**Тема: НАЙНОВІТНІША СИСТЕМА БІОЛОГІЧНОЇ ОЧИСТКИ ВОДИ – БІОКОНВЕЄР**

**Мета:** сформувати знання про сучасну систему біологічної очистки води – біоконвеєр.

План

1. Будова аеротенка.
2. Склад активованого мулу.
3. Біоконвеєр.

**Основні терміни і поняття:** аеротенк,біоконвеєр,активований мул.

Основним всесвітньо поширеним традиційним методом біологічного очищення стічних вод є обробка їх в аеротенках. У відповідності з типовою технологічною схемою стічна вода після ретельного механічного очищення від різноманітного сміття, піску, жиру, інших дисперсних домішок, що осідають чи спливають у полі земного тяжіння, потрапляє у вузьку (3–11 м), глибоку (4–6 м) і довгу (30–400 м) споруду – аеротенк, де за постійної аерації очищається складним гідробіоценозом – активованим мулом. Після тривалої (6–24 і навіть більше годин) обробки стічна вода надходить у вторинний відстійник, в якому звільняється від активованого мулу, а потім потрапляє на доочищення (іноді після хлорування) у проміжні водойми (ставки) і, нарешті, у річку. Частину активованого мулу, що осідає у вторинному відстійнику, повертають до біологічної очисної споруди – аеротенку. Складну для розв’язання еколого-технологічну проблему створює за такої технології надлишковий мул: його дуже багато і він містить небезпечні віріони, мікроорганізми, яйця гельмінтів тощо, а також іони важких металів, біологічно стійкі, токсичні і навіть мутагенні сполуки.

Активований мул на 95 і більше відсотків складається з прокаріотів, здебільшого бактерій, і тільки менше 5% біомаси мулу становлять найпростіші. Складніші за своєю структурною організацією гідробіонти в активованому мулі трапляються дуже рідко, бо вони не мають шансів вижити у такій токсичній рідині, якою є сучасні (навіть побутові) стічні води. Адже останні містять ксенобіотики, а також токсичні продукти, що утворюються під час руху стоків довгими каналізаційними колекторами до очисних споруд.

Постійне погіршення хімічного складу стоків і водночас закономірне підвищення вимог до якості очищеної води диктує необхідність створення нових методів біологічної обробки води.

Саме такий метод вдалося нам розробити в Інституті колоїдної хімії та хімії води ім. А.В. Думанського НАН України завдяки принципово новому підходу до проблеми біологічного очищення води. Метод дістав назву «біоконвеєр».

Необхідно розрізняти два етапи в біологічному очищенні води: перший – очищення від речовин-забруднювачів (органічних, неорганічних розчинених у ній сполук) і другий – очищення води від істот-забруднювачів (біологічних об’єктів, головним чином мікроорганізмів).

Дві ідеї лежать в основі сучасного біологічного очищення води: просторова сукцесія мікроорганізмів-деструкторів (на етапі очищення води від розчинених у ній хімічних речовин) і розділений у просторі трофічний ланцюг водних організмів – від найпростіших до молюсків і риб (на етапі очищення води від мікроорганізмів).

