

**ISSN 2078-4481**

***ВЕСТНИК***

**Херсонского национального  
технического университета**



Херсон 2014

# ВЕСТНИК

## ХЕРСОНСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

### Редакционная коллегия:

профессор, заслуженный  
деятель науки и техники Украины

**Бардачев Ю.Н.**

— главный редактор

профессор **Савина Г.Г.**

— заместитель главного редактора

доцент **Розов Ю.Г.**

— заместитель главного редактора

начальник отдела информационного  
обеспечения **Корнева А.А.**

— ответственный секретарь

### Состав редакционной коллегии:

Проф. **Валько Н.И.**

Проф. **Сарибеков Г.С.**

Проф. **Коваленко Н.А.**

Проф. **Семенченко Ф.Г.**

Проф. **Костогрыз А.П.**

Проф. **Сошко А.И.**

Проф. **Кричмар С.И.**

Проф. **Сусоров В.Д.**

Проф. **Крючковский В.В.**

Проф. **Тихосова А.А.**

Проф. **Кузьмина Т.О.**

Проф. **Фомишина В.Н.**

Проф. **Луняка К.В.**

Проф. **Ходаков В.Е.**

Проф. **Миколайчук Н.С.**

Проф. **Чепелюк Е.В.**

Проф. **Мищенко А.В.**

Проф. **Чурсина Л.А.**

Проф. **Новиков А.А.**

Проф. **Шарко А.В.**

Проф. **Повстяной М.В.**

Проф. **Шарко М.В.**

Проф. **Прохорова И.А.**

Проф. **Сарапина О.А.**

### Международный состав редакционной коллегии:

Д.н. **Димитрова В.Я.** (Республика Болгария)

Проф. **Партицкий С.** (Республика Польша)

Проф. **Коган А.Г.** (Республика Беларусь)

**ISSN 2078-4481**

# ***ВІСНИК***

**Херсонського національного  
технічного університету**



Херсон 2014

# ВІСНИК

## ХЕРСОНСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

### Редакційна колегія:

професор, заслужений  
діяч науки і техніки України

**Бардачов Ю.М.**

— головний редактор

професор **Савіна Г.Г.**

— заступник головного редактора

доцент **Розов Ю.Г.**

— заступник головного редактора

начальник відділу інформаційного  
забезпечення **Корнева А.О.**

— відповідальний секретар

### Склад редакційної редколегії:

Проф. **Валько М.І.**

Проф. **Сарібеков Г.С.**

Проф. **Коваленко М.А.**

Проф. **Семенченко Ф.Г.**

Проф. **Костогриз О.П.**

Проф. **Сошко О.І.**

Проф. **Крічмар С.Й.**

Проф. **Сусоров В.Д.**

Проф. **Крючковський В.В.**

Проф. **Тіхосова Г.А.**

Проф. **Кузьміна Т.О.**

Проф. **Фомішина В.М.**

Проф. **Луняка К.В.**

Проф. **Ходаков В.Є.**

Проф. **Миколайчук Н.С.**

Проф. **Чепелюк О.В.**

Проф. **Міщенко Г.В.**

Проф. **Чурсіна Л.А.**

Проф. **Новіков О.О.**

Проф. **Шарко О.В.**

Проф. **Повстяной М.В.**

Проф. **Шарко М.В.**

Проф. **Прохорова І.А.**

Проф. **Сарапіна О.А.**

### Міжнародний склад редакційної колегії:

Д.н. **Димитрова В.Я.** (Республіка Болгарія)

Проф. **Коган О.Г.** (Республіка Білорусь)

Проф. **Партицький С.** (Республіка Польща)

**ISSN 2078-4481**

***HERALD***

**Kherson National  
Technical University**



Kherson 2014

# VISNYK

## OF KHERSON NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY

### Editorial Board:

Prof., Honored Worker  
of Science and Technology of Ukraine

**Bardachov Y.N.**

— Editor-in-Chief

Prof. **Savina G.G.**

— Deputy Editor-in-Chief

Assoc. Prof. **Rozov Y.G.**

— Deputy Editor-in-Chief

Head of information security

**Korneva A.A.**

— Executive Secretary

### The Composition of the Editorial Board:

Prof. **Val'ko N.I.**

Prof. **Saribekov G.S.**

Prof. **Kovalenko N.A.**

Prof. **Semenchenko F.G.**

Prof. **Kostogryz A.P.**

Prof. **Soshko A.I.**

Prof. **Krichmar S.I.**

Prof. **Susorov V.D.**

Prof. **Kryuchkovskiy V.V.**

Prof. **Tikhosova A.A.**

Prof. **Kuz'mina T.O.**

Prof. **Fomishina V.M.**

Prof. **Lunyaka K.V.**

Prof. **Khodakov V.Ye.**

Prof. **Mikolaychuk N.S.**

Prof. **Chepelyuk Ye.V.**

Prof. **Mishchenko A.V.**

Prof. **Chursina L.A.**

Prof. **Novikov A.A.**

Prof. **Sharko A.V.**

Prof. **Povstyanoy M.V.**

Prof. **Sharko M.V.**

Prof. **Prokhorova I.A.**

Prof. **Sarapina O.A.**

### The International Composition of the Editorial Board:

PhD **Dimitrova V. Ya.** (The Republic Of Bulgaria)

Prof. **Kogan A.G.** (The Republic Of Belarus)

