

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕМПЕРАТУРИ НА РЕЗУЛЬТАТИ ВИМІРЮВАННЯ ТОКСИЧНОСТІ ВОДИ ЗА ДОПОМОГОЮ БІОСЕНСОРА

© Бичківський Р., Гонсьор О., 2003

Національний університет “Львівська політехніка”, кафедра метрології, стандартизації та сертифікації,  
вул. С. Бандери, 12, 79013, Львів, Україна

*Описана температурна залежність біосенсора, який використовують для визначення токсичності води, а також необхідність термокомпенсації під час вимірювання.*

*Описана температурная зависимость биодатчика, используемого для определения токсичности воды, а также необходимость его термокомпенсации при измерениях.*

*The temperature relation of the biosensor is described, which one will be used for definition of toxicity of water, and also necessity of its thermal compensation at measurements.*

Якість питної води залежить від якості поверхневих водойм, які є головними джерелами централізованого господарсько-питного водопостачання в Україні. Сьогодні практично не залишилося жодної поверхневої водойми, яку за ступенем забруднення води, екологічним станом, основними санітарно-хімічними та мікробіологічними показниками можна зарахувати до водойм першої категорії.

Якість води визначають сукупністю певних параметрів. Одним із основних є токсичність води, яку спричиняють як неорганічні (кадмій, марганець, свинець), так і органічні речовини. У ГОСТі 2874-82 “Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль качества” та ДСанПіН “Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання” названо речовини, що вважають потенційно шкідливими для здоров'я людей, якщо вони наявні в питній воді в надлишковій кількості. Без сумніву, кількість речовин, які необхідно обмежувати в питній воді, зростає, оскільки є більше інформації про природу забрудників питної води та їх токсикологію. Значущість певних токсичних реакцій залежить від концентрації та періоду експозиції (взаємодії токсиканту з тестовим об'єктом). Певний несприятливий вплив на здоров'я пов'язаний з дрібними концентраціями хімічних речовин у воді, що можуть діяти тільки упродовж періоду (так званий хронічний процес).

Багато граничних значень, які встановлені для хімічних речовин у воді, ґрунтуються на допустимій щоденній нормі споживання, і тільки мала їх частина стосується питної води (наприклад, для пестицидів – 1%) [1].

В зв'язку з цим зростає роль контролю за скиданням стічних вод.

Сьогодні для ефективнішого контролю токсичності речовини застосовують інтегральний метод біологічної індикації, який передбачає використання біосенсорів.

Біосенсори – це інструментальні аналітичні пристрої, в яких біоматеріал (ферменти, імунні компоненти, клітини, тканини, органи і цілі організми) служать селективним елементом, який тісно контактує із спеціальною фізичною поверхнею, яку називають трансдюсером. Трансдюсер перетворює фізико-хімічний сигнал, що утворюється при взаємодії біоматеріалу з аналітичними речовинами, в електричний. Відповідно до типу трансдюсера, принципу реєстрації сигналу і різновиду біоматеріалу, біосенсори поділяють на електрохімічні (на основі макро- і планарних електродів, рН-чутливих польових транзисторів (рН-ПТ), які працюють на потенціометричному, амперометричному та кондуктометричному принципах), оптичні (оптоволоконні, а також ті, які базуються на поверхневому плазмовому резонансі (ППР), безвипромінювальному перенесенні енергії, “загасаючій” хвилі флуоресценції пористого кремнію тощо), акустичні (на п'єзокристалі, поверхнево-активній хвилі) калориметричні, а також ферментні, імунні, нуклеотидні, рецепторні, клітинні тощо [2].

Одною з найперспективніших є методика для контролю токсичності води із застосуванням одноклітинних водоростей. Показником, який характеризує їх життєдіяльність, може бути приріст біомаси за одиницю часу, активність газообміну, сповільнена флуоресценція чи електрофізіологічні характеристики.

Далі ми розглянемо сенсор для оцінювання рівня токсичності води. Основою оцінки токсичності став принцип визначення фізіологічного стану зелених водоростей за активністю фотосинтезу.

Фотосинтез – первинна ланка в ланцюгу біоенергетики фотосинтезувальної клітини. Тому фізіологічний стан клітини визначає стан її фотосинтетичного апарату. Вплив на клітину токсичних концентрацій хімічних речовин приводить до зміни активності фотосинтезу, про яку можна робити висновки за зміною в одиницю часу концентрації розчиненого кисню, який клітина виділяє в середовище перебування.

