



УКРАЇНА

СУЧАСНИЙ ПЕДАГОГ
Колективна наукова монографія

Том 4



Об'єднання науковців GlobalNauka
<http://www.globalnauka.com>
Онлайн-сервіс «Організатор конференцій»
<http://orgconf.com/>

СУЧАСНИЙ ПЕДАГОГ

Коллективна наукова монографія

Том 4

Дніпро
Акцент ПП
2022

Наукова редакційна колегія:

Василенко Інна Анатоліївна – заступник директора з науково-методичної роботи комунального закладу «Академічний ліцей №15» Кам'янської міської ради, к.т.н., доцент (м. Кам'янське).

Мандрика Тетяна Петрівна – викладач вищої категорії, ЦК програмної інженерії, завідувача підготовчим відділенням Фахового коледжу ракетно-космічного машинобудування ДНУ імені Олесья Гончара (м. Дніпро).

Іванченко Анна Володимирівна – професор, керівник секції хімічної технології неорганічних речовин кафедри хімічних та біологічних технологій Дніпровського державного технічного університету, д.т.н., доцент (м. Кам'янське).

Автори:

Беляєва Олена Павлівна

Даценко Віта Василівна

Єгорова Лілія Михайлівна

Ігнатишин Василь Васильович

Ковальова Олена Сергіївна

Ралло Тетяна Олексіївна

Токар Андрій Володимирович

Шаповал Юлія Дмитрівна

Рецензенти:

Ніколаєнко Лариса Петрівна – директор комунального закладу «Академічний ліцей №15» Кам'янської міської ради, учитель математики, спеціаліст вищої категорії, учитель-методист (м. Кам'янське).

Скиба Маргарита Іванівна – к.т.н., доц., доцент кафедри технології неорганічних речовин та екології ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет» (м. Дніпро).

Сучасний педагог: колект. наук. монографія. Дніпро: Акцент ПП, 2022. – Т. 4.– 80 с.

У монографії представлені результати наукових досліджень, новітніх педагогічних розробок та практичних впроваджень в освітній процес від викладачів закладів загальної середньої освіти та фахової передвищої і вищої освіти. Наведені розробки демонструють високий рівень організації аудиторної, позааудиторної та дистанційної форми навчання, а також роботи навчальних секцій різних напрямів.

СЛАВА УКРАЇНІ!

© автори, 2022

ЗМІСТ

РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ ПЕДАГОГ ЗАКЛАДУ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ

<i>Ралло Тетяна Олексіївна.</i> ПРОЄКТНЕ НАВЧАННЯ ЯК ПІДГРУНТЯ КРЕАТИВНО-ПІЗНАВАЛЬНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ МОЛОДШИХ ШКОЛЯРІВ	4
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---

РОЗДІЛ 2. СУЧАСНИЙ ПЕДАГОГ ЗАКЛАДУ ФАХОВОЇ ПЕРЕДВИЦЬОЇ І ВИЩОЇ ОСВІТИ

<i>Беляєва Олена Павлівна.</i> ФОРМУВАННЯ КОМАНДНОЇ РОБОТИ КОЛЕКТИВУ ОСВІТНЬОГО ЗАКЛАДУ	12
--------------------------------------------------------------------------------------------	----

<i>Даценко Віта Василівна.</i> НАВЧАЛЬНИЙ КУРС «ХІМІЯ» В СИСТЕМІ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ «MOODLE»	21
-----------------------------------------------------------------------------------------------------	----

<i>Єгорова Лілія Михайлівна.</i> ДИСТАНЦІЙНЕ НАВЧАННЯ – ВАЖЛИВА СКЛАДОВА ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ХІМІЧНОЇ ОСВІТИ	30
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

<i>Ігнатишин Василь Васильович.</i> ДОСЛІДЖЕННЯ ВАРІАЦІЙ ПАРАМЕТРІВ РАДІОАКТИВНОГО ФОНУ СЕРЕДОВИЩА ТА ЇХ ЗВ'ЯЗКУ ІЗ СЕЙСМОТЕКТОНІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ	39
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

<i>Ковальова Олена Сергіївна.</i> ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ОРГАНІЗАЦІЇ ТА ДІЯЛЬНОСТІ СТУДЕНТСЬКОГО НАУКОВОГО ГУРТКА В ПРОЦЕСІ ЗДОБУТТЯ ВИЩОЇ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОСВІТИ	49
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