Prof. **Partitskiy S.** (The Republic Of Poland)

## СОДЕРЖАНИЕ

## ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ НАУКИ

- Баганов Є.О., Андропова О.В., Курак В.В.** Розрахунок контактного переохолодження для гетероепітаксії бінарних сполук виду АВ/СD з рідкої фази..... 11

## ИНЖЕНЕРНЫЕ НАУКИ

- Драпалюк М.В.** Исследование особенностей технологии бетонов повышенной долговечности, содержащих демпфирующие компоненты, для транспортных сооружений..... 17
- Осадчий С.И., Федотова М.А., Скрынник И.А.** Компенсация транспортного запаздывания в каналах управления тепловым объектом способом упредителя Смита..... 22
- Розов Ю.Г.** Новые технологии изготовления прецизионных трубчатых изделий с профилированной внутренней поверхностью..... 29
- Семенов С.О.** Особливості руху колісної пари з рухомими гребенями..... 36
- Шворнікова Г.М.** Управління якістю у логістичних системах залізничного транспорту..... 41
- Шолом П.С.** Особливості розрахунку електромагнітних кіл індуктивних перетворювачів лінійних переміщень..... 46

## ТЕХНОЛОГИЯ ЛЕГКОЙ И ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

- Березовський Ю.В.** Застосування нових технічних рішень у виробництві лляної продукції..... 51
- Галик І.С., Семак Б.Д.** Використання нанотехнологій для захисту текстилю від шкідливих мікроорганізмів..... 59
- Гнідець В.П., Гнідець Ю.М., Скропишева О.В., Смоліна О.М.** Дослідження впливу складів гелей на основі альгінату та водорозчинних полімерів на їх реологічні властивості..... 65
- Горбовий А.Ю., Бойко Г.А.** Товарознавча оцінка змішаної пряжі з волокнами льону олійного та полієфіру..... 71
- Зубкова К.В.** Регулювання амінокислотного обміну плодів та овочів за допомогою попередньої обробки сировини..... 76
- Калінський О.Є.** Удосконалення та автоматизація процесів визначення якісних показників лляного волокна..... 81
- Маринченко І.О.** Дослідження стебел конопель як об'єкта руйнування..... 87
- Меняйло-Басиста І.О., Чурсіна Л.А.** Наукові основи інноваційної технології виробництва целюлозно-паперової продукції..... 92
- Пашкевич К.Л.** Прогнозування композиційно-конструктивних параметрів моделей чоловічих піджаків..... 98
- Попович Т.А., Вишнеvsька Л.В., Іванишук С.М., Чечина І.Г.** Дослідження можливості очистки стічних вод від синтетичних поверхнево-активних речовин адсорбційним методом..... 105
- Прісс О.П.** Прогнозування урожайності пасльонових плодів та об'ємів переробки і зберігання..... 111
- Пушкар Г.О., Семак Б.Д.** Проблеми формування асортименту товарів з коноплі..... 117
- Рацук М.Є.** Одержання модифікованого крохмалю..... 123
- Сарибекова Ю.Г., Семешко О.Я., Мясников С.А.** Экспериментальное исследование параметров электроразрядной нелинейной объемной кавитации в процессе модификации шерстяного волокна..... 128

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- Вирозуб Р.М., Штофель Д.Х., Злепко С.М.** Алгоритм функціонування автоматизованого діагностичного комплексу в режимі телемедичного консультування (ТМК)..... 134
- Злепко С.М., Тимчик С.В., Московко М.В.** Інформаційно-структурна модель перехідного стану від хвороби до здоров'я..... 140

<b>Вірченко Г.А., Колосова О.П.</b> Застосування структурно-параметричного геометричного моделювання для оптимізації конструкції хвилеводів і концентраторів ультразвукового технологічного обладнання.....	145
<b>Новиков А.А., Бакурин М.Г., Мешков А.Ю.</b> Электронный учебный комплекс для проведения лабораторных работ по теории электронных и электрических цепей.....	150
<b>Рудак С.М., Мельничук С.І.</b> Особливості застосування первинних перетворювачів у інформаційно-вимірювальних системах витрати газу.....	156
<b>Стрембовский Ю.Г., Горохов В.А., Костогрыз А.П.</b> Анализ процессов волновой энергетики – экологически чистая энергетика.....	162
<b>Фауре Е.В., Вишня М.І., Чернобай В.А.</b> Оцінка закону розподілу випадкових чисел комбінаційного генератора у k-вимірному просторі.....	169

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

<b>Баганов Є.О., Андропова О.В., Курак В.В.</b> Моделювання роботи системи теплозабезпечення на основі підземного теплового акумулятора, теплових сонячних колекторів та теплового насосу.....	174
<b>Серикова Е.Н., Стрельникова Е.А., Яковлев В.В.</b> Математическое моделирование изменения уровней грунтовых вод в городах с учетом ведущих режимообразующих факторов.....	182
<b>Степанчиков Д.М., Дон Н.В.</b> Використання моделі одномірної потенційної ями на лабораторному практикумі з ядерної фізики.....	191

## ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

<b>Бардачов Ю.М., Коваленко М.А.</b> Відродження текстильної промисловості – шлях до повної незалежності України.....	196
<b>Власенко Н.А., Власенко А.Л.</b> Український жіночий костюм – важливий ресурс культурно-пізнавального туризму.....	202
<b>Коваленко М.А., Чурсіна Л.А.</b> Шляхи відродження текстильної промисловості та її сировинної бази.....	207
<b>Малєєв В.О., Безпальченко В.М.</b> Еколого-економічні проблеми використання земельних ресурсів – базової складової природно-ресурсного потенціалу Херсонської області.....	212
<b>Петряніна К.О., Мешкова-Кравченко Н.В.</b> Асортиментна політика на підприємстві.....	219
<b>Пруткова А.О., Мешкова-Кравченко Н.В.</b> Збут як елемент комерційної діяльності підприємства.....	224
<b>Череп А.В., Юдіна Х.К.</b> Класифікація внутрішнього контролю: систематизація невирішених питань і протиріч.....	229
<b>Швороб Г.М., Лепьохіна О.В.</b> Фінансові аспекти державного регулювання ринку продукції сільськогосподарського машинобудування.....	235
<b>Шевченко О.В.</b> Формування інструментального набору підтримки повного циклу стандартизованого управління проектами.....	242

## ПРОБЛЕМЫ ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ

<b>Дон Н.Л.</b> Розробка лабораторного стенду з основ вітроенергетики.....	247
<b>Костишин С.В., Лаугс Е.Л., Новиков В.А.</b> Выбор тестовых методик для психологического тестирования студентов.....	253



---



---

**CONTENS**


---



---

**FUNDAMENTAL SCIENCES**

- Baganov Ye.O., Andronova E.V., Kurak V.V.** Calculation of contact supercooling for heteroepitaxy of binary compounds kind AB/CD from the liquid phase..... 11

**ENGINEERING SCIENCES**

- Drapaluk M.V.** Nvestigation of concrete technology high life containing damp components for transport facilities..... 17
- Osadchy S.I., Fedotova M.O., Skrynnik I.A.** Predictor Smith as a means of compensating lags grain dryers cascade type with a boiling layer..... 22
- Rozov Yu. G.** New technologies manufacture of precision tubular products with a profiled internal surface..... 29
- Semenov C.A.** The features of motion wheel pair's with mobile combs..... 36
- Shvornikova A.M.** Quality management in logistics rail system..... 41
- Sholom P.S.** Distinctive features of the electromagnetic circuits calculation of inductive linear motion converters..... 46

**THE TECHNOLOGY OF LIGHT  
AND FOOD INDUSTRY**

- Berezovsky Y.V.** Application of new technical decisions in the production of flax products..... 51
- Halyk I.S., Semak B.D.** Nanotechnologies use for textile protecting from harmful microorganisms..... 59
- Hnidets V.P., Hnidets Y.N., Skropisheva E.V., Smolina O.N.** Study effect of composition gels based on alginate and watersolution polymers on their rheological properties..... 65
- Horbovoy A.J., Boyko G.A.** Merchandising valuation of mixed yarn with fibers oil flax and polyester..... 71
- Zubkova K.V.** Regulation of exchange amino acid fruits and vegetables through treatment of raw materials..... 76
- Kalinskiy Ye .O.** Improvement and automation of processes of flax fiber quality determination..... 81
- Marynchenko I.O.** Research of the hemp stems as object destruction..... 87
- Mieniailo-Basysta I.O., Chursina L.A.** Scientific basis of innovative manufacturing pulp and paper products..... 92
- Pashkevich K.L.** Prognostication composition-structural parameters of models of mens jackets..... 98
- Popovych T.A., Vishnevskaya L.V., S.M. Ivanyshchuk, Chechyna I.G.** The research on possibilities of treatment of wastewater contaminated with synthetic surfactants using the adsorption method..... 105
- Priss O.P.** Solanaceae vegetables yield prediction and its processing and storage volumes..... 111
- Pushkar H.O., Semak B.D.** Problems of building the assortment of items made of hemp..... 117
- Racuk M.E.** Receipt of the modified starch..... 123
- Saribekova YU.G., Semeshko O.YA., Miasnikov S.A.** Experimental study of electro-bit nonlinear volume cavitation parameters in wool fiber modification process..... 128

**INFORMATION TECHNOLOGIES**

- Vyrozub R.M., Shtofel D.Kh., Zlepko S.M.** Functional algorithm for automated diagnostic system in telemedical consultanion mode (TCM)..... 134
- Zlepko S.M., Tymchyk S.V., Moskovko M.V.** Information and structural model of intermediate state of disease to health..... 140
- Virchenko G.A., Kolosova O.P.** Using of structural-parametric geometrical modeling for design optimization of waveguides and concentrators of ultrasonic technological equipment..... 145
- Novikov A.A., Bakurin M.H., Meshkov A.Y.** Electronic educational complex for laboratory works on the theory of electronic and electric circuits..... 150

<b>Rudak S.M., Melnychuk S.I.</b> Of feature of application of primary transformers in informatively instrumentation systems of gas expense.....	156
<b>Strembovskiy Yu.G., Gorokhov V.A., Kostogryz A.P.</b> Analysis of wave energy-clean energy.....	162
<b>Faure E.V., Vyshna M.I., Chornobay V.A.</b> The evaluation of k-dimensional space distribution law of combination generator random numbers.....	169