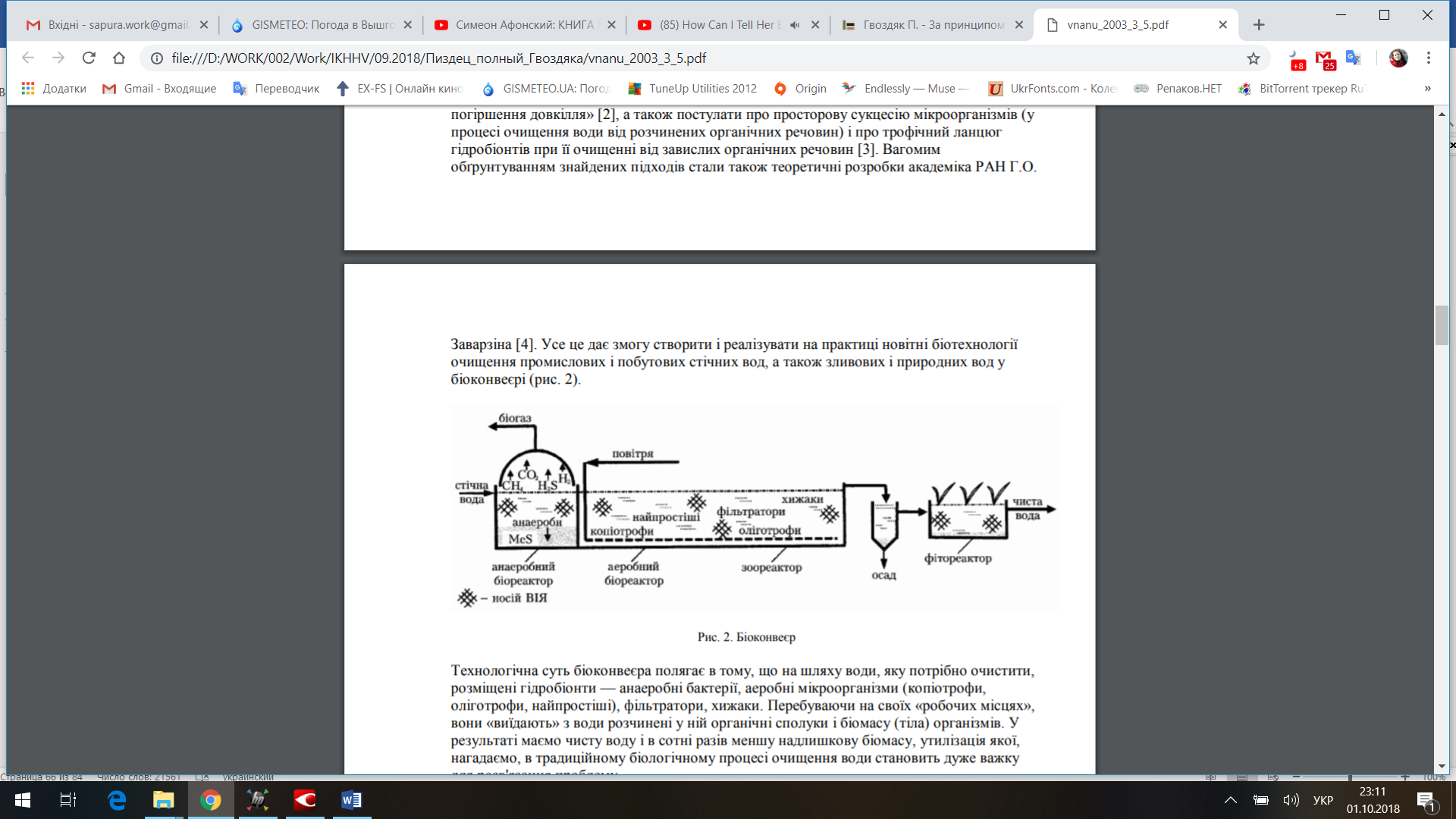
З ідеї про просторову сукцесію мікроорганізмів-деструкторів і гідробіонтів випливає один за одним ряд практично важливих висновків:

1. Система біологічного очищення стічних вод повинна бути прямоточною, без будь-якого повернення біомаси в голову споруди.
2. Забезпечити прямоточність – при такій колосальній різниці між швидкістю росту мікроорганізмів і швидкістю розбавлення стічною водою – можна лише за умови утримування мікроорганізмів в об’ємі біореактора. А це, у свою чергу, можна зробити, тільки закріпивши, іммобілізувавши мікроорганізмів-деструкторів на нерозчинних у воді носіях.
3. Пошук мікроорганізмів потрібно здійснювати за двома показниками – деструктивними і адгезійними властивостями (так звана «подвійна селекція»), просторова сукцесія передбачає використання не однієї, а цілого ряду культур, навіть ряду асоціацій мікроорганізмів.
4. Потрібно створювати максимально можливу концентрацію мікроорганізмів-деструкторів у всьому об’ємі біореатора, носій для іммобілізації мікроорганізмів повинен бути не тільки міцним, технологічним, стійким до дії мікроорганізмів, він не повинен бути інертним, а активним, діючим, наприклад, джерелом відсутніх елементів (азоту, фосфору, калію та інших) та по можливості брати участь в окисно-відновних реакціях, бути донором-акцептором електронів.
5. Необхідно забезпечити умови для оптимальної роботи мікроорганізмів-деструкторів і асоціатів у біореакторі (очисній споруді), використовувати такий потужний і ефективний фактор як чергування аеробних і анаеробних процесів.
6. Глибоке очищення стічних вод від органічних забруднень може бути досягнене тільки за використання на останніх стадіях мікробного процесу оліготрофних бактерій, тому що саме вони пристосовані харчуватися за рахунок органічних речовин у низьких, мізерних концентраціях. Для повного надійного очищення води просторова сукцесія мікроорганізмів-деструкторів повинна переходити у трофічний ланцюг вищих форм водних організмів, де надлишок бактерій виїдали б найпростіші, надлишок найпростіших – членистоногі, цих –риби, щоби врешті решт одним «забрудненням» води стали риби.

