

Лекція 2

Тема: Відбір проб води (розчинів) та підготовка їх до аналізу.

Мета: Ознайомитися з особливостями відбору проб води, вивчити правила відбору проб води та сольових розчинів, розглянути терміни та способи консервування проб води.

План

1. Підготовка, порядок та вимоги до відбору проб води.
2. Види проб.
3. Правила відбору проб для аналізу.
4. Способи консервування проб.
5. Пристрої для відбору та підготовки проб води.

1. Підготовка, порядок та вимоги до відбору проб води

Для оцінки якості води водного об'єкту або стану ґрунтового покриву земель здійснюється відбір проб об'єктів вимірювань. Ступінь, до якої точкова проба може бути репрезентативною для водного об'єкту або ґрунтового профілю, залежить від однорідності цього об'єкту, об'єму точкової проби, способу відбору проби. Ці завдання вирішуються під час формування програми відбору проб. Під час формування програми відбору проб, періодичність та об'єм відбору визначаються на підставі статистичної обробки раніше одержаних результатів вимірювань об'єктів моніторингу води.

При формуванні програми відбору проб враховується також оснащення лабораторії засобами вимірювальної техніки, випробувальним обладнанням, кількістю та кваліфікацією фахівців і галуззю атестації лабораторії. Формування програми відбору проб води здійснюється у відповідності з Програмою Державного моніторингу довкілля в системі Держводгоспу України, яка встановлює вимоги до місця, періодичності і частоти відбору проб, а також визначає перелік показників об'єктів, що підлягають вимірюванню. Спосіб відбору проб визначається типом води (поверхнева або підземна), глибиною пробовідбору, метою вимірювання та показниками, що визначаються. Формування програми відбору проб води за показниками, які підлягають вимірюванню, здійснюється відповідно до Програми державного моніторингу меліорованих земель та планами робіт підрозділів гідрогеолого-меліоративної та експлуатаційної водогосподарських служб.

На території, що підлягає моніторингу, проводять попередні обстеження. На підставі цих обстежень та наявної нормативної документації, заповнюють паспорт ділянки обстеження, та виконують опис. Пробні площадки закладають на ділянках з однорідним ґрунтом і рослинним покривом, а також з урахуванням господарського використання основних водойм. Відбір проб води здійснюють кваліфіковані фахівці лабораторій та підрозділів гідрогеолого - меліоративних експедицій відповідно до вимог чинних нормативних документів та відповідної інструкції.

Відбір проб в залежності від мети аналізу може бути разовим (нерегулярним) або серійним (регулярним). Перший застосовують дуже рідко, оскільки результати такого аналізу придатні тільки для орієнтовних, найбільш загальних уявлень про якість води. Його застосовують також в тих випадках, коли вимірювані параметри не піддаються великим змінам в часі або по глибині і акваторії. Наприклад, при дослідженні глибинних ґрунтових вод з постійною якістю води. Разовий відбір використовують також у випадках добре вивчених раніше водойм з встановленими закономірностями зміни визначуваних компонентів для періодичного контролю за можливими відхиленнями складу води.

Однак найбільш надійна та достовірна інформація про стан водойми і якість її води може бути одержана тільки при серійному (регулярному) відборі проб, коли кожна проба береться в певному зв'язку з рештою проб з врахуванням місця, часу або обох факторів. Серійний відбір проб в порівнянні з разовим дозволяє більш правильно відобразити умови в місцях обстеження водних об'єктів. При цьому велике значення має періодичність досліджень та число відібраних проб. Найбільш розповсюдженими типами серійного відбору проб є: зональний відбір проб, при якому пробу відбирають в різних місцях по течії річок, з різних глибин для наміченого розрізу озера, водосховища і т.д.; відбір проб через певні проміжки часу, який дозволяє слідкувати за зміною якості води в часі (сезони, доби, години) або в залежності від її витрати. Існують й інші, менш розповсюджені типи серійного відбору проб, як, наприклад, «узгоджені проби», які відбирають в різних місцях за течією річки, або стічних вод з врахуванням часу проходження води від одного пункту до іншого.

