

Міністерство освіти і науки України  
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

**Програма навчальної дисципліни**  
Сучасні методи хроматографії та електрофорезу

напрямок 6.040101 «Хімія»

спеціальність 7.04010101 «Хімія»

інститут, факультет, центр хімічний факультет

2015 / 2016 навчальний рік

Програму обговорено та рекомендовано до затвердження вченою радою хімічного факультету

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2015 року, протокол № \_\_\_\_\_

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ: Коновалова Ольга Юріївна, к.х.н., доцент кафедри хімічної метрології

Програму схвалено на засіданні кафедри хімічної метрології

Протокол від “ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2015 року № \_\_\_\_\_

Завідувач кафедри О.І. Юрченко

\_\_\_\_\_ (підпис) ( \_\_\_\_\_ )  
(прізвище та ініціали)

## ВСТУП

Програма навчальної дисципліни «Сучасні методи хроматографії та електрофорезу» складена відповідно до освітньо-професійної (освітньо-наукової) програми підготовки на другому рівні вищої освіти, освітньо-кваліфікаційний рівень – спеціаліст напрямку 6.040101 «Хімія» спеціальності 7.04010101 «Хімія»

**Предметом** вивчення навчальної дисципліни є хроматографічні та електрофоретичні методи аналізу.

Програма навчальної дисципліни складається з таких розділів:

1. Хроматографічні методи аналізу.
2. Електрофоретичні методи аналізу.

### *1. Мета та завдання навчальної дисципліни*

1.1. Метою викладання навчальної дисципліни є навчання студентів використовувати комплекс теоретичних засад та експериментальних засобів для проведення аналітичних та фізико-хімічних досліджень з використанням хроматографічних та електрофоретичних методів аналізу та методів пробопідготовки.

1.2. Основними завданнями вивчення дисципліни є вивчення теоретичних засад хроматографічних та електрофоретичних методів; ознайомлення з особливостями та принципами роботи в газовій, рідинній та тонкошаровій хроматографії, планарному та капілярному електрофорезі; вивчення методів пробопідготовки.

1.3. Згідно з вимогами освітньо-професійної (освітньо-наукової) програми, студенти мають досягти таких результатів навчання:

**повинні знати** теоретичні засади та принципи використання методів газової, рідинної та тонкошарової хроматографії, планарного та капілярного електрофорезу, що використовують для розділення, ідентифікації та кількісного визначення, а також пробопідготовки органічних та неорганічних речовин;

**повинні вміти** обирати оптимальну систему методів пробопідготовки, розділення та кількісного визначення компонентів в складних об'єктах аналізу, виконувати експериментальні дослідження з використанням методів хроматографії та електрофорезу.

## 1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДІСЦИПЛІНИ

Найменування показника	Галузь знань (предметна область), напрям, спеціальність, рівень вищої освіти / освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни
		денна форма навчання
Кількість кредитів – 2	Галузь знань (предметна область) <u>природничі науки</u>	За вибором студента
	Напрямок: <u>6.040101 «Хімія»</u>	
Загальна кількість годин – 80	Спеціальність: <u>7.04010101 «Хімія»</u>	Рік підготовки: V -й
		Семестр 9 -й
		Лекції 18 год.
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 2 год самостійної роботи студента – 2.5 год	Рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень) <u>спеціаліст</u>	Лабораторні заняття 18 год.
		Самостійна робота 44 год.
		Вид контролю: поточний контроль; екзамен

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної та індивідуальної роботи становить (%):

для денної форми навчання – 81.82.

## 2. Програма навчальної дисципліни

**Розділ 1. Хроматографічні методи аналізу**

*Тема 1. Хроматографічні методи аналізу: засади та класифікація. Основні параметри хроматографічного утримання.*

В темі розглядаються принципи та сучасні класифікації хроматографічних методів аналізу, опис хроматограм, абсолютні та відносні параметри хроматографічного утримання.

*Тема 2. Теорія хроматографічного розділення: теорія макроскопічних постійних, теорія теоретичних тарілок, теорія моментів. Критерії селективності та розділення.*

В темі розглядаються класифікація моделей хроматографічного розділення за формою ізотерм сорбції і швидкості встановлення рівноваги між нерухомою і рухомою фазами. Ретельно розбираються засади теорії макроскопічних постійних; зв'язок часу утримання й об'єму утримання з константою розподілу, їхня залежність від температури; особливості теорії лінійної нерівноважної хроматографії для газової і рідинної хроматографії; рівняння Ван-Деемтера, Жуховицького, Джонса, Гіддінгса та інші модифікації рівняння Ван-Деемтера для газової хроматографії. Розбирається теорія теоретичних тарілок у хроматографії; висота, еквівалентна теоретичній тарілці (ВЕТТ) та її зв'язок з ефективним коефіцієнтом дифузії; вплив розміру зерна сорбенту на ВЕТТ; залежність приведеної ВЕТТ від приведеної швидкості елюенту. В темі розбирається теорія нелінійної хроматографії; асиметрія хроматографічного піку; формується уява про застосування методу статистичних моментів та розглядається зв'язок різних статистичних моментів і форми хроматографічного піку. В темі вивчаються критерії розділення і селективності;

залежність ступеня розділення від ефективності, селективності і коефіцієнта ємності колонки (часу аналізу) для бінарних сумішей; вибір параметрів хроматографічного розділення й оптимізація розділення.