РОЗДІЛ 3. ПІДГОТОВКА НАУКОВО-ДОСЛІДНИХ РОБІТ УЧНІВ – ЧЛЕНІВ МАЛОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ

<i>Токар Андрій Володимирович.</i> КАРБОСИЛКАГЕЛЬ ЯК ПЕРСПЕКТИВНИЙ СОРБЕНТ ДЛЯ ПОЛІПШЕННЯ ЯКОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ	60
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

РОЗДІЛ 4. ПІДГОТОВКА НАУКОВИХ РОБІТ СТУДЕНТІВ

<i>Шаповал Юлія Дмитрівна.</i> НАУКОВО-ДОСЛІДНА ДІЯЛЬНІСТЬ ЗДОБУВАЧІВ ОСВІТИ У РАМКАХ СТУДЕНТСЬКИХ (УЧНІВСЬКИХ) НАУКОВИХ ТОВАРИСТВ	70
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

РОЗДІЛ 3. ПІДГОТОВКА НАУКОВО-ДОСЛІДНИХ РОБІТ УЧНІВ – ЧЛЕНІВ МАЛОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ

Токар Андрій Володимирович, к.х.н., доц., доцент кафедри хімії Дніпровського державного аграрно-економічного університету, м. Дніпро

КАРБОСИЛКАГЕЛЬ ЯК ПЕРСПЕКТИВНИЙ СОРБЕНТ ДЛЯ ПОЛІПШЕННЯ ЯКОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ

Анотація. За допомогою класичних методів хімічного аналізу досліджено адсорбційну здатність комплексного сорбенту карбосилікагелю по відношенню до типових надходжень поверхневих та підземних природних вод м. Дніпра, що містять у своєму складі органічні та мінеральні домішки. Показано, що за умов оптимального поєднання активованого вугілля із силікагелем, коли загальний вміст Карбону становить не менше 10 мас.%, досягається висока ефективність видалення, у тому числі й мінеральної складової води. Одержані результати свідчать про принципову можливість застосування карбосилікагелю як перспективного сорбенту для поліпшення якості питної води у локальних системах водоочищення.

Ключові слова: карбосилікагель, комплексний сорбент, адсорбційна здатність, надходження природних вод, органічні та мінеральні домішки.

Учасник наукового проєкту: Ларченко Сергій Васильович, учень 11 класу КЗ «Горнянівський навчально-виховний комплекс «ЗОШ I-III ступенів – Дошкільний навчальний заклад» Дніпровської районної ради Дніпропетровської області».

Актуальність дослідження. Питна вода є необхідним елементом життєзабезпечення населення. Від її якості залежить стан здоров'я людей, рівень їх санітарно-епідеміологічного благополуччя, ступінь комфортності та, як результат, соціальна стабільність суспільства. Тому забезпечення населення якісною питною водою є однією з найважливіших задач сьогодення [1, 2].

Джерелами централізованого водопостачання, як правило, є поверхневі води, частка яких у загальному об'ємі водозабору становить 68%, тоді як на підземні води припадає лише 32%. Практично усі поверхневі джерела в останні роки зазнали суттєвого впливу шкідливих антропогенних факторів, тому якість води в них не відповідає вимогам держстандарту. В окремих областях України через інтенсивне забруднення водних джерел, зменшення водності, засолення води, забруднення та виснаження підземних вод склалася вкрай важка ситуація із забезпеченням населення питною водою.

На сучасному етапі близько 90% води, що забирається з поверхневих та менше 30% – із підземних джерел підлягає обробітку для видалення надлишкових речовин та знезаражування. Через підвищену забрудненість джерел традиційні технології обробки води стали малоефективними, тому водопровідні системи не завжди забезпечують надійну водопідготовку та подачу населенню питної води гарантованої якості. За даними лабораторних досліджень, близько 21% проб питної води у водопровідних мережах не відповідають гігієнічним вимогам за санітарно-хімічними та близько 20% – за мікробіологічними показниками.

У зв'язку із цим головною метою нашого дослідження стала розробка методологічних аспектів поліпшення якості питної води за рахунок

застосування карбосилікагелю як перспективного сорбенту для зв'язування основних типів домішок органічного та мінерального походження. Висока адсорбційна здатність цього сорбенту по відношенню до типових надходжень природних вод дозволяє рекомендувати цей матеріал для застосування у локальних системах очищення води побутового призначення.