Біологічне очищення води стоїть на порозі радикальних змін, які, поза сумнівом, торкнуться не тільки очищення промислових, а й так званих «побутових» стічних вод.

Ілюстрацією вищенаведеному може слугувати практична реалізація досліджень відділу мікробіології очищення води ІКХХВ, який провів на низці підприємств дослідно-промислову перевірку розроблених їм біотехнологій очищення промислових стічних вод. Різні за складом забруднень, такі, що мають аліфатичні та ароматичні аміни, аніонні та неіоногенні ПАР, нітропродукти, метанол, етиленгліколі, пентаеритрит та інші, ці води мають те спільне, що їх неможливо очистити сучасними методами, та їх спалюють або закачують у підземні горизонти для захоронення. Прикріплені до нерозчинних у воді носіїв анаеробні та аеробні мікроорганізми – деструктори ксенобіотиків здатні знешкодити також стічні води, що продемонстровано в промислових масштабах на дослідно-промисловій установці з мікробного очищення від гексаметилендіаміну так званої «мертвої води», яка утворюється при виробництві хімічного волокна анід, і на заводі тонкого органічного синтезу впродовж трьох літ діє промислова установка з очищення води від іоногенних ПАР у високих (~10 г/л) концентраціях; також здійснюється мікробне очищення води від нітросполук та інших ксенобіотиків. Устаткування напрочуд просте, малогабаритне, екологічно нешкідливе, призводить до серйозної економії палива».

Усе це дало змогу створити і реалізувати на практиці новітні біотехнології очищення промислових і побутових стічних вод, а також зливових і природних вод у біоконвеєрі (рис. 8.1).

Рисунок 8.1 – Біоконвеєр

Технологічна суть біоконвеєра полягає в тому, що на шляху води, яку потрібно очистити, розміщені гідробіонти – анаеробні бактерії, аеробні мікроорганізми (копіотрофи, оліготрофи, найпростіші), фільтратори, хижаки. Перебуваючи на своїх «робочих місцях», вони «виїдають» з води розчинені у ній органічні сполуки і біомасу (тілá) організмів. У результаті маємо чисту воду і в сотні разів меншу надлишкову біомасу, утилізація якої, нагадаємо, в традиційному біологічному процесі очищення води становить дуже важку для розв'язання проблему.

Особливо цінно, що у біоконвеєрі, на відміну від біологічного очищення води зі зворотним активованим мулом, немає насилля над гідробіонтами: тут ніхто не змушує їх жити там, де їм не подобається, і кожен гідробіонт у запропонованій системі біологічного очищення води вільний у своєму виборі місця проживання. Це дуже важливо, оскільки тільки вільний організм працює з максимальною продуктивністю.

Біоконвеєр не має головних недоліків традиційного біологічного очищення води. По-перше, біоконвеєром можна очищати будь-які (природні, зливові, побутові, промислові стічні) води, що містять розчинені органічні сполуки, навіть гранично токсичні, канцерогенні чи мутагенні, за будь-яких їх концентрацій. По-друге, біоконвеєр дає змогу доводити якість очищеної води до бажаного, заданого ступеня чистоти. По-третє, він знімає проблему надлишкової біомаси, бо вона споживається і мінералізується у трофічному ланцюгу. Причому, що більша кількість трофічних рівнів задіяна у біоконвеєрі, то менше біомаси залишається в очищеній воді. Досить мати в очисній споруді трофічний ланцюг у 2–3 ланки, щоб зменшити кількість надлишкової біомаси у 100–1000 разів! Для цього під час біологічного очищення води потрібно використовувати не тільки прокаріотів, як це переважно відбувається при застосуванні активованого мулу, а й весь існуючий у сучасній біосфері арсенал евкаріотів – фільтраторів і хижаків різних трофічних рівнів. Тобто тут «працює» не тільки горизонтальна, а й «вертикальна» складова еволюційного процесу (рис. 8.2).