## MATHEMATICAL MODELING OF PHYSICAL AND TECHNOLOGICAL PROCESSES AND TECHNICAL SYSTEMS

<b>Baganov Ye.O., Andronova E.V., Kurak V.V.</b> Simulation of work of heat supply system based on underground heat accumulator, sun heat collectors, and heat pump.....	174
<b>Sierikova O.M., Strelnikova O.O., Yakovlev V.V.</b> Mathematical modelling of groundwater level changing in cities taking lead factors of the water balance.....	182
<b>Stepanchikov D.M., Don N.L.</b> Using the model of one-dimensional potential well for a laboratory work of nuclear physics.....	191

## ECONOMICAL SCIENCES

<b>Bardachov Yu.M., Kovalenko M.A.</b> Revival of textile industry – the way to complete independence of Ukraine.....	196
<b>Vlasenko N.A., Vlasenko A.L.</b> Ukrainian women's costume is an important resource cultural tourism.....	202
<b>Kovalenko M.A., Chursina L.A.</b> The path revival of textile industry and its raw material base.....	207
<b>Malieiev V.A., Bezpалchenko V.M.</b> Ecological and economic use of land resources is a basic component of natural-resource potential of Kherson region.....	212
<b>Petrynina K.O., Meshkova-Kravchenko N.V.</b> Assortment policy in the enterprise.....	219
<b>Prutkova A.O., Meshkova-Kravchenko N.V.</b> Sales as an element of business enterprise.....	224
<b>Cherep A.V., Yudina K.K.</b> Internal control classification: unsolved issues and contradictions systematization.....	229
<b>Shvorob G.M., Lepekhina O.V.</b> Financial aspects of government regulation market of agricultural machinery.....	235
<b>Shevchenko E.V.</b> Formation of a set of tools to support the complete cycle of standardized project management.....	242

## PROBLEMS OF THE HIGHER SCHOOL

<b>Don N.L.</b> Development of the laboratory test bench in wind-power engineering.....	247
<b>Kostishin S.V., Laughs E.L., Novikov V.A.</b> Choice of test methods for psychological testing of students.....	253

УДК 544:628

Т.А. ПОПОВИЧ, Л.В. ВИШНЕВСЬКА, С.М. ІВАНИЩУК

Херсонський державний університет

І.Г. ЧЕЧИНА

Херсонський кооперативний економіко-правовий коледж

## **ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ОЧИСТКИ СТІЧНИХ ВОД ВІД СИНТЕТИЧНИХ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН АДСОРБЦІЙНИМ МЕТОДОМ**

*У даній роботі розглянуто адсорбційний метод очистки стічних вод від синтетичних поверхнево-активних речовин (СПАР) з використанням природних сорбентів – відходів агропромислового комплексу (шкарлупа соняшникового та гарбузового насіння). У ході роботи встановлені оптимальні умови проведення адсорбційного процесу вилучення СПАР із водного розчину: розрахована доза адсорбенту, межі водневого показника та час контакту фаз. Доведено, що серед обраних природних сорбентів більшою адсорбційною ємністю володіє шкарлупа гарбузового насіння. У порівнянні з традиційним адсорбентом – активованим вугіллям – даний показник у 2 рази менший для шкарлупи гарбузового насіння, але переваги останнього обумовлені відсутністю витрат на його регенерацію. Використання рослинних адсорбентів також зменшує надходження у навколишнє середовище відходів агропромислового комплексу.*

*Ключові слова: стічні води, методи очистки, синтетичні поверхнево-активні речовини, адсорбент, адсорбція.*

T.A. POPOVYCH, L.V. VISHNEVSKAYA, S.M. IVANYSHCHUK

Kherson State University

I.G. CHECHYNA

Kherson Cooperative Economics And Law College

## **THE RESEARCH ON POSSIBILITIES OF TREATMENT OF WASTEWATER CONTAMINATED WITH SYNTHETIC SURFACTANTS USING THE ADSORPTION METHOD**

### **Abstract**

*This paper reviews the adsorption method of treatment of wastewater contaminated with synthetic surface-active agents (surfactants) using natural sorbents – residues from agriculture (shell of sunflower seed and pumpkin seed). The research allowed to determine the optimal conditions of adsorption process that extracts surfactants from aqueous solutions: the adsorbent dose, pH limits and contact time phases were calculated. It was proved that a shell of pumpkin seed has the highest adsorption capacity among selected natural sorbents. This figure is two times smaller compared with the traditional adsorbent - activated carbon, but a shell of pumpkin seed has advantages due to the lack of expenditures on its recovery. The use of vegetable adsorbents reduces the emissions of agricultural waste into the environment.*

*Keywords: wastewater, wastewater treatment methods, synthetic surfactants, adsorbent, adsorption.*

### **Постановка проблеми**

Актуальним на сьогоднішній день є питання збереження водних ресурсів, які останнім часом невпинно забруднюються недоочищуваними стічними водами. Одними із найнебезпечніших серед забруднювачів виступають синтетичні речовини – так звані «ксенобіотики» (чужі життю), зокрема, синтетичні поверхнево-активні речовини (СПАР), які містяться у складі синтетичних миючих засобів (детергентів), зокрема в засобах для миття посуду та пральних порошках, які широко використовують у побуті, на підприємствах харчової промисловості, в сфері побутового обслуговування, на великих станціях техобслуговування тощо.

Саме синтетичні поверхнево-активні речовини в сучасних умовах глобалізації забруднення довкілля викликають особливе занепокоєння через їх повільний і неповний розклад, нездатність брати участь в обмінних процесах і накопичуватися у водних об'єктах на Землі [1]. У місцях скупчення небезпечної речовини на поверхні води спостерігається «цвітіння» синьо-зелених водоростей, які при розкладанні отруюють воду і рибу. Потрапляючи з водою до живих організмів, СПАР призводять до порушення обмінних процесів, викликають зниження імунітету, алергію, вражають мозок, печінку, нирки та легені [2, 3, 4].