Аналізування останніх публікацій. Кожен житель у розвинутих країнах Європи щоденно споживає до 145 л питної води, з яких значну частину становить вода для миття та чищення, і лише 3 л – для пиття та приготування їжі. Її джерелами слугують, перш за все, ґрунтові води та водосховища. Очищення питної води здійснюється через ступені грубої очистки (видалення грубо-дисперсних домішок, осадження катіонів важких металів та речовин, що обумовлюють твердість води, газообмін за допомогою кисню), тонкої очистки (фільтрування зважених речовин), адсорбції (видалення мікробруднень та речовин, що надають воді запаху та присмаку), а також дезінфекції (окиснення мікроорганізмів). До основних джерел надходження води, окрім промисловості (заводи з виробництва целюлози, цукру, мила, шкіри та ін.) відносять також сільськогосподарські підприємства, які постачають переважно органічні забруднювачі, а також гірську та калійну промисловість. Побутові стічні води утворюються після миття та прання, а також сантехнічних заходів. Значний внесок становлять й так звані атмосферні води.

До основних надходжень стічних вод належать [3]:

– фосфати – продукти домашнього господарства (екскременти, засоби для чищення та прання) та сільськогосподарських підприємств (фосфатні добрива, продукти утримання сільськогосподарських тварин); ведуть до накопичення поживних речовин у водах, сприяючи посиленому розростанню у них шкідливих рослин (водоростей);

– нітрати – утворюються, зокрема, сільським господарством (утримання великої рогатої худоби, перегній, мінеральні добрива), кислотними дощами, вихлопними газами автомобілів; ведуть до накопичення поживних речовин у поверхневих водах (ГДК для йону NO_3^- становить 50 мг/л);

– солі – надходять із соляної промисловості (хлориди, сульфати);

– поверхнево-активні речовини – сильне забруднення вод цими компонентами на сьогоднішній день суттєво знижено завдяки застосуванню класів ПАВ, які є біологічно перетворюваними (*n*-алкілбензенсульфонати, етоксилати насичених спиртів та ін.) [4, 5].

Накопичення поживних речовин у водах призводить до розвитку рослинної біомаси. Її анаеробний розклад завдяки бактеріям веде до підвищення недостатності кисню. З цієї причини починають домінувати анаеробні процеси гниття, при яких утворюється метан, сірководень та амоніак. Ці речовини за умов майже повної відсутності кисню викликають відмирання живих істот. Контрміри для запобігання цьому явищу полягають у зменшенні концентрації фосфатних та нітратних сполук шляхом очистки стічних вод. При цьому ступінь забрудненості водойм встановлюється не лише за вмістом шкідливих домішок у воді, але й за числом видів живих істот, що населяють водні басейни. З метою оцінки їх якості розроблено систему сапробізації, що розрізняє зони забруднення водойм відповідно до наявних у них організмів-

індикаторів. Сапробії – це організми, що живляться продуктами гниття, наприклад мошки *Chironomidae*, що живуть у забруднених органічними речовинами водах. За числом їх зародків у 1 мл води виділяють чотири класи якості водних басейнів (див. табл. 1).

Таблиця 1 – Система сапробізації водойм за числом зародків *Chironomidae*

Клас якості	Характер забруднення	Число зародків	Ознаки
I	Незначне	$<10^2$ мл ⁻¹	Вода являє собою здоровий життєвий простір
II	Помірне	$<10^4$ мл ⁻¹	Велике розмаїття видів та їх висока щільність, є риба
III	Сильне	$<10^5$ мл ⁻¹	Сильне розростання водоростей, риби майже немає
IV	Надмірне	$>10^6$ мл ⁻¹	Дуже багато бактерій, переважають процеси гниття, риби немає

Концентрація забруднюючих стічну воду домішок при надходженні їх до водойм поступово зменшується за рахунок розбавлення стічної води водою басейну, хімічної взаємодії домішок з речовинами, що присутні у воді, а також внаслідок розкладання органічних домішок за допомогою аеробних мікроорганізмів. Здатність водойм до ліквідації забруднюючих домішок та відновлення природних якостей води називається їх самоочищувальною здатністю. Головну роль у процесах самоочищення відіграють біологічні перетворення. При цьому більшість неорганічних солей безпосередньо не беруть участь у процесах самоочищення, і їх шкідливий вплив послаблюється лише за рахунок розбавлення стічних вод. Процеси біологічного самоочищення пов'язані зі споживанням кисню, розчиненого у воді. Для попередження порушення кисневого режиму водойм кількість органічних речовин, що потрапляють зі стічними водами, не повинна перевищувати певної величини, що відповідає кількості кисню, який надходить з атмосфери, інакше вміст кисню у воді почне знижуватися, що призведе до загибелі флори та фауни. Самоочищувальна здатність водойм залежить від їх потужності, глибини, швидкості течії, температури води та інших факторів [6, 7].