Активність фотосинтезу водоростей є надійним показником, який можна використати для оцінки незначних відхилень в зоні, яку контролюють. Тест-об'єктом є культура одноклітинних зелених водоростей *Chlorella*. Її вибір зумовлений простотою і зручністю роботи з нею.

Сенсор складається з: мікрокамери місткістю 10 мм<sup>3</sup>, яку заповнюють культурою водоростей, електрохімічного давача розчиненого кисню і джерела освітлення.

Камера сенсора є світлонепроникною і з'єднана світловодами з джерелом світла, який встановлено в корпусі сенсора. Торці світловодів введені в бокову поверхню мікрокамери. Нижня частина камери утворена планктонною сіткою, а верхня – газопроникною полімерною мембраною, яка виконана, наприклад, з поліетилену або тефлону. Електрохімічний сенсор розчиненого кисню встановлено з протилежного боку цієї мембрани. Камера також має отвір з патрубками, через які за допомогою шприца її заповнюють культурою водоростей. Через ті самі отвори промивають камеру від “відпрацьованої” культури в кінці аналізу. Наявність планктонної сітки дає змогу отримувати більшу щільність культури (25–100 млн/мл), відфільтровуючи клітини водоростей від живильного середовища. Це забезпечує високу чутливість сенсора і експресність аналізу. Крім того, наявність сітки забезпечує вільний доступ рідини, яку контролюють, в камеру. Електрохімічний сенсор розчиненого кисню має платиновий катод, діаметр якого дорівнює 0,1 мм. Застосування мікрокатада забезпечує незначне “власне” поглинання з камери. Похибка вимірювань становить не більше за 1% упродовж аналізу. Сенсор виконано розбірним з газопроникною мембраною і сіткою, які легко замінюються.

Виконуючи аналізи, необхідно знати особливості температурної залежності сенсора. Адже температура є

найважливішим чинником, що впливає на фізичні, хімічні, біохімічні та біологічні процеси, які відбуваються у воді. Від температури води значною мірою залежить кисневий режим, інтенсивність окислювально-відновних процесів, активність мікрофлори тощо.

Температура стічних вод може змінюватися в межах 10–45 °С. Як показали експерименти, температурна залежність сенсора включає температурну залежність дифузійного струму електрохімічного сенсора розчиненого кисню і температурну залежність фотосинтезу водоростей. Вплив температури на показники електрохімічного сенсора, як видно із графіків на рис. 1, зумовив необхідність його термокомпенсації.

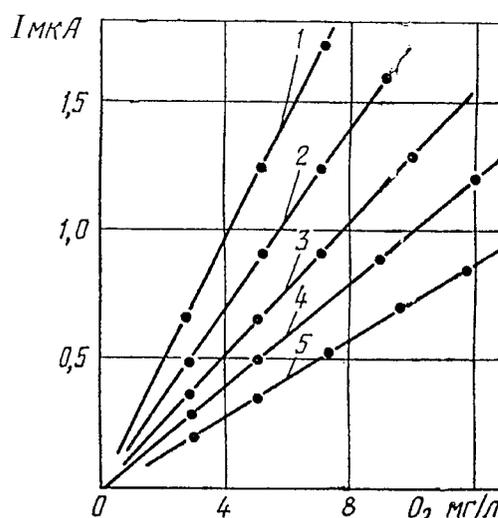


Рис. 1. Залежність дифузійного струму електрохімічного давача від концентрації кисню в середовищі при різних значеннях температури: 1 – при температурі, що дорівнює 15 °С; 2 – при 30 °С; 3 – при 40 °С; 4 – при 50 °С; 5 – показує термокомпенсованого давача

Застосування безкорпусного транзистора як термокомпенсувального елемента дало змогу виключити вплив температури на дифузійний струм електрохімічного давача (крива 5). Помилка в показах термокомпенсованого електрохімічного давача в температурному інтервалі 10–45 °С становила 1,5–4%.

На рис. 2 наведено результати вимірювання концентрації розчиненого кисню у воді при різних температурах. Крива 1 побудована за табличними даними [3], а крива 2 – за показниками електрохімічного сенсора. Як видно з рисунка, результати, отримані за допомогою термокомпенсованого сенсора, незначно відрізняються від істинних значень концентрацій розчиненого у воді кисню.