2. Види проб

Розрізняють проби води прості і змішані (усереднені). Прості проби, які одержуються шляхом одноразового відбору в одному пункті водойми всього об'єму необхідної для аналізу води, характеризують склад води в момент відбору в одному місці. Змішані проби, які одержані шляхом об'єднання кількох простих проб, в залежності від принципу їх об'єднання характеризують або середній склад води досліджуваного об'єкту (якщо вони відібрані одночасно в різних місцях) в певний момент часу, або середній склад води за певний період часу (година, доба і т.д.) в одному місці, або середній склад водного об'єкта з врахуванням місця і часу. Об'єм змішаної проби повинен бути достатнім для прийнятої методики аналізу. При відборі змішаних проб особливо важливо врахувати характер розподілу і зміни визначуваних компонентів в досліджуваному водному об'єкті. При рівноцінності характеристик всіх точок досліджуваного об'єкту або при постійній витраті води в пункті відбору проб середню пробу одержують змішуванням рівних частин простих проб, які відібрані через рівні проміжки часу. В інших випадках готують середню пропорційну пробу з таким розрахунком, щоб об'єм або число простих проб відповідали місцевим коливанням складу або зміни витрати. При цьому чим менші

інтервали між складовими змішаної проби, тим вона є точнішою. Застосування усереднених проб не рекомендується для визначення компонентів, які легко змінюються і вступають в хімічні реакції.

3. Правила відбору проб вод для аналізу

При відборі проб води, розчину враховуються вимоги конкретних методик виконання вимірювань. Відразу після відбору пробу переливають в пристрої для зберігання проб (за ГОСТ 17.1.5.04), які, в залежності від показника, що підлягає вимірюванню, повинні бути попередньо оброблені відповідними хімічними реактивами або промиті водою та споліснуті дистильованою водою і водою, що відбирається.

Проби води відбираються у прилади та пристрої, які поділяються на:

- прилади для відбору проб води;
- пристрої для первинної обробки проб води;
- пристрої для зберігання проб води.

За призначенням прилади для відбору проб води поділяються на:

- прилади для відбору проб поверхневих вод (річки, водосховища, зрошувальні та дренажні канали тощо);
- прилади для відбору проб підземних вод (свердловини, колодязі, шурфи).

За способом застосування прилади для відбору проб поділяються на:

- автоматичні;
- напівавтоматичні;
- ручні.

Прилади для відбору проб поверхневих вод (далі – пробовідбірники) повинні забезпечувати герметичність камери з пробною. При відборі проб води з поверхневого шару (0,5 м) герметичність камери не є обов'язковою. Матеріал пробовідбірників повинен бути хімічно стійкий та виключати можливість зміни складу проби, яка була відібрана, за час, що вона знаходиться у камері пробовідбірника.

Конструкція пристроїв для екстрагування передбачає використання ємності різної місткості 0,25; 0,5; 1; 2; 3; 5; 10; 20; 30; 50 дм³. З метою забезпечення консервації проб поверхневих вод пристрої для первинної обробки проб повинні бути укомплектовані дозаторами місткістю від 1 до 10 см³. Пристрої для зберігання проб повинні забезпечувати незмінність складу і властивостей води від моменту її відбору до проведення вимірювання. Пристрої для зберігання проб повинні бути виготовлені з хімічно стійкого матеріалу. Місткість пристроїв для зберігання проб води слід вибирати з ряду: 0,25; 0,5; 1; 2; 3; 5; 10; 20; 30; 50 дм³.

Для транспортування проб води пристрої повинні бути встановлені у тару, яка забезпечує їх зберігання у зимових та літніх умовах. Пробовідбірники повинні забезпечувати взяття проби з глибини до 2; 5; 10 м і бути виготовлені у модифікації, яка дає можливість відбирати одночасно проби з різних горизонтів та проводити вимірювання температури одночасно з відбором проби.

3.1 Відбір проб розсолів

Загальні вимоги, які повинні відповідати пробам, наступні:

1. Проба повинна точно характеризувати склад того водоймища (або його частини), з якого вона виявляється (якщо проба береться з озера, басейну). При відборі проби необхідно враховувати всі обставини, які можуть виражати склад або концентрацію розчину: наявність біля місця відбору будь-якого притоку "сторонніх" вод (джерел, водостоків); дощ що недавно ішов; ізольована частина води, з якої відбирається проба; мілководність ділянки озера та інше.