У цілому, загальна схема очистки забрудненої води повинна забезпечувати мінімальне її скидання у водойми, а також максимальне використання у технологічних процесах та системах оборотного водопостачання із найбільш повним вилученням цінних домішок. Зокрема, до споруд механічної очистки відносять решітки, уловлювачі піску, відстійники, флотаційні та фільтраційні установки тощо. На цих спорудах видаляються переважно грубодисперсні домішки, хоча в деяких випадках може здійснюватися й коагуляція колоїдних часток. До споруд біологічної очистки, що призначені для біологічного руйнування органічних речовин, відносять аеротенки, біологічні фільтри, ставки та ін. Для очистки стічних вод також застосовують й реагентні методи (коагуляцію, флокуляцію та співосадження домішок).

Для очистки води від дрібнодисперсних та колоїдних часток використовують методи коагуляції та флокуляції, що обумовлюють злипання частинок з утворенням агрегатів, котрі легко видаляються з води механічними методами. При цьому коагуляційну очистку води здійснюють шляхом додавання сторонніх електролітів, а також гетерокоагуляцією, у тому числі під

впливом фізичних або хімічних факторів (перемішування, нагрівання, заморожування).

Процес очистки води від грубо- та дрібнодисперсних часток флотацією полягає в утворенні комплексів «частка-пухирець», які спливають на поверхню води та видаляються у вигляді пінного шару. Процес утворення комплексу «частка-пухирець» перебігає на межі поділу трьох фаз: частка – повітря – вода, й складається з окремих стадій, що включають початкове зближення частинки з пухирцем повітря в умовах спливання та їх подальший контакт із закріпленням пухирця на частці за рахунок сил прилипання. Міцність утвореного комплексу залежить від розмірів часток та пухирців, фізико-хімічних властивостей самих частинок та рідини (гідрофобність, густина, поверхневий натяг тощо), а також гідродинамічних умов здійснення процесу. При цьому важливе значення має так званий крайовий кут змочування. Для частинок, що добре змочуються водою, міцність прилипання є мінімальною, а для гідрофобних часток – навпаки, максимальною. Найкращі умови прилипання створюються за відносно невеликих швидкостей переміщення частинок та пухирців, а також при підвищенні температури. Зі збільшенням числа бульбашок газу ефективність очистки води зростає.

Вакуумна флотація здійснюється пухирцями, одержаними шляхом створення вакууму над водою, попередньо насиченою повітрям за атмосферного тиску. Метод напірної флотації полягає у насиченні води повітрям або іншими газами за умов надлишкового тиску з подальшим різким його зниженням до рівня атмосферного. Утворювані при цьому пухирці флотують частки забруднень на поверхню води. Електрофлотаційний спосіб очистки води полягає у перенесенні речовин з рідини на її поверхню за допомогою бульбашок газу, що утворюються при електролізі води. Газові пухирці піднімаються у рідині, стикаються зі зваженими частками, прилипають до них та флотують на поверхню.

Очистка води методом йонного обміну останнім часом набуває все більшого розповсюдження, оскільки цей метод дозволяє утилізувати цінні домішки, очищувати воду до рівня ГДК та забезпечувати можливість використання очищеної води у виробничих процесах або у системах оборотного водопостачання. Практичне застосування для очистки води одержали так звані синтетичні йонообмінні смоли. Ці сполуки складаються з просторово зшитих нерозчинних у воді полімерів, що містять активні йоногенні групи. При негативному заряді фіксованих груп іоніт обмінює катіони, а при позитивному – аніони. Перший їх різновид називають катіонітами, а другий – аніонітами. При контакті іонітів з водою відбувається їх обмежене набрякання. Зазвичай застосовують промислові зразки іонітів, що збільшують свій об'єм при набряканні у 1,5–2 рази. Однією з основних характеристик іонітів є їх обмінна ємність, гранична величина якої у загальному випадку визначається числом йоногенних груп. Характерною особливістю цих матеріалів, важливою для їх практичного застосування, є оберненість, тобто можливість проведення реакцій у зворотному напрямку, що дозволяє регенерувати іоніти.