Склад активованого мулу можна порівняти з біотою, яка існувала на Землі в докембрійський період. Тодішній біоценоз був самодостатнім і міг у принципі забезпечити кругообіг елементів у природі. У цьому біоценозі мали бути одночасно такі мікроорганізми, які створювали послідовний ряд, де метаболіт (продукт) 1 мікроорганізму 1 слугував би субстратом організму 2, а продукт метаболізму організму 2 споживався б мікроорганізмом 3 і так далі, доки всі метаболіти не розклалися б повністю до Н2О і летких речовин (СО2, Н2S, NH3, N2 та ін.) або до нерозчинних у воді хімічних сполук (МеS, CaSO4, FePO4 тощо), які залишили б воду у вигляді газів чи осадів. Інакше розчинні метаболіти пригнічували б організми, котрі їх виділяють, і цикл кругообігу біогенних елементів у біосфері не був би замкненим.

Цей ланцюг перетворень назвали «горизонтальною складовою» еволюції. Попри її самодостатність вона мала дуже істотний недолік, що став неабияким благом для сучасного суспільства: в результаті функціонування «горизонтальної складової» у біосфері накопичилася величезна біомаса мікроорганізмів, акумулюючи в собі колосальну кількість вуглецю та інших біогенів і вилучаючи їх з кругообігу в природі. Виникла, здавалося б, безвихідна ситуація: біосфера загнала себе у глухий кут. Але життя знайшло елегантний вихід у вигляді біохімічного процесу, який одержав назву «автоліз» – ензиматичне самознищення, розклад біологічних структур кожного організму.