*Тема 3. Газова хроматографія: апаратурне оформлення газохроматографічних методів.*

В темі розглядаються система підготовки і регулювання газів, газу-носії та їх властивості; дозування газоподібних і рідких сумішей, парофазне дозування; хроматографічні колонки: насадочні, мікронасадочні і капілярні; детектори: класифікація, характеристики, типи детекторів (ПІД, ДТІ (катарометр), детектор по захопленню електронів (ЕЗД), ТІД (термоіонний детектор), ПФД (полум'яно-фотометричний), детектор по щільності, аргонний і гелієвий фотоіонізаційні детектори, ультразвуковий детектор, мас-спектрометричний детектор, інші види детекторів), виконується порівняльна характеристика ГХ-детекторів; термостат та програмування температури колонок; системи реєстрації сигналу детекторів: інтегратори, самописи, ПК. Розбираються основи якісного аналізу.

*Тема 4. Газова хроматографія: газо-адсорбційна, газо-рідинна та капілярна газова. Якісний аналіз. Пробопідготовка в газовій хроматографії.*

В темі розглядаються основи газо-адсорбційної хроматографії (ГАХ); твердий носій, мінеральні і полімерні адсорбенти, пористі і непористі адсорбенти; зв'язок хімії поверхні і структури пір адсорбентів з їх хроматографічними властивостями; вплив адсорбційної активності твердого носія на асиметрію хроматографічного піку; хімічне й адсорбційне модифікування поверхні адсорбентів; вплив температури на утримання і розділення. В темі розглядаються основи газо-рідинної хроматографії (ГРХ); нерухомі рідкі фази: вимоги до них, їх полярність та селективність, шкали полярності рідких фаз, фактори полярності Роршнайдера і Мак-Рейнольдса, бінарні сорбенти, основні методи регулювання селективності сорбентів у ГРХ, методи нанесення нерухомої рідини на твердий носій. В темі розглядаються основи капілярної газової хроматографії; капілярні колонки WCOT, PLOT, SLOT; основні закономірності розмивання хроматографічних зон у капілярній хроматографії; введення проби з розподілом і без розподілу потоку. В темі розглядається підготовка проби в газовій хроматографії: пряме введення проби, рідинна і твердофазна екстракція, предколонкова та постколонкова дериватизація, аналіз рівноважної газової фази.

*Тема 5. Рідинна хроматографія: адсорбційна, нормально-фазова, обернено-фазова, іонна, іонообмінна, іон-парна, міцелярна, ексклюзивна. Апаратурне оформлення в рідинній хроматографії. Якісний аналіз. Пробопідготовка в рідинній хроматографії.*

В темі розглядається апаратурне оформлення рідинної хроматографії: системи підготовки розчинників та вимоги до них; системи градієнтного елюювання; насоси для рідинної хроматографії, їх основні характеристики та вимоги до них, демпферні системи; система введення проби; колонки для рідинної хроматографії та їх будова; термостатування колонок; система постколонкової дериватизація; детектори: рефрактометричний, спектрофотометричний (однохвильовий, зі зміною довжин хвиль, діодна матриця), флуориметричний, електрохімічні (вольтамперометричний, кулонометричний, полярографічний), мас-спектрометричний; колектор фракцій; системи реєстрації сигналу детектора: інтегратори, самописи, ПК. В темі розглядається якісний аналіз в рідинній хроматографії. В темі ретельно розбирається рідинно-твердофазна молекулярна (адсорбційна) хроматографія: механізм рідинно-адсорбційної хроматографії (РАХ), селективність та фактори, що впливають на ефективність хроматографічних колонок у РАХ (розмір часток, характер їхнього пакування, швидкість потоку й ін.), способи одержання високоефективних колонок. Формується поняття про високоефективну рідинну хроматографію (ВЕРХ), розглядаються роль геометричної структури адсорбенту, хімії його поверхні, модифіковані поверхні адсорбенту. В темі розглядаються поняття про звернено-фазову хроматографію та вплив природи елюенту; поняття «елююча сила»

рухомої фази та «елюотропні ряди», а також вплив природи і складу елюенту на селективність розділення в РАХ, градієнтне елюювання в РАХ. В темі формуються основні уявлення про механізм та основні закономірності в іонообмінній, іонній та іон-парній хроматографії, міцелярній хроматографії та ексклюзійній хроматографії. В темі розглядається підготовка проби в рідинній хроматографії: пряме введення проби, рідинна та твердофазна екстракція, предколонкова та постколонкова дериватизація.