Адсорбція активним вугіллям є одним з найбільш ефективних методів очистки води, що містить органічні домішки, та дозволяє досягнути глибокого

очищення – до норм ГДК для шкідливих речовин у водах промислового, оборотного, санітарно-побутового та іншого використання з одночасною утилізацією чи деструктивним руйнуванням вилучених речовин. Перевагою цього методу є можливість проведення адсорбції із багатокомпонентних сумішей з достатньо високою ефективністю, особливо при очищенні так званих низько концентрованих стічних вод. У ряду адсорбентів особливе місце займає активоване вугілля, яке адсорбує з води переважно органічні речовини. Адсорбційна здатність активного вугілля є наслідком розгалуженої поверхні та пористості цього матеріалу. Його питома поверхня зазвичай становить 400–900 м²/г, а адсорбційні властивості в значній мірі залежать від структури, величини пор та їх розподілу за розмірами. Окрім активного вугілля при деструктивному адсорбційному очищенні промислових вод застосовують також кокс, торф, шлак, попіл (золу), гідроксиди металів (переважно для вилучення високомолекулярних сполук та руйнування колоїдних систем), а також інші адсорбенти. Для видалення органічних речовин з поверхні активного вугілля застосовують витискувальну десорбцію, зміщення рівноважного стану системи за допомогою зміни концентрації адсорбату та температури процесу, переведення молекул слабких електролітів у дисоційовані (йонні) форми. За деструктивної регенерації застосовують окиснення хімічними реагентами та термічну деструкцію.

У промисловості процес адсорбції здійснюють за періодичною, напів-періодичною та безперервною технологічними схемами. В якості адсорбентів, як уже відмічалось раніше, використовують гранульоване, дрібнозернисте та високодисперсне активне вугілля. Адсорбція у нерухомому шарі дозволяє досягнути глибокого очищення води. Одним з основних недоліків цього методу є мала інтенсивність процесу, що обумовлена невеликою швидкістю адсорбції через повільну дифузію молекул у порах адсорбенту, а також необхідність періодичної регенерації вугілля у тому ж апараті – адсорбері. Інтенсифікація процесів адсорбції досягається за рахунок використання моделі киплячого шару дрібнозернистих (розмір часток 0,25–1,5 мм) та високодисперсних адсорбентів (менше 40 мкм). Одним з перспективних методів використання високодисперсного вугілля є адсорбція у киплячому шарі, стабілізованому високомолекулярними флокулянтами [8–10].

Новизна. Неодмінна умова для створення ефективних наповнювачів водоочисних фільтрів полягає, перш за все, у багатокомпонентності їх зернистих завантажень, що забезпечують належний рівень видалення домішок різної природи та поліпшують якість питної води, а також дозволяють скоротити час та зменшити кількість операцій при здійсненні водопідготовки. З цієї точки зору значну зацікавленість становить карбосилікагель, що поєднує у собі одразу два ефективні компоненти з порівняно високою адсорбційною здатністю по відношенню до типових надходжень природних вод. Цей матеріал є достатньо новітнім та перспективним у плані пошуку нових технологічних рішень щодо його подальшого практичного застосування, зокрема у локальних системах очищення води побутового призначення.

Викладення основного матеріалу. В якості об'єктів дослідження нами було обрано зразки поверхневих, а також підземних природних вод м. Дніпра

(Дніпропетровська обл.), які у значній мірі відрізнялися за своїм хімічним складом, та містили типові надходження у вигляді солей кальцію та магнію, а також органічних забруднювачів сільськогосподарських підприємств, у тому числі й поверхнево-активних речовин (ПАР). Предметом дослідження стало вивчення діапазонів твердості води, а також її перманганатної окиснюваності (за методом Кубеля) в умовах кип'ятіння до та після обробки зразків комплексним сорбентом з метою подальшого порівняння одержаних результатів між собою та встановлення кількісних показників ефективності застосування карбосилікагелю. Для цього використовувалися широкі можливості хімічних методів аналізу, зокрема кислотно-основного, окисно-відновного та комплексонометричного титрування за класичними методиками у поєднанні із інформативністю інструментальних методів аналізу, а саме визначення активної реакції водного середовища за допомогою рН-метрії.

Робочою гіпотезою проекту стали загальнотеоретичні уявлення про адсорбцію як один з найбільш ефективних методів очищення води. При цьому серед типових сорбентів особливе місце займає активне вугілля, що схильне до зв'язування переважно органічних домішок промислових стічних вод, та за умов його оптимального поєднання із силікагелем під загальною назвою «карбосилікагель», забезпечує більш високу ефективність видалення, у тому числі й мінеральної складової води. У зв'язку із цим головною метою дослідження стала розробка методологічних аспектів поліпшення якості питної води головних джерел водопостачання за рахунок застосування карбосилікагелю як перспективного сорбенту для зв'язування основних типів домішок органічного та мінерального походження.