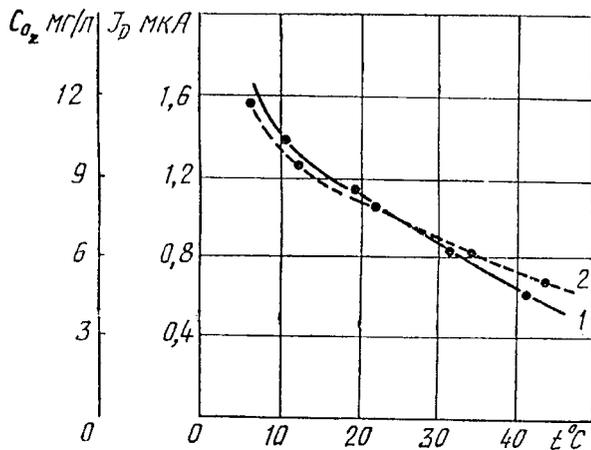


Рис. 2. Залежність зміни концентрації розчиненого кисню у воді від температури: 1 – графік, побудований за табличними даними; 2 – виміри сенсора, який термокомпенсований

Отже, для автоматичної термокомпенсації дифузійного струму електрохімічного сенсора можна використовувати безкорпусний транзистор, підключений до одного із входів диференціального підсилювача, другий вхід якого підключений до електрохімічного сенсора. Це пов'язано з тим, що колекторний струм транзистора має залежність від температури, близьку до експоненти, крутість якої визначається зміщенням на базі транзистора. Оскільки залежність від температури електрохімічного сенсора також має експоненційний характер, для термокомпенсації показів цього сенсора необхідно встановити робочу точку транзистора, що відповідає цій температурній залежності. Але це не виключає залежності від температури вимірювань для всього сенсора, що пов'язано із залежністю від температури активності фотосинтезу водоростей.

На рис. 3 (крива 1) подано температурну залежність фотосинтезу *Chlorella*. Як видно із графіка, цю залежність не можна компенсувати інструментальними методами в автоматичному режимі для всього діапазону зміни температур. Але в інтервалі 10–35 °С температурна залежність фотосинтезу має майже експоненційний характер. Така залежність дає змогу використовувати автоматичне введення поправок на температурну залежність фотосинтезу водоростей за допомогою додаткового термокомпенсуючого елемента. Можливе також ручне коригування. Крива 2 (див. рис. 3) побудована згідно з показами сенсора з додатковою термокомпенсацією.

Аналізуючи отримані результати за температурною залежністю сенсора, можна зробити висновок про те, що доцільно застосовувати сенсор для вимірювань в діапазоні температур 10–45 °С, причому необхідне введення подвійної термокомпенсації.

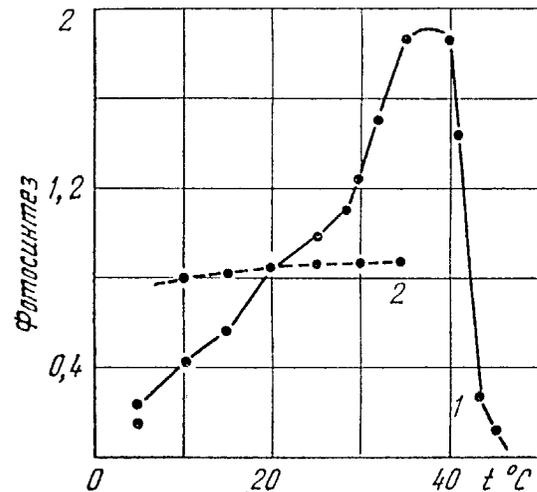


Рис. 3. Залежність дифузійного струму сенсора з культурою при освітленні від температури: 1 – залежність фотосинтезу від температури для *Chlorella*; 2 – з урахуванням поправок, які вносяться інструментально

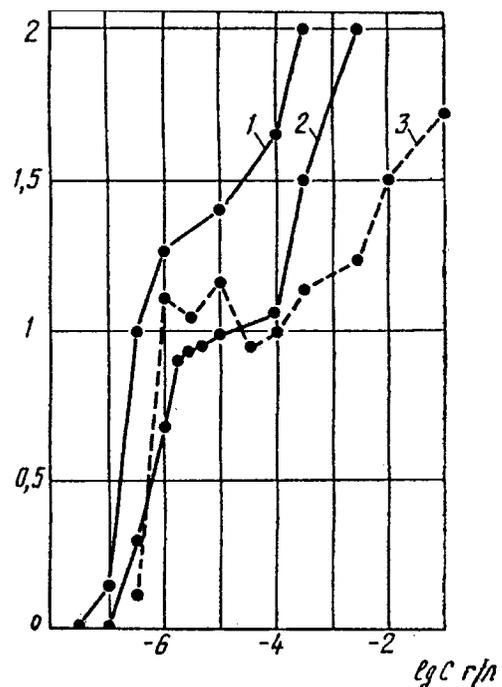


Рис. 4. Залежність відносної токсичності хімічних речовин від компенсації їх у водному середовищі для *Chlorella*: 1 – для  $\text{CuSO}_4$ ; 2 – для  $\text{AgNO}_3$ ; 3 – для фенолу