2. При відборі проби слід вжити заходів, щоб полегшити підготовку її до аналізу. Розчин, пробу якого потрібно набрати, може містити в звичайному стані тверду фазу – кристали солі або нерозчинні частки, або й те і інше разом. У таких випадках краще відфільтровувати розчин через сухий фільтр (або вату) на місці під час відбору проб, так як при зберіганні він може виділити додатково тверду фазу і, коли справа дійде до аналізу, буде невідомо, яка частина твердої фази знаходилася у відібраній пробі, а яка виділилася пізніше. Розчин може містити легкорозчинні сполуки – гідроген сульфід, оксиди та солі феруму. Співвідношення цих компонентів бажано визначити на місці, безпосередньо при відборі. Але якщо для цього немає необхідних умов (обладнання, реактивів), то слід, крім загальної проби, відбирати спеціальні проби із введенням відповідних реагентів. Це дозволить при будь-якому терміні зберігання проб точно встановити вміст легкоокиснюючих компонентів у воді (розсолі), який був у ній в момент відбору проби.

3. Склянка (бутилка), в яку відбирається загальна чи спеціальна проба, повинна бути чистою та не менше трьох раз промита тим розчином (водою), який підлягає дослідженню. При наповненні пляшки розчином або водою слід завжди залишати в ній трохи повітря, не доливаючи до корка на 3-4 см. Після відбору проби горло склянки слід ретельно закупорити пробкою, обв'язати смужкою і залити парафіном.

4. Необхідно звернути особливу увагу на достатню повну та чітку документацію проби, яка проводиться за допомогою: а) складання правильної печатки, написаної простим олівцем (не за допомогою чорнил та друкарської форми) та міцно прикріпленої до пляшки (склянки); б) записів у польовому журналі. На етикетці пишуть номер проби, назву озера (водойми), дату відбору проби, а також відзначають, чи були проведені будь-які операції з пробою при її виборі (фільтрація, фіксація газів та ін.). При відборі спеціальної проби на наклейці відзначається ще вага пляшки та кількість введеного реагенту. У робочому журналі, крім цієї інформації, вказується географічне розташування водоймища та його координати, характеристика водойми, місце взяття проби та його характеристика, дані про прозорість та кольори розчину, результати вимірювання температури розчину та повітря, дані про стан дна водойми, наявність осадів мінералів, солей, час відбору проби, стан погоди, а також характеристика операцій, що супроводжували відбір проб.

4. Відбір та консервування проб для визначення мікроелементів

При відборі проби для визначення мікроелементів уникають або зводять до мінімуму контакт проби води з металічними частинами пробовідбірних пристроїв. Вибір пробовідбірних пляшок, зберігання і консервування проб залежать від виду визначуваних забруднюючих речовин. В будь-якому випадку *слід прагнути до того, щоб від моменту відбору проби і до її аналізу не тільки не змінилися концентрації і характер забруднення води, але і не відбулося вторинне її забруднення*. Такі зміни можуть бути викликані сорбцією важких і токсичних металів на стінках пробовідборних, особливо пластмасових банок і на завислих колоїдних частинках, а також вилуговування деяких компонентів з стінок пробовідбірних посудин та з гумових корків. Пробовідбірні пристрої та пристосування необхідно періодично ретельно очищати та промивати. При проведенні морських досліджень рекомендується після відбору проб на кожній станції промивати пробовідбірники невеликою кількістю органічного розчинника (гексану, хлороформу чи тетрахлориду вуглецю), а також протирати зовнішні частини пробовідбірника ватою, яка змочена органічним розчинником. Крім того для вилучення тяжких металів, які здатні сорбуватися на внутрішній поверхні батометрів та відер, останні слід (рекомендується) не рідше двох раз в місяць промивати теплим розчином хлоридної кислоти. При відборі проб води для визначення мікроелементів застосовують посуд з безбарвного хімічно стійкого скла, яке містить в більшості випадків мінімальну кількість мікродомішок. Однак скло, з якого виготовлений звичайний скляний хімічний посуд, руйнується стічною водою (особливо при її зберіганні), в результаті чого у воду переходять іони Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , S^{2-} , Cl^- , Zn^{2+} , SiO_3^{2-} та інші. Для зберігання стічної води використовують посуд з боросилікатного скла (пірекс) або з поліетилену. Широко використовується посуд з полімерних органічних матеріалів, які майже не містять мікродомішки, за винятком оксиду алюмінію (Al_2O_3), оксиду титану (TiO_2) та інших, які входять в склад каталізаторів для синтезу полімерів; в деяких марках поліетилену містяться цинк та натрій, оскільки стеарати цинку і натрію застосовують як розділяючі засоби. Практика показує, що зберігання проб в скляних пляшках не супроводжується вилуговуванням мікрокомпонентів з скла і протіканням адсорбційних процесів. Однак необхідно мати на увазі, що ці процеси все ж відбуваються. Сполуки деяких елементів вилуговуються з скла в помітних кількостях. Так кислими та нейтральними розчинами з скла вилучаються оксиди кремнію та натрію, вилуговується бор, залізо, алюміній, мідь, мишьяк, свинець, цинк, фтор та інші. Тому воду для визначення деяких елементів (наприклад, натрію, кремнію та інш.) рекомендується зберігати в поліетиленовому посуді, а часто і не консервувати. При тривалому зберіганні дуже розбавлених розчинів, до яких відносяться і природні води, можливою є також поступова зміна їх концентрації. Вказати визначену певну причину втрати речовини з дуже розбавлених розчинів практично неможливо. Наї частіше одночасно