Слід зауважити, що серед кремнієвих (силікатних) кислот із загальною формулою $n\text{SiO}_2 \cdot m\text{H}_2\text{O}$ (де $n=1-2$, $m=1-2$), у вільному стані виділені метакремнієва (метасилікатна) кислота H_2SiO_3 , ортокремнієва (ортосилікатна) кислота H_4SiO_4 , а також диметакремнієва (диметасилікатна) кислота $\text{H}_2\text{Si}_2\text{O}_5$, які за своєю природою є слабкими електролітами. У пересичених водних розчинах силікатні кислоти утворюють золі, які при $\text{pH} > 5-6$ переходять у гелі, а при висиханні дають силікагель. Їх одержують дією хлоридної або сульфатної кислоти на розчини натрій або калій силікату. Кремнієві кислоти є активними поглиначами парів та газів у промислових апаратах, а також у фільтрах для очистки мінеральних мастил та води [11]. Що стосується карбосилікагелю, то за зовнішнім виглядом він являє собою речовину чорного кольору із щільною структурою та високою адсорбційною здатністю по відношенню до водяних парів та органічних речовин. Для його приготування та активації нами застосовувалася стандартна методика, сутність якої описано нижче [12].

Технічне рідке скло розбавляли водою до вмісту 4,1 мас.% (SiO_2). До 50 мл розчину додавали 0,5 г активованого вугілля, висушеного при температурі 105°C та подрібненого до зерен діаметром 0,06–0,125 мм; ці співвідношення відповідали вмісту 10 мас.% $\text{C}_{\text{акт}}$ у кінцевому препараті, що був найбільш активним. Суміш перемішували 20 хв, після чого додавали по краплях 4%-ну хлоридну кислоту до кислої реакції середовища на лакмус. Перемішування продовжували до моменту коагуляції, який настував через 2–5 хв після додавання всієї необхідної кислоти. Стакан із гелем поміщали для дозрівання у

ексикатор на 2–3 дні; ступінь дозрівання гелю визначали шляхом надавлювання на нього пальцем. Дозрілий гель справляє достатній супротив, утворюючи тріщини навколо заглиблення. Гель розламували на шматки, підсушували на склі за кімнатної температури протягом двох діб, а потім – у термостаті при 40–50°C до вмісту вологи не більше 75–80%. Далі препарат промивали протягом 5–6 діб водою для видалення хлорид-йонів та висушували 60–70 год у термостаті за поступового підвищення температури із 40 до 120°C, після чого активували гель шляхом нагрівання при 240–250°C у фарфоровому тиглі, закритому кришкою.

Слід зауважити, що в якості альтернативи до синтезованого препарату нами також застосовувалася механічна суміш сорбентів, приготована на основі силікагелю із додаванням 10 мас.% активованого вугілля медичного призначення. При цьому у першому випадку мали справу із типовим ентеро-сорбентом «Атохил» ТОВ «Орісіл-Фарм», що містив чистий кремній діоксид із високим ступенем дисперсності, та дієтичною добавкою «Сорбофіт+» («Білий сорбент») від «Індустрії здоров'я», яка окрім цільового компонента у кількості 43 мас.% SiO₂ містила також допоміжні речовини, зокрема: мікрокристалічну целюлозу, лактозу, крохмаль та кальцій стеарат. Препарат «Активоване вугілля» від ТОВ «ОКСІД» та ПП «ФІТОБАД» у вигляді дієтичної добавки «Сорбофіт-Актив» в якості сторонніх речовин містив також крохмаль та тальк, які обов'язково слід брати до уваги у зв'язку із специфікою виконуваної роботи.

У табл. 2 наведено результати хімічного аналізу вихідних зразків води із поверхневих та підземних джерел водопостачання, а також водопровідної води, що дають можливість здійснити їх безпосереднє порівняння за показниками твердості та активної реакції середовища (рН).