Традиційно очищення стічних вод здійснюється на міських очисних спорудах з використанням біологічних методів очищення за участю «активного мулу», але, на жаль, даний спосіб не може

забезпечити бажану і навіть стандартизовану у нас в Україні глибину очищення стічних вод від таких забруднювачів, як органічні сполуки, до концентрації 3-4 мг/дм<sup>3</sup>. Потрапляння до стічних вод токсичних синтетичних речовин, яких раніше просто не було в природі (СПАР, штучні барвники, йони важких металів тощо), призводить до загибелі активного мулу, і, як наслідок – біологічна очисна споруда перетворюється на звичайний транзитний канал стічних вод. Тому, у зв'язку з необхідністю приведення якості очищених стічних вод до нормативних вимог, постає питання пошуку ефективних способів і методів доочистки стічних вод від СПАР, які можуть бути використанні локально на підприємствах (особливо харчових, побутового господарства, на великих станціях техобслуговування) або делокалізовано на міських очисних спорудах.

#### **Аналіз останніх досліджень і публікацій**

Аналіз літературних джерел [5, 6] та класифікаційний підхід до процесів вилучення домішок з води відповідно до їх фазово-дисперсного стану, запропонований академіком Л.А. Кульським [7, 8], свідчить про доцільність застосування адсорбційних методів для очищення стічних вод від синтетичних поверхнево-активних речовин. Порівняно з іншими способами очищення, перевагою адсорбційних процесів вилучення полюантів є використання сорбентів з високою поглинаючою здатністю, простими засобами регенерації і можливістю їх багаторазового використання. Однак, більшість адсорбентів мають високу вартість і використовуються у великих кількостях. На сьогоднішній час перспективним напрямком для здешевлення процесу адсорбційної очистки є використання у якості адсорбентів, з одного боку, дешевих, з іншого – доступних природних матеріалів, до яких належать відходи промислового або агропромислового комплексів [4]. Так, наприклад, в масложировій промисловості, при переробці на маслозаводах соняшникового насіння накопичується значна біомаса шкарлупи насіння, яка лише частково застосовується у тваринництві, в гідролізній промисловості та в якості палива. Тому, в деяких дослідних роботах з адсорбційної очистки стічних вод від йонів важких металів та катіонних барвників [9, 10] у якості природних адсорбентів запропоновані відходи промислового комплексу (похідні целюлози).

#### **Формулювання мети дослідження**

Метою даної роботи було дослідження можливості очищення стічних вод від синтетичних поверхнево-активних речовин адсорбційним методом з використанням природних адсорбентів – похідних целюлози (відходи соняшникового та гарбузового насіння (шкарлупа)) у порівнянні з традиційним – активованим вугіллям.

#### **Викладення основного матеріалу дослідження**

Експериментальна частина роботи полягала у визначенні залишкової концентрації СПАР до та після адсорбції у пробах з модельною стічною водою. Адсорбцію проводили об'ємним методом на магнітній мішалці.

Об'єктом дослідження слугували модельні стічні води з концентрацією СПАР=10÷150 мг/дм<sup>3</sup>. У якості стандартного зразка використовували розчин натрій тетрадецилсульфонату, який застосовується у фотометричному визначенні вмісту СПАР у стічних водах [11]. Даний метод довготривалий в часі з використанням канцерогенної речовини – хлороформу, тому вміст СПАР у воді контролювали сталагмометричним методом за зміною поверхневого натягу розчинів до та після адсорбції [12]. Похибку експерименту, яка лежала в межах 2-5%, у порівнянні з нормативним методом (фотометричним), враховували при визначенні експериментальних даних.

У якості адсорбентів використовували шкарлупу соняшникового та гарбузового насіння, а зразком порівняння слугувало активоване вугілля, яке традиційно використовується в адсорбційних способах очищення.

Дані адсорбенти висушували за кімнатної температури та подрібнювали на електричному приладі. У ході досліджень було розраховано дозу адсорбенту з урахуванням насипної маси на адсорбційних промислових установках близько 500 кг/м<sup>3</sup> (середня насипна маса багатьох зразків активованого вугілля і природних полімерних матеріалів), що забезпечує практично повне вилучення речовини з розчину, де економічно доцільним вважається співвідношення [7]:

$$V_{\text{води}} : V_{\text{адсорбенту}} \geq 50.$$

Дане співвідношення відповідає дозі 10 кг/м<sup>3</sup>, і тому розрахована маса адсорбенту склала 1г.

На рис. 1 наведені криві поверхневого натягу розчинів різної концентрації СПАР у пробах води після адсорбції на різних адсорбентах. Як видно з рис. 1, найменші значення поверхневого натягу розчинів і, відповідно, залишкової концентрації СПАР відповідають тим адсорбційним процесам, які відбуваються на активованому вугіллі (крива 1), приблизно в 2 рази менші значення для гарбузового насіння (крива 2) і тільки близько на 10 % забруднена вода звільняється від СПАР за рахунок адсорбції на соняшковому насінні (крива 3).