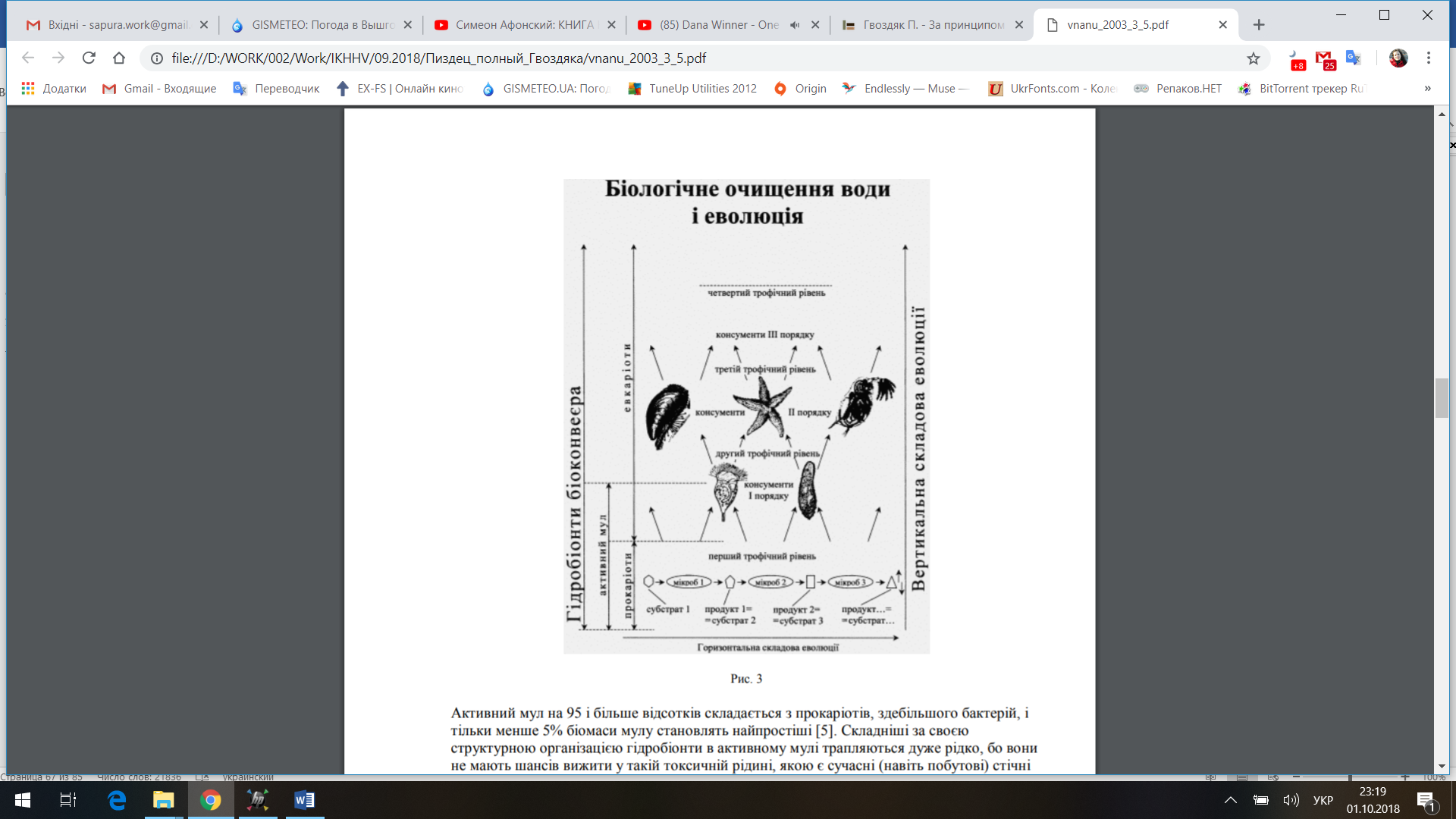


Рисунок 8.2 – Біолоогічне очищення води і еволюція

Однак автоліз – дуже повільний процес, і за швидкістю його не можна порівняти з процесами біосинтезу, розмноження організмів, наростання їх біомаси. Тож перш ніж досягти автолізу, біомаса мікроорганізмів «горизонтальної складової» еволюції встигала осісти разом з осадовими породами на дно водойм, ущільнитись там і надійно відгородитися мінеральними осадовими породами від решти біосферного світу. Саме з цих «надлишкових біомас» і виникли поклади нафти, газу, залізних і марганцевих руд, фосфоритів та інших дуже корисних копалин.

Поява евкаріотів і утворення «вертикальної складової» еволюції різко прискорили кругообіг елементів у біосфері, і нині в природі фактично не спостерігається помітного накопичення біомаси будь-яких організмів, бо кожен з них стає поживою у трофічних ланцюгах і сітках фільтраторів, хижаків, паразитів, деструкторів.

Отже, для того, щоб за біологічного очищення води не створювалася надлишкова біомаса, потрібно залучати до цього процесу «вертикальну складову еволюції» – вищі форми гідробіонтів.

У біотехнології очищення води доводиться виходити з того, що існує стічна вода, в якій присутні різні, у тому числі (а то й переважно) непередбачувані забруднення – іони важких металів, природні і синтетичні органічні сполуки, словом, не тільки вся таблиця Менделєєва, а й значна частина багатотомного довідника Бальштейна (рис. 8.3). Вода ця (особливо промислові стоки) то гаряча, то холодна, то кисла, то лужна, причому завжди щедро контамінована різноманітними хімічними сполуками та біологічними об'єктами. І ось з цієї суміші, склад і кількість якої постійно змінюється, потрібно в результаті біологічного процесу одержати чисту воду. Воду і більше нічого – жодних органічних метаболітів, біомаси, іонів важких металів. А оскільки перетворити весь цей бруд, що міститься у стічних водах, на H2O неможливо навіть теоретично, то біотехнологія очищення води передбачає трансформування інших елементів, крім водню і кисню, у нерозчинні у воді речовини, які переходять у повітря або випадають в осад.