Таблиця 2 – Показники твердості вихідних зразків води та їх активна реакція середовища (рН)

Показник	Джерело водопостачання		
	Водогін	Поверхневі води	Ґрунтові води
Загальна твердість, ммоль-екв/л	3,13	3,25	14,32
Тимчасова твердість, ммоль-екв/л	2,37	2,73	11,10
Постійна твердість, ммоль-екв/л	0,76	0,52	3,22
Рівень рН	7,28	8,07	8,12

Трилонометричне визначення загальної твердості свідчить про те, що сумарний вміст солей кальцію та магнію у водопровідній та річковій воді фактично є однаковим, тоді як колодязна вода містить значний сольовий фон та потребує його видалення з метою подальшого застосування води. Що стосується тимчасової твердості, що визначалася в умовах кислотно-основного титрування водних проб стандартним розчином хлоридної кислоти, то тут спостерігається схожа ситуація, а загальною рекомендацією із реagentного пом'якшення досліджуваних зразків може слугувати їх кип'ятіння та обробка содою із подальшим видаленням малорозчинних домішок.

Активна реакція середовища в усіх випадках вказує на слабо лужний характер води та свідчить про відсутність забруднень солями важких металів і

інших токсичних речовин, що сприяють підкисленню водного середовища, та цілком відповідає загальним вимогам до показників якості питної води за ДСанПіН 2.2.4-171-10 (див. табл. 3) [13].

Таблиця 3 – Деякі показники мінерального складу питної води за ДСанПіН 2.2.4-171-10

Показник	Норматив	Показник	Норматив
Загальна твердість, ммоль-екв/л	1,4–7,0	Кальцій, мг/л	25–75
Загальна лужність, ммоль-екв/л	0,5–6,5	Магній, мг/л	10–50

Значну зацікавленість становить також вивчення окиснюваності природних вод, що вказує на загальний вміст речовин-відновників, здатних за певних умов реагувати із калій перманганатом (метод Кубеля). Останній дозволяє визначати до 90% вмісту відновників у воді та слугує надійним методом для встановлення присутності забруднювачів органічного та мінерального походження, які підлягають окисненню у середовищі сульфатної кислоти. Повну окиснюваність води ще називають хімічним споживанням кисню (ХСК) та визначають у мгО/л [4]. У нашому випадку цей показник для колодязної води становить близько 12 мгО/л, а для поверхневих вод (р. Дніпро) – 54,4 мгО/л відповідно. Слід зауважити, що за нормативними вимогами [13] ХСК питної води не повинно перевищувати 15 мгО/л, а для побутового використання – 30 мгО/л. Тому у випадку річкової води загальною рекомендацією до очищення водного середовища може слугувати видалення надлишкової кількості відновників, головними джерелами надходжень яких можуть слугувати комунальні та промислові підприємства м. Дніпра.

Спираючись на одержані результати аналізу вихідних зразків води, нами було розглянуто деякі методологічні аспекти, спрямовані на поліпшення їх якості за рахунок обробки сорбентом у киплячому шарі. Такий режим очищення, з одного боку, забезпечить широкі можливості для видалення надлишкової твердості, значна частина якої представлена саме її тимчасовою складовою, а з іншого – дозволить максимально ефективно зв'язати домішки за рахунок взаємодій із розгалуженою поверхнею часток активного карбосилікагелю в умовах його максимально можливого набрякання, у тому числі й здійснивши процеси співосадження, що зрештою полегшить видалення кінцевого осаду. При цьому нами було постульовано дуже незначне зниження ефективності сорбування в умовах кипіння води, адже, виходячи із загальнотеоретичних уявлень, адсорбційні процеси носять переважно оборотний та слабо екзотермічний характер [14].

У табл. 4 показано результати дослідів, що включали обробку води у киплячому шарі високодисперсним кремній діоксидом із розміром часток не більше 40 мкм, а також у суміші із 10 мас.% дрібнозернистого активованого вугілля з ефективним діаметром частинок від 0,25 до 1,5 мм. При цьому у випадку колодязної води за рахунок застосування карбосилікагелю вдалося досягнути зменшення показника загальної твердості майже на 57%, тоді як сумарне зв'язування органічних домішок у річковій воді загалом становило близько 31%. В останньому випадку помітне зменшення окиснюваності води

дозволило досягнути рівня нормативних вимог, що висуваються до ХСК води побутового використання [13].