У ході роботи було досліджено залежність процесу адсорбції від часу контакту фаз (10, 20, 30 і 40 хв.). Після адсорбції розчини відділяли від адсорбенту, фільтрували і визначали вміст несорбованого

СПАР за зміною поверхневого натягу, а кількість адсорбованих поверхнево-активних речовин на 1 г адсорбенту визначили за формулою:

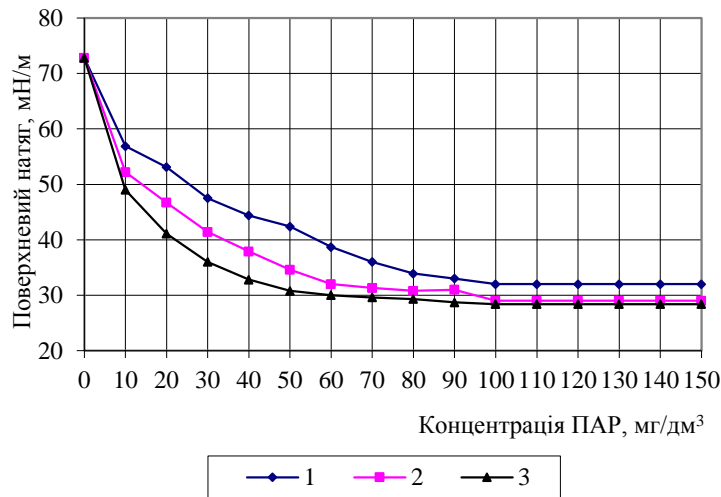
$$A = \frac{(C_0 - C_p) \cdot V}{m} \cdot 1000,$$

де  $C_0$  – початкова концентрація СПАР в модельній стічній воді, мг/дм<sup>3</sup>;

$C_p$  – рівноважна концентрація СПАР, мг/дм<sup>3</sup>;

$V$  – об'єм стічної води, см<sup>3</sup>;

$m$  – маса наважки адсорбенту, г.



**Рис. 1. Вплив залишкової концентрації СПАР на поверхневий натяг розчинів після адсорбції:**

**1 – активованим вугіллям;**

**2 – шкарлупою гарбузового насіння;**

**3 – шкарлупою соняшникового насіння**

За отриманими результатами дослідження побудовані кінетичні криві процесу адсорбції СПАР і встановлено, що час досягнення адсорбційної рівноваги для концентрацій СПАР менше 40 мг/дм<sup>3</sup> настає за 20 хв., а для більш високих концентрацій час зростає до 30 хв. Тому для подальших досліджень процесів адсорбції нами був обраний оптимальний час – 30 хв.

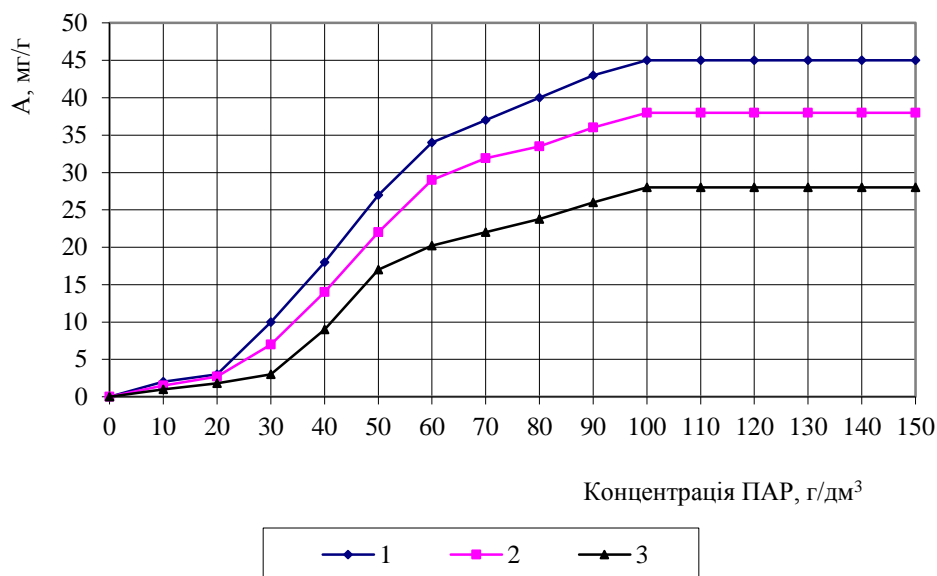
Крім того, на процеси адсорбції суттєво впливає реакція середовища, тому в роботі адсорбційні процеси досліджували в нейтральному, кислому та в лужному середовищі. Встановлено, що найкраще вилучення аніонних СПАР на досліджуваних адсорбентах досягається в інтервалі рН від 6 до 8. При проведенні адсорбції в умовах кислого середовища (рН=4) зменшення адсорбції молекул СПАР на поверхні адсорбенту може бути пов'язано з гальмуванням процесу дисоціації поверхнево-активних речовин. У свою чергу, створення сильно лужного середовища може блокувати (нейтралізувати) позитивно заряджені функціональні групи природних адсорбентів, які і відіграють роль адсорбційних центрів.

Як відомо, первинним джерелом інформації про перебіг адсорбційного процесу є ізотерми адсорбції, за формою яких можна спрогнозувати природу адсорбційних сил [13]. Проведені експериментальні дослідження адсорбції при підвищенні температури розчинів вказують на зменшення кількості адсорбованих молекул СПАР на трьох обраних адсорбентах, що свідчить про фізичну природу адсорбційних сил і про екзотермічність процесу.