відбуваються різні процеси - фізична адсорбція іонів металів на поверхні посудин, реакція осадження, йонного обміну, дифузія і т.д. Відносні втрати розчинених мікродомішок в результаті сорбційних процесів у більшості випадків зростають в міру зменшення концентрації розчину, але це правило не завжди підтверджується. Найбільше на розвиток сорбційних процесів впливають матеріали хімічного посуду, природа сорбованих речовин та рН середовища. Так при встановленні термінів зберігання водних проб у різному хімічному посуді мінімальні втрати золота (Au), арсену (As), ртуті (Hg), кадмію (Cd) - до 25 % - відмічені для скла та кварцу, а максимальні - до 67 % - для поліетилену при зберіганні 7-8 діб. В той же час рекомендується зберігати водні розчини в чистих поліетиленових посудинах, оскільки при використанні скляного посуду деякі метали будуть адсорбуватися скляною поверхнею навіть з відповідним чином підкислених розчинів. Похибки аналізу, яка зумовлена сорбцією, можна уникнути, якщо ретельно підібрати матеріал хімічного посуду та середовище розчину. Сорбції мікродомішок з розчинів стінками посуду запобігають або знижують до незначної величини підкисленням розчинів, додаванням комплексоутворюючих агентів. Достатньо повну інформацію з цих питань в кожному конкретному випадку можна знайти в довідниковій літературі.

Пляшки з пробами води для визначення мікродомішок найкраще закривати пришліфованими скляними або поліетиленовими пробками, оскільки гумові пробки часто містять цинк (Zn), свинець (Pb), стибій (Sb) та інші хімічні елементи, які можуть перейти в розчин тому використання гумових пробок при визначенні мікрокількостей не дозволяється. Однак при необхідності все таки допускається застосування і гумових корків, і коркових, але з поліетиленовою прокладкою. При цьому поліетиленову плівку попередньо очищають кип'ятінням в 5 %-ному розчині соляної кислоти з промивкою бідистилатом. При відборі проб на мікроелементи не рекомендується заливати пробки будь-чим, щоб не забруднювати пробу при відкриванні пляшки.

В період часу між відбором проби і її аналізом визначувані компоненти можуть піддаватися різним змінам: випадати в осад, або навпаки з нерозчинної форми перейти в розчин (солі заліза, мангану, кальцію та інші), адсорбуватися на стінках хімічного посуду (Fe, Cu, Cd, Al, Mn, Cr, Zn, фосфати та інше); вилугуватися з скла або пластмаси посуду (B, Si, Na, K).

Проміжок часу між відбором проби та її аналізом залежить від складу проби, від визначуваних речовин та від умов зберігання. Чим більша ймовірність зміни визначуваних компонентів, тим швидше повинен бути проведений аналіз. При неможливості виконання аналізу на місці відбору проби проби води консервують, а для сповільнення біохімічних процесів, які відбуваються у воді, її охолоджують до 4 – 5 °С. Перед аналізом консервовану пробу іноді доводиться нейтралізувати, а охоложену доводити до кімнатної температури. При аналізі або при розрахунку результатів необхідно враховувати кількість доданих для консервування реактивів. Слід

мати на увазі, що додавані у воду реактиви не повинні забруднювати її визначуваними компонентами. Перед операцією консервування проб часто проводять їх фільтрування. Єдиної думки що до цього не має. Одні вважають необхідним фільтрувати всі проби, інші - тільки мутні води. І накінець, ще одна група дослідників, які вважають, що для визначення впливу завислих частинок на концентрацію мікроелементів необхідно проводити аналіз одних і тих фільтрованих, і нефільтрованих проб. Не існує єдиної думки і відносно фільтрів. У зв'язку з встановленими втратами мікродомішок на фільтрувальному папері в результаті сорбції при фільтруванні розведених розчинів більшість дослідників рекомендують використовувати мембранні фільтри з діаметром пор 0,45 мкм. В роботі рекомендується відкидати перші 0,5 л відфільтрованої води у зв'язку з можливими втратами деяких мікроелементів на фільтрі або, навпаки, з їх принесенням на початковий період фільтрування.