Таблиця 4 – Показники загальної твердості (ммоль-екв/л) та ХСК (мгО/л) в умовах кип'ятіння води до та після обробки вихідних зразків сорбентом

Джерело водопостачання	Кип'ятіння без сорбенту	Кип'ятіння із SiO ₂	Кип'ятіння із SiO ₂ + 10 мас.% С _{акт.}
Ґрунтові води	8,0 ммоль-екв/л	6,5 ммоль-екв/л	6,2 ммоль-екв/л
Поверхневі води	54,4 мгО/л	21,1 мгО/л	16,9 мгО/л

Таким чином, застосування карбосилікагелю продемонструвало високу адсорбційну здатність цього сорбенту по відношенню до типових складових природних вод, що зазвичай представлені домішками органічного та мінерального походження. До головних переваг запропонованого методу обробки води, порівняно із адсорбцією у нерухомому шарі, слід віднести поєднання глибокого очищення із високою інтенсивністю процесу. Останнє дозволяє рекомендувати цей матеріал як перспективний сорбент для застосування у локальних системах очищення води з метою поліпшення її якості. Серед подальших планів розвитку дослідження особливої уваги слід приділити розробці методів регенерації сорбенту, а також застосуванню флокулянтів для стабілізації киплячого шару.

Висновки. Основні результати, одержані у роботі, можна звести до наступних положень:

1. Опрацьовано загальну методику приготування та активації карбосилікагелю у лабораторних умовах, а також запропоновано альтернативні джерела одержання цього матеріалу зі збереженням його оптимального складу (10 мас.% активованого вугілля) та адсорбційних властивостей.

2. Шляхом хімічного аналізу вихідних зразків води основних джерел водопостачання визначено показники загальної, тимчасової та постійної твердості, активної реакції середовища (рН), а також перманганатної окиснюваності природних вод із наданням детальних рекомендацій щодо поліпшення їх якості.

3. Під час термічної обробки води у присутності карбосилікагелю показано суттєве зменшення показника загальної твердості (на 57%), а також зниження хімічного споживання кисню (на 31%), що свідчить про перспективність подальшого застосування цього сорбенту у локальних системах очищення води побутового призначення.

Список літератури:

1. Буря А.И., Кудина Е.Ф. Вода – свойства, проблемы и методы очистки. – Днепропетровск: Пороги, 2006. – 520 с.

2. Химия: Справочник школьника и студента / 10. Химия и окружающая среда: Гидросфера как область окружающей среды // К. Зоммер, К.-Х. Вюнш, М. Цеттлер; пер. с нем. (под ред. проф. Р.А. Лидина). – М.: Дрофа, 1999. – С. 331–334.

3. Лурье Ю.Ю. Аналитическая химия промышленных сточных вод. – М.: Химия, 1984. – 447 с.

4. Більченко М.М. Лабораторний практикум з аналітичної хімії. Кількісний аналіз: Навч. пос. – Суми: ВТД «Університетська книга», 2007. – С. 53–55, 125–126.
5. Кравченко С.В., Кліменко О.В., Штамбург В.В. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Хімія води» / Дніпропетровськ, 2013. – 44 с.
6. Токар А.В. Технологія водоочистки. Методичні рекомендації для самостійної роботи студентів денного відділення спеціальності «Гідротехніка (водні ресурси)» / Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет. – Дніпропетровськ, 2015. – 52 с.
7. Мельников К.О., Онопрієнко Д.М. Водопровідні очисні споруди і технологія поліпшення якості води в системах сільськогосподарського водопостачання: Навчальний посібник. – Дніпропетровськ: Поліграфіст, 1999. – 80 с.
8. Кононський О.І. Фізична і колоїдна хімія: Підруч. – 2-е вид., доп. і випр. – К.: ЦУЛ, 2009. – С. 192–212, 294–298.
9. Костржицький А.І., Калінков О.Ю., Тіщенко В.М., Берегова О.М. Фізична та колоїдна хімія: Навч. пос. – К.: ЦУЛ, 2008. – С. 243–255, 270–312.
10. Проскураков В.А., Шмидт Л.И. Очистка сточных вод в химической промышленности. – Л.: Химия, 1977. – 464 с.
11. Химия. Большой энциклопедический словарь: Кремниевые кислоты (гл. ред. И.Л. Кнунянц). – М.: Большая Российская энциклопедия, 1998. – С. 283.
12. Карякин Ю.В., Ангелов И.И. Чистые химические вещества. Руководство по приготовлению неорганических реактивов и препаратов в лабораторных условиях. – 4-е изд., пер. и доп. – М.: Химия, 1974. – С. 227–228.
- 13 Про затвердження Державних санітарних норм та правил "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною" (ДСанПіН 2.2.4-171-10). Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10>
14. Яцимирський В.К. Фізична хімія: Підруч. для студ. вищ. навч. закл. – К.; Ірпінь: Перун, 2010. – С. 425–445.

Коллективна наукова монографія

СУЧАСНИЙ ПЕДАГОГ

Том 4

Наукове видання