Побудовані ізотерми адсорбції, як видно з рис. 2, мають в цілому вид параболи і на них окреслюються дві майже прямолінійні ділянки і одна криволінійна.

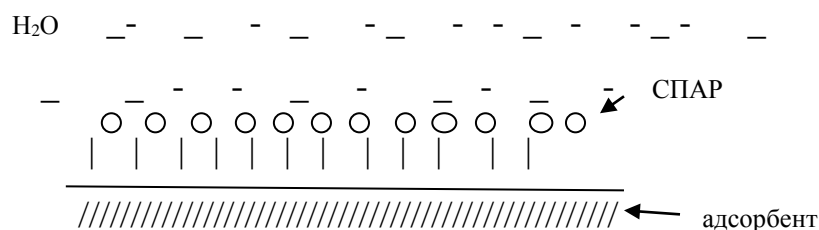
Такий вид ізотерм характерний для мономолекулярної адсорбції, а криволінійний нахил ділянки ( $C=20-50$  мг/дм<sup>3</sup>) показує, що адсорбція при незначному вмісту СПАР пропорційна концентрації. Це відповідає в значному ступені вільній поверхні адсорбенту. Прямолінійна, майже горизонтальна ділянка, яка спостерігається за концентрацій більше 100 мг/дм<sup>3</sup>, відповідає поверхні адсорбенту, який повністю насичений адсорбтивом. Перехідна криволінійна ділянка ( $C=20-50$  мг/дм<sup>3</sup>) характеризує проміжні ступені заповнення поверхні.

Також з рис. 2 видно, що початкові ділянки ізотерм адсорбції СПАР ( $C=10-30$  мг/дм<sup>3</sup>) увігнуті по відношенню до осі абсцис, тому їх можна віднести до S – типу [10]. Даний факт вказує на значну взаємодію між адсорбованими молекулами СПАР у поверхневому шарі.



**Рис. 2. Ізотерми адсорбції на різних адсорбентах:**  
**1- активоване вугілля;**  
**2- шкарлупа гарбузового насіння;**  
**3- шкарлупа соняшникового насіння**

Ізотерми подібні форми спостерігаються, головним чином, при вертикальній орієнтації молекул адсорбата (рис. 3).



**Рис. 3. Орієнтація молекул СПАР на поверхні адсорбенту**

Кількісно охарактеризувати процес адсорбції, а також порівняти адсорбційну активність різних адсорбентів, можливо шляхом визначення константи в рівнянні Фрейндліха:

$$\Gamma = x/m = \beta \cdot C^{1/n},$$

де  $\Gamma$  – кількість адсорбованої речовини до 1 г адсорбенту, г/г;  
 $x$  – маса речовини адсорбату, г;  
 $m$  – маса адсорбенту, г;  
 $C$  – рівноважна молярна концентрація адсорбату, мг/дм<sup>3</sup>;  
 $\beta$  та  $1/n$  – константи.

Константи рівняння Фрейндліха – Бедекера у ході роботи були розраховані графічним методом за ізотермою, побудованою в логарифмічних координатах:

$$\lg x/m = \lg \beta + 1/n \lg C.$$

Зазначене рівняння відповідає рівнянню прямої лінії в координатах  $\lg x/m - \lg C$ . Відрізок, який відсікає пряма по вісі ординат, дорівнює  $\lg \beta$ , а тангенс кута нахилу лінії до вісі абсцис дорівнює  $1/n$  (табл. 1).

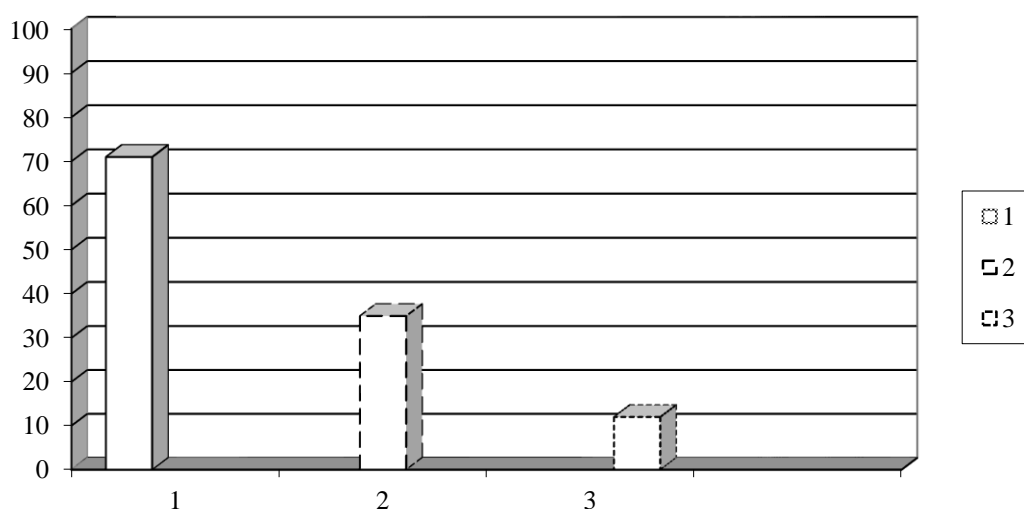
Константи рівняння Фрейндліха  $\beta$  та  $1/n$  корелюються з даними ізотерм адсорбції і підтверджують експериментальні дані про максимальну адсорбційну ємність для активованого вугілля і мінімальну – для шкарлупи соняшникового насіння. Крім того, константа  $1/n$  знаходиться в межах 0,1 – 0,5, що відповідає адсорбції із розчинів і описується рівнянням Фрейндліха для мономолекулярної адсорбції [13].