Розроблений сенсор було використано для оцінки відносної токсичності контрольованої рідини (рис. 4). Час контакту водоростей з хімічними речовинами становив 30 хв. Вимірювання виконувались при температурі, яка дорівнює  $24 \pm 0,2^\circ\text{C}$ . Отримані результати дають змогу говорити про задовільну чутливість розробленого сенсора.

Отже, описаний в статті сенсор можна використовувати для оцінки токсичності стічних вод. Його доцільно застосовувати як сигналізатор відхилення стічних вод від встановленої за регламентом цього підприємства

норми. Оперативний аналіз дає змогу забезпечити водні об'єкти від залпових скидів токсичних стічних вод, виявити винуватців забруднення і встановлювати порушення в технологічних процесах виробництва [4].

1. Twort A.C., Low F.M., Crowley F.W., Ratayaka D.D. *Water supply*. Arnold, 1994. 2. Стародуб Н.Ф. Биосенсоры и контроль пестицидов в воде и пищевых продуктах // *Химия и технология воды*. – Т. 23. – № 6. 3. *Электрохимический анализатор растворенного кислорода ИТ-6803*. Тарту, 1979. 4. Мацковский В.И., Лозанский В.Р., Савенко Д.В., Копылов А.Н. Датчик для оценки токсичности сточных вод. – М., 1998.

УДК 536.5

## ТЕМПЕРАТУРНАЯ ДИАГНОСТИКА ПОДЗЕМНЫХ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ

© Трикоз П., Грищенко Т., Менделеева Т., 2003

Институт технической теплофизики НАН Украины, ул. Желябова, 2а, 03057, Киев, Украина

*Описано температурный метод визначення теплозахисних властивостей підземних теплопроводів, наведено результати розрахунків, що підтверджують роботоздатність методу.*

*Описан температурный метод определения теплозащитных свойств подземных теплопроводов, приведены результаты расчетов, подтверждающих работоспособность метода.*

*The temperature method of thermal-insulation properties definition for underground heat pipes is described, results of calculations confirming serviceability of a method are resulted.*

Основными предпосылками надежной работы систем теплового снабжения являются минимальные потери теплоты и теплоносителя из сети. Вопросы своевременного контроля за состоянием подземных теплосетей приобретают исключительную актуальность.

Однако на практике ни при приемке, ни в эксплуатации состояние теплосетей не подвергается объективной диагностике. Сегодня длительно эксплуатируют сети с неудовлетворительным состоянием как теплоизоляционной конструкции, так и теплопроводов в целом.

Практика обследования подземных теплотрасс показала, что наиболее предпочтительным для их технической диагностики является метод неразрушающего контроля, основанный на сравнении расчетных и экспериментальных значений распределения температуры на поверхности грунта (покрытия) над прокладками теплотрасс [1].

Необходим пакет расчетных зависимостей, определяющих характер взаимосвязи наиболее типичных нарушений тепловой изоляции и повреждений трубопроводов с распределениями поверхностных зна-

чений температур над теплосетями. В каждом конкретном случае на формирование температурных полей на поверхности грунта (покрытия) над теплосетью влияют многие параметры: температуры воздуха, грунта и теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах, глубина залегания трассы в грунте, диаметры трубопроводов, материал и влагосодержание изоляции, вид и влагосодержание перекрывающего слоя грунта и т.д.

Поставленная задача решена осуществлено путем использования вычислительных программ, составленных согласно схем расчета тепловых и температурных полей теплотрасс в грунте, с помощью которых выполнен ряд расчетов для различных участков бесканальных и канальных теплосетей [2].

На рис. 1 и 2 представлены графики зависимости температуры поверхности над прокладкой сети от влагосодержания перекрывающего слоя грунта  $W_{гр}$ , кг/кг (вид грунта – глина, песок) и влагосодержания теплоизоляционной конструкции трубопроводов  $W_{из}$ , кг/кг (материал изоляции – мин. вата).