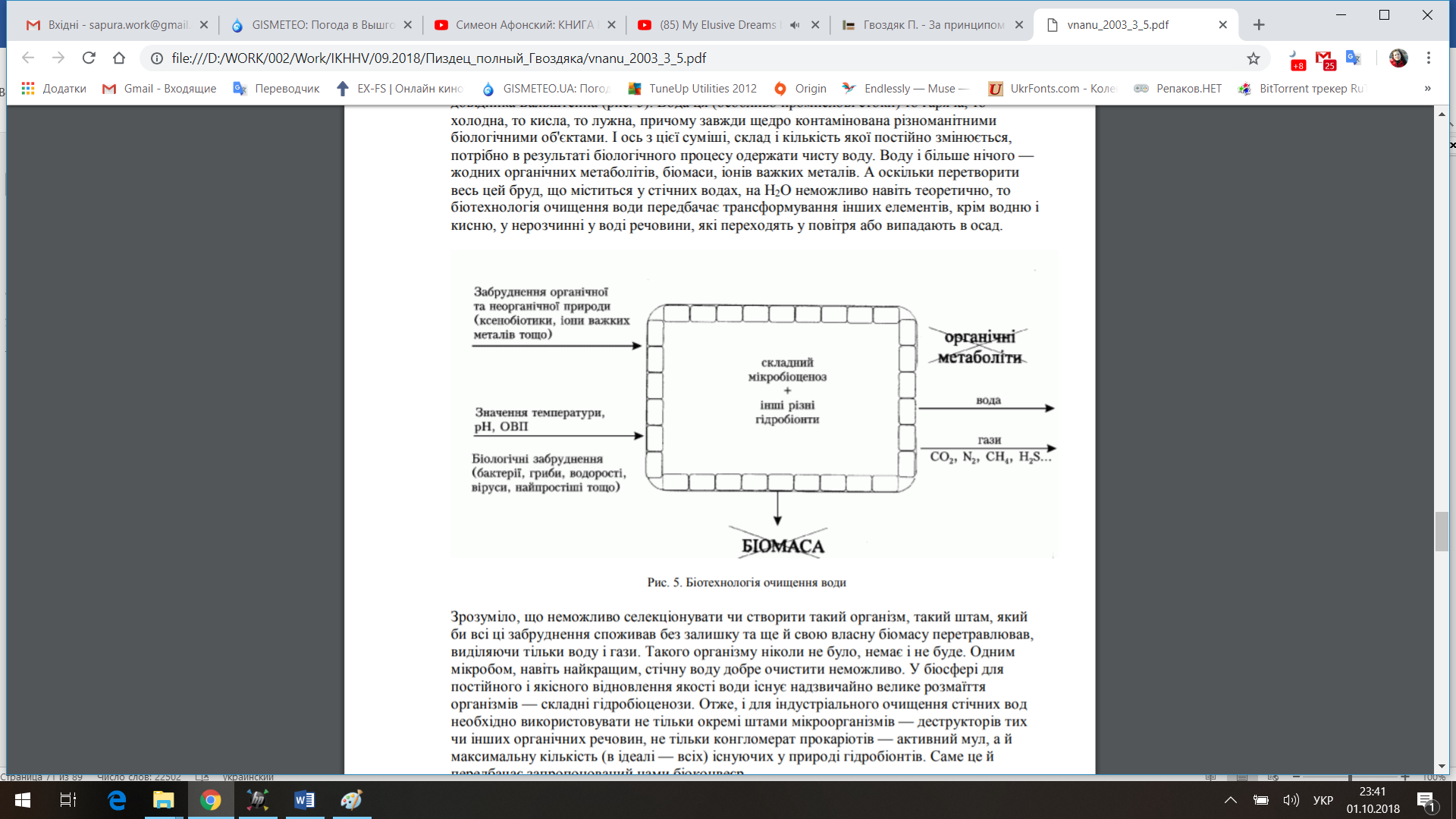


Рисунок 8.3 – Біотехнологія очищення води

Зрозуміло, що неможливо селекціонувати чи створити такий організм, такий штам, який би всі ці забруднення споживав без залишку та ще й свою власну біомасу перетравлював, виділяючи тільки воду і гази. Такого організму ніколи не було, немає і не буде. Одним мікробом, навіть найкращим, стічну воду добре очистити неможливо. У біосфері для постійного і надійного відновлення якості води існує надзвичайно велике розмаїття організмів – складні гідробіоценози. Отже, і для індустріального очищення стічних вод необхідно використовувати не тільки окремі штами мікроорганізмів – деструкторів тих чи інших органічних речовин, не тільки конгломерат прокаріотів – активований мул, а й максимальну кількість (в ідеалі – всіх) існуючих у природі гідробіонтів. Саме це й передбачає запропонований біоконвеєр. Біоконвеєр – економічно вигідна і екологічно раціональна біотехнологія води. За принципом біоконвеєра вже працюють сотні очисних споруд – нових і реконструйованих – з очищення промислових і побутових стоків, а також зливових і природних вод.