вперше на національному рівні буде виявлено широту поширення і характер процесу «цвітіння» у водоймах України, а також виявлені види водоростей, що спричиняють це явище. Інформацію буде розміщено на інтерактивній карті, що слугуватиме додатковим матеріалом для наукових узагальнень національного та міжнародного рівня щодо географічної приуроченості водоростей, а також моделювання та прогнозування процесів посилення випадків токсичного «цвітіння» водойм під впливом кліматичних змін. Загальносвітова важливість вивчення цього питання та залучення освітян і науковців підтверджується програмою Міжурядової Океанографічної комісії ЮНЕСКО (Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO) присвяченої шкідливому цвітінню, спричиненому водоростями (Harmful Algal Bloom Programme).

Дані, отримані при виконанні проекту стануть вагомим внеском України у міжнародні зусилля із екологічного моніторингу поширення шкідливих збудників «цвітіння» водойм.

Зміст

Для відбору проб води із «цвітінням» водоростей (значення біомаси змінюється в межах 0,5–100 мг/л), слід спочатку провести візуальне обстеження водойми. Колір водойми залежатиме від рясності розвитку водоростей та від груп водоростей, що спричинили це явище. Зокрема, інтенсивність «цвітіння» води визначають за біомасою водоростей: слабе – 0,5–0,9 мг/л; помірне – 1,0–9,9; інтенсивне – 10,0–99,9; «гіперцвітіння» – більше 100 мг/л. Поширення груп водоростей, що спроможні спричинити «цвітіння» водойм у світі, залежить від багатьох чинників, одні з яких є мінералізація, сезонність та географічне поширення. Інколи, підльодове або під час відлиги – ранньовесняне «цвітіння», у наших широтах викликають діатомові водорості (рідко – зелені та інші групи), часто літнє та ранньоосіннє «цвітіння» спричинюють зелені, синьозелені, динофітові, евгленові та інші групи водоростей.

Незалежно від кольору «цвітіння», необхідно звернути особливу увагу на **правила безпечного поводження на водоймі**. Серед загальних правил є виконання учнем навіть спостережувальної роботи за присутності вчителя (чи батьків). Наявність резинових чобіт забезпечить безпеку стопам ніг у прибережній зоні, а також збереження взуття дитини. Окрім того, відбір зразків води (мікрowodоростей) проводити лише у гумових рукавичках. Адже у водоймі, в якій виявлено «цвітіння» з'являється дефіцит кисню і, відповідно, розвиваються процеси гниття на різних стадіях та різної інтенсивності, а вода містить різні токсичні

метаболіти та різноманітну бактеріальну складову. Залежно від збудника «цвітіння», у воді можуть у великій кількості накопичуватись токсини, які виділяють певні види водоростей.

Фактом-підтвердженням обстеження будуть вдалі фотографії та відео-матеріали, що можуть зафіксувати та охарактеризувати наявність або відсутність цього явища і відобразити його специфіку.

Фокусом нашого дослідження є планктонні водорості, тобто мікроскопічні рослинні організми, що знаходяться у завислому стані, вільно плаваючі, та такі, що не можуть протидіяти течіям, не пов'язані із твердим субстратом. У морських та прісноводних екосистемах вони природним чином зустрічаються у добре освітленому поверхневому шарі будь-якої водойми. Саме тому, при виявленні зміни забарвлення води, необхідно відібрати проби води нехарактерного забарвлення, зачерпнувши черпаком 0,5 л та налити відібраний об'єм у попередньо підготовлені пляшки (звичайно, це більш спрощена методика і для даного дослідження, зокрема виконання поставленої мети щодо визначення домінантів «цвітіння», є цілком прийнятною, однак слід пояснити учням, що професійно науковці використовують спеціальні планктонні сітки). Для подальших досліджень необхідно декілька разів повторити цю процедуру.

Відібрану з поверхневого шару пробу води відносять до лабораторії та протягом 1–3 днів (щонайбільше) досліджують водорості під мікроскопом.

Найточніше визначення водорості-збудника «цвітіння» до рівня виду можливе при збільшенні до 1000х, однак у окремих випадках є допустимим використання збільшення 100х-кратне збільшення. Задля підтвердження знахідки необхідно зробити мікрофотографії виявлених водоростей. Фотодокументування також забезпечить і можливість консультацій із науковцями, що допоможуть при визначенні проблемних видів.

Запланований науковий проект, має складатися із чотирьох частин:

- ✓ характеристика водного об'єкту та опис ймовірних причин, що сприяли масовому розвитку водоростей;
- ✓ опис виявленого збудника «цвітіння», отримані під час дослідження фотографії зміненого кольору водойми та мікрофотографії домінуючого виду водорості. Окремо зверніть увагу на сезонність розвитку збудника «цвітіння». Зазвичай цей процес може спостерігатись лише для одного виду та в один сезон, однак існують і виключення, наприклад декілька видів (навіть родів), що спричинили «цвітіння» та розвиток водоростей у різні сезони, а також масову появу різних водоростей у різні сезони. Підрозділ цієї частини має містити характеристику негативного впливу водорості, що спричинила «цвітіння» на водну екосистему та здоров'я людини;

- ✓ розробка способів уникнення цього явища у певній водоймі;
- ✓ вивчення методів боротьби із масовим розвитком конкретного домінуючого виду водорості в обраній водоймі.

Учні на інтерактивній карті позначають водойму, в якій виявлено явище «цвітіння» та прикріплюють фото збудника цього явища.

Задля популяризації отриманих у рамках проекту результатів та підвищення громадської свідомості, зніміть 3-х хвилинний відеоролик для місцевого відеоканалу. У цьому відео коротко викладіть вищеперераховані частини наукового проекту.