4.1. Способи консервування і терміни аналізу проб води

Для одержання достовірних результатів, проби води аналізують як найшвидше після відбору (на протязі 1-2 годин, в крайньому випадку 12 годин) або фіксують. Проби можна стабілізувати на кілька годин шляхом охолодження їх до 0 °С, на кілька місяців - шляхом різкого охолодження до – 20 °С. Визначувані сполуки фіксують найчастіше додаванням різних консервуючих речовин. Оскільки універсальної консервуючої речовини не існує, тому для повного аналізу води пробу звичайно відбирають в кілька пляшок і консервують її додаючи різні речовини. Консервування стічних вод хімічними реагентами ускладнюється у випадку присутності в пробі нерозчинних речовин. Консервування допускається при умові, якщо консервуючий реагент не заважає визначенню необхідних компонентів стічної води і якщо визначення неможливо провести безпосередньо після відбору проби. Детальніші відомості про способи консервування окремих компонентів, особливо відбору і зберігання проб води можна знайти в літературі [6]. Однак ні консервування, ні фіксація визначуваних сполук шляхом охолодження проби не забезпечують постійного складу відібраної води необмежено довго. В зв'язку з цим слід уникати довгого зберігання проб.

5. Пристрої для відбору та підготовки проб води

Важливим етапом аналізу води є відбір проб. Для відбору проб води застосовують пробовідбірні пристрої – різної конструкції батометри і склянки та бутлі із пробками, які закриваються. Можуть застосовуватися насоси з поглинальними патронами.

При стаціонарних спостереженнях проби води на хімічний аналіз потрібно відбирати на стрижні потоку з глибиною 0,2-0,5 м. При глибокому руслі та слабкій течії доцільніше брати проби на різних глибинах. Проби переважно відбирають емальованим відром об'ємом 10 л. З відра водою наповнюють посудини для визначення рН, вмісту у воді кисню, діоксиду карбону, фіксують розчинений у воді кисень, а також наповнюють водою

пляшки для наступного аналізу в лабораторії. Проби для визначення концентрацій нафтопродуктів, фенолів, СПАР, важких металів, пестицидів відбирають в окремі пляшки.

Для відбору проб на різній глибині використовують також спеціальні пристрої – батометри різних типів. Батометр повинен відповідати таким вимогам:

- вода, що проходить крізь нього, не повинна в ньому затримуватись;
- він повинен щільно закриватися;
- матеріал пробовідбірника повинен бути хімічно інертним.

На практиці широко використовуються горизонтальні, перекидні та автоматичні батометри. За допомогою батометра Молчанова проводять відбір проб води для визначення вмісту пестицидів:



Рис.1 Батометр Молчанова

Відбір проб на значних глибинах (20-30 м) проводиться за допомогою батометра Рутнера:



Рис. 2. Батометр Рутера

Для зберігання проб використовують поліетиленовий та скляний посуд. Перед використанням посуд миють концентрованою кислотою та сполоскують водопровідною водою. Основні вимоги до посуду – це його міцність, стійкість до розчинення і щільність закривання. Консервування проб проводять при відборі проб для визначення нестійких компонентів. Аналіз цих проб проводять не пізніше як через 3 дні після відбору. Проби

зберігають при температурі 3–5 °С в холодильнику. Взимку при температурі нижче 0 °С відібрану пробу переносять у тепле приміщення, де проводять аналіз.

У якості пристроїв, які зазвичай використовуються на **третій** стадії – **підготовки проб** води, як правило, використовується типове загально лабораторне обладнання (центрифуги, екструдери, екстрактори, випарки), за допомогою якого здійснюється поділ і концентрування проб, підвищується чутливість і селективність наступного аналізу. Можливе також застосування в процесі пробопідготовки проточно-інжекційних концентруючих приставок, що працюють в автоматичному режимі – наприклад, типу ППІ-М і ППІ-Н. Для підвищення селективності аналізу та усунення заважаючих впливів застосовуються спеціальні пристрої підготовки проб. Прикладами таких приладів є автоклавні модулі для хімічної пробопідготовки серії МКП-04 і МКП-05, що включають термостат для нагріву 6 або 10 автоклавів, комплект самих автоклавів з фторопластовими реакційними камерами, пристрої для керування температурними режимами нагріву і охолодження.