*Тема 6. Планарні види хроматографії: тонкошарова і паперова.*

В темі розглядаються різновиди та особливості планарних варіантів хроматографії, зв'язок коефіцієнту розділення з величиною  $R_f$  та способи її визначення. методологія планарних варіантів хроматографії, одномірна і двовимірна хроматографія. Проводиться ознайомлення з носіями, сорбентами та розчинниками, що застосовують в цьому методі. В темі розглядаються нормально-фазова й звернено-фазова тонкошарова хроматографія (ТШХ). Розбираються способи та прилади для одержання хроматограм у тонких шарах та на папері; способи проведення планарних варіантів хроматографії, обробки ТШХ-пластин або паперу та виявлення безбарвних сполук; екстракція сполук з ТШХ-пластин і паперу. Розглядається зв'язок результатів ТШХ на ВЕРХ. Проводиться ознайомлення з високоефективною тонкошаровою хроматографією та міцелярною тонкошаровою хроматографією. В темі розглядаються способи ідентифікації та кількісної оцінки хроматограм у тонких шарах і на папері.

*Тема 7. Методи кількісного хроматографічного аналізу. Розрахункові задачі в хроматографії.*

В темі розглядається хроматограма як джерело даних про кількісний склад суміші: вибір і вимір основних кількісних параметрів хроматографічного піку; способи визначення площ хроматографічних піків, визначення площ не цілком розділених, асиметричних, вузьких та зашкалених піків. Розбираються методи розрахунку концентрацій аналізованих речовин: метод абсолютного калібрування, метод внутрішньої нормалізації, метод внутрішнього і подвійного внутрішнього стандарту, метод доданків, метод «мітка-стандарт». В темі розглядаються основні типи розрахункових задач в хроматографії.

*Тема 8. Хроматограф: устрій та робота з ним. Газохроматографічний аналіз продажних органічних розчинників.*

Проводиться практичне знайомство з роботою газового хроматографу та виконується лабораторна робота з визначення якості продажних органічних розчинників.

*Тема 9. Ідентифікація та напівкількісне визначення кофеїну в таблетках «Цитрамон-Дарниця» методом тонкошарової хроматографії.*

Отримуються практичні навички виконання ТШХ-аналізу та виконується контроль якості лікарського препарату «Цитрамон-Дарниця».

## **Розділ 2. Електрофоретичні методи аналізу**

*Тема 1. Електрофоретичні методи аналізу: історія розвитку, теоретичні засади, класифікація методів.*

В темі розглядається історія розвитку електрофоретичних методів аналізу, досліди Рейсса; фізико-хімічні основи електроміграційних методів аналізу, будова подвійного електричного шару, теоретичні засади електрофоретичних методів аналізу, температурні ефекти; класифікація електроміграційних методів аналізу: фронтальний електрофорез, зонний електрофорез, ізоелектричне фокусування, ізотахофорез.

*Тема 2. Традиційні (планарні) методи електрофорезу: обладнання, об'єкти аналізу, методи детектування та кількісного визначення.*

В темі розглядаються об'єкти аналізу традиційних варіантів електрофорезу: протеїни, нуклеїнові кислоти; обладнання для планарного електрофорезу, горизонтальний та вертикальний електрофорез; методи детектування та кількісного визначення. Ретельно вивчаються гель-електрофорез у середовищі агар-агару; поліакриламідний гель-

електрофорез; розділення протеїнів відповідно до їх молекулярних мас. В темі розглядається пульсуючий гель-електрофорез.

*Тема 3. Капілярний електрофорез. Міцелярна електрокінетична хроматографія.*

В темі розглядається капілярний електрофорез, його основи та обладнання, характеристика капіляру; електрофоретична рухомість та електроосмос, фактори, що впливають на електроосмотичний потік, вплив електроосмотичного потоку на напрямок та швидкість руху іонів. Вивчається зв'язок ефективності піків та профілю електроосмотичного потоку; фактори, що зменшують ефективність у капілярному електрофорезі: температурні, електрична дисперсія; взаємозв'язок факторів, що впливають на розділення при використанні капілярного зонного електрофорезу. Проводиться ознайомлення зі способами введення проб: електрокінетичним, гідростатичним та гідродинамічним; з детекторами, пряме та непряме детектування. В темі розглядається міцелярна електрокінетична хроматографія.

*Тема 4. Приготування гелю з агарози для електрофорезу.*