Список літератури

- <http://www.marinespecies.org/hab/aphia.php?p=taxlist>
<https://www.algaebase.org/search/genus/>
https://www.planktonforum.eu/index.php?id=33&no_cache=1&L=1&tx_pydb_pi1%5Bstart%5D=40&tx_pydb_pi1%5Bdetails%5D=2731&tx_pydb_pi1%5Bcur%5D=10
- Komárek J. & Anagnostidis K. (1998): Cyanoprokaryota 1. Chroococcales. – In: Ettl H., Gärtner G., Heynig H. & Mollenhauer D. (eds), Süßwasserflora von Mitteleuropa 19/1, p. 548, Gustav Fischer, Jena-StuttgartLübeck-Ulm. Komárek J. & Anagnostidis K. (2005) : Cyanoprokaryota. 2. Oscillatoriales. – In: Büdel B., Krienitz L., Gärtner G. & Schagerl M. (eds), Süßwasserflora von Mitteleuropa 19/2, p. 759, Elsevier/Spektrum, Heidelberg.
- Komárek J. (2013): Cyanoprokaryota. 3. Heterocytousgenera.–In: Büdel B., Gärtner G., Krienitz L. & Schagerl M. (eds), Süßwasserflora von Mitteleuropa/Freshwater flora of Central Europe, p. 1130, Springer Spektrum Berlin, Heidelberg.
- Белякова Р.Н., Волошко Л.Н., Гаврилова О.В. и др. Водоросли, вызывающие цветение водоемов Северо-Запада России. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2006. — 367 с.
- Вассер С.П., Кондратьева Н.В., Масюк Н.П. и др. Водоросли. Справочник Киев: Наук. думка, 1989. - 608 с.
- Костіков І.Ю., Джаган В.В. та ін. Ботаніка. Водорості та гриби. Навчальний посібник. — Київ: 2004. — 213 с.
- Крахмальний, А. Ф. Динофитовые водоросли Украины (иллюстрированный определитель) / Отв. ред. П.М. Царенко. Киев: Альтерпрес, 329 с.
- Куликовский М.С., Глущенко А.М., Генкал С.И., Кузнецова И.В. Определитель диатомовых водорослей России. 2016 Филигрань Ярославль, 804 с.
- Царенко П.М. Краткий определитель хлорококковых водорослей Украинской ССР. Киев: Наук думка, 1990. - 106 с.

Додаток 1. Загальний вигляд водних об'єктів, що характеризуються зміною забарвлення водної товщі

Додаток 2. Фотографії найпоширеніших мікродоростей збудників «цвітіння» у поверхневому шарі водойм

1. Синьозелена водорість *Dolichospermum flosaquae* (= *Anabaena flosaquae*)
2. Синьозелена водорість *Microcystis aeruginosa*
3. Динофітова водорість *Ceratium hirundinella*
4. Евгленофітова водорість *Lepocinclis ovum*.



Рис. 1. Загальний вигляд озера, що характеризується «цвітінням» *Dolichospermum flosaquae* (= *Anabaena flosaquae*)



Рис. 2. «Цвітіння» Дніпра біля Києва, що спричинено масовим розвитком *Microcystis aeruginosa*



Рис. 1. Синьо-зелена водорість *Dolichospermum flosaquae* (= *Anabaena flosaquae*)

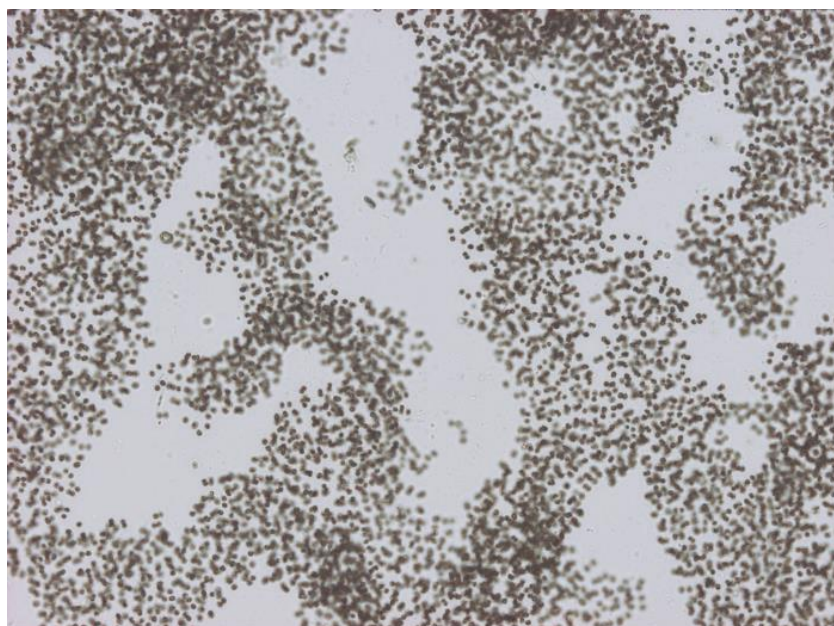


Рис. 2. Синьозелена водорість *Microcystis aeruginosa* (фото з сайту <http://www.marinespecies.org/hab/aphia.php?p=taxlist>)



Рис. 3. Динофітова водорість *Ceratium hirundinella* (фото з сайту https://www.planktonforum.eu/index.php?id=33&no_cache=1&L=1&tx_pydb_pi1%5Bstart%5D=40&tx_pydb_pi1%5Bdetails%5D=2731&tx_pydb_pi1%5Bcur%5D=10)



Рис. 4. Евгленофітова водорість *Lepocinclis ovum* (фото з сайту http://protist.i.hosei.ac.jp/PDB/Images/Mastigophora/Lepocinclis/ovum/sp_06.html)