Таблиця 1

Константи рівняння Фрейндліха

№ з/п	Адсорбент	Константи рівняння Фрейндліха	
		$\beta$	1/n
1	Активоване вугілля	-0,05	0,384
2	Шкарлупа гарбузового насіння	-0,19	0,325
3	Шкарлупа соняшникового насіння	-0,35	0,180

Таким чином, у ході роботи встановлено, що активоване вугілля, адсорбуючи на своїй поверхні молекули СПАР, очищує воду від забруднювачів на 71 % (рис. 4). Але даний сорбент дороговартісний та потребує додаткової регенерації. Тому серед досліджуваних адсорбентів органічної природи слід виділити адсорбційну можливість шкарлупи гарбузового насіння. І хоча показник адсорбційної ємності для шкарлупи гарбузового насіння майже у 2 рази менший, ніж для активованого вугілля, перевагами даного адсорбенту є його доступність і дешевизна як продукту відходів агропромислового комплексу, який не потребує дорогої за вартістю регенерації.



**Рис. 4. Порівняння адсорбційних властивостей адсорбентів неорганічної та органічної природи**  
**1-активоване вугілля;**  
**2-шкарлупа гарбузового насіння;**  
**3- шкарлупа соняшникового насіння**

Слід відзначити, що відпрацьовану шкарлупу можна рекомендувати у якості наповнювача при виготовленні теплоізолюючих матеріалів і бетонів у виробництві.

**Висновки**

1. У ході роботи встановлені оптимальні умови проведення адсорбційного процесу вилучення СПАР із водного розчину: розрахована доза адсорбенту (1г), межі водневого показника (рН = 6 – 8) та час контакту фаз ( $\tau = 30$  хв.). За ізотермами адсорбції визначена фізична природа адсорбційних сил на поверхні «адсорбент – поверхнево-активна речовина», мономолекулярний характер адсорбції та можливий механізм орієнтації молекул СПАР на поверхні адсорбенту.
2. У ході роботи з використанням рівняння Фрейндліха з'ясована адсорбційна активність обраних адсорбентів і показано, що найбільш ефективним сорбентом рослинного походження виступає шкарлупа гарбузового насіння, яка, адсорбуючи на своїй поверхні молекули СПАР, очищує воду від забруднювачів на 35 %.
3. Показано, що хоч даний показник у 2 рази менший за активоване вугілля, переваги досліджуваного рослинного адсорбенту обумовлені відсутністю витрат на його регенерацію, що зменшує надходження у навколишнє середовище відходів агропромислового комплексу. Відпрацьований адсорбент може бути рекомендований у якості наповнювача при виготовленні теплоізолюючих матеріалів і бетонів у виробництві.

**Список використаної літератури**

1. Бойчук Ю. Екологія і охорона навколишнього середовища: навч. посіб. / Ю. Бойчук. – Суми: Університетська книга, 2002. – 283 с.
2. Буравська Т. Забруднення води та його вплив на організм / Т. Буравська // Хімія. Біологія, 2001. – № 22. – С. 7-10.
3. Коткова Т. Синтетичні ПАВ та поліфосфати у річці Жерев та її основних приток / Т. Коткова // Сільськогосподарські науки. – 2012. – №2. – С.30-36.
4. Паршикова Т.В. Вплив поверхнево-активних речовин на життєдіяльність планктонних водоростей // Вісник Київського університету імені Тараса Шевченка. Серія «Біологія». – 1999. – Вип. 29. – С. 39-40.
5. Когановский А. Физико-химические основы извлечения поверхностно-активных веществ из водных растворов и сточных вод / А. Когановский, Н. Клименко. – К.: Наук. думка, 1978. – 176 с.
6. Василінич Т. Дослідження ефективності очищення стоків шкіряного виробництва природними адсорбентами / Т. Василінич // Технічні науки. – 2011. – №4. – С.154-157.
7. Запольський А. Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод / А. Запольський, М. Мішкова-Клименко, І. Астрелін та ін. – К.: Лібра, 2000. – 552 с.
8. Кульський Л. Технологія очистки природних вод / Л. Кульський, П. Строкач. – К.: Вища школа, 1981. – 328 с.
9. Безденежних Л. Можливості адсорбційного очищення стічних вод від іонів важких металів / Л. Безденежних, Т. Алексеева // Екологічна безпека. 2009. – № 6. – С. 54-57.
10. Солдаткина Л. Адсорбция катионных красителей из водных растворов на лузге подсолнечника / Л. Солдаткина, Е. Сагайдак, В. Менчук. // Химия и технология воды. – 2009. – Т.31. – №4. – С. 417-426.
11. Методика выполнения измерений анионных активных СПАВ в сточных водах // РНД. – 12-05-2002. – С.154-163.
12. Міщенко Г. Колоїдна хімія. Методичний посібник до виконання лабораторних робіт для студентів хіміко – технічних спеціальностей / Г. Міщенко, Ю. Шипілов. – Херсон: Херсонський державний технічний університет. – 2003. – 78 с.
13. Воюцкий С. Курс коллоидной химии / С. Воюцкий. – М.: Химия, 1975. – 512с.