Аналітичні модулі автоклавної пробопідготовки з резистивним нагрівом МКП-04 і МКП-05 є на сьогодні найбільш технічно допрацьованим і доступним для вітчизняних користувачів устаткуванням хімічної мінералізації проб.

До теперішнього часу в світовій аналітичній практиці широке розповсюдження знаходять мікрохвильові автоклавні мінералізатори фірм Perkin Elmer і СЕМ (США), Milestone (Італія), Prolabo (Франція). Мікрохвильовий автоклавний мінералізатор фірми Perkin Elmer (США):



Рис 3. Мікрохвильовий автоклавний мінералізатор фірми Perkin Elmer (США)

Іншим прикладом апаратури для пробопідготовки служить ультрафіолетова камера ФК-12М для експрес-підготовки водних проб, дія якої ґрунтується на фотолізному окисненні заважаючих органічних сполук під дією УФ-випромінювання.

Наступна і найважливіша стадія технологічного циклу екоаналітичного контролю вод – кількісний аналіз проводиться в основному на універсальному стаціонарному лабораторному обладнанні – за допомогою різних вимірювальних приладів (хроматографів, спектрофотометрів, спектрометрів, спектрографів і т.д.).

З усього різноманіття технічних засобів контролю вод особливу увагу слід звернути на групу приладів, які набувають у даний час все більшого значення і все ширше застосовуються – засобів, заснованих на електрохімічних методах аналізу. З точки зору практики їх використання в моніторингу води має ряд істотних переваг. В першу чергу – це портативність виконання і відносна простота в обслуговуванні, що дозволяє виконувати аналізи не лише в лабораторних умовах, але часто і безпосередньо на місці відбору проб. Іншою перевагою є їх висока економічність: незначна витрата реагентів (в основному для допоміжних цілей), невелика вартість апаратури (у кілька разів, а іноді й десятків разів дешевше хроматографічних та спектральних приладів). При цьому, як правило, зберігається висока специфічність та чутливість аналізу.

На сучасному ринку вітчизняної екоаналітичної апаратури електрохімічні прилади (ЕХ) представлені в основному рН-метрами, іонометрами в комплексі з іонселективними електродами, кондуктометрами та оксиметрами. Найкращі характеристики мають електрохімічні прилади, засновані на принципах потенціометрії.

Література

1. Моніторинг довкілля: підручник / [Боголюбов В.М., Клименко М.О., Мокін В.Б. та ін.]; під ред. В. М. Боголюбова. [2-е вид., перероб. і доп.]. – Вінниця: ВНТУ, 2010. – 232 с.
2. Ломницька Я.Ф., Василечко В.О., Чихрій С.І. Склад та хімічний контроль об'єктів довкілля: Навч. посібник. Ломницька Я.Ф., Василечко В.О., Чихрій С.І. – Львів: "Новий Світ-2000", 2013. – 589 с.
3. Мандрик Б.М., Чомко Д.Ф., Чомко Ф.В. Гідрогеологія. – Київ.: ВПЦ Київський університет. 2005.
4. Моніторинг і методи вимірювання параметрів навколишнього середовища: навч. Посібник / В.М. Ісаєнко, Г.В. Лисиченко, Т.В. Дудар [та ін.]. – К.: Вид-во Нац. Авіа. Ун-ту "НАУ-друк", 2009. – 312 с.
5. Лялюк О.Г. Моніторинг довкілля: навчальний посібник / Лялюк О.Г., Ратушняк Г.С. – Вінниця: ВНТУ, 2004. – 140 с.

Допоміжна

1. Державні санітарні правила і норми "Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання". №136/1940 від 15.04.97.
2. Закон України про охорону навколишнього середовища. – К.: Мінекобезпеки, 1991.
3. Національна стратегія наближення (апроксимації) законодавства України до права ЄС у сфері охорони довкілля. – К.: «Додаткова підтримка Міністерства екології та природних ресурсів України у впровадженні Секторальної бюджетної підтримки». – 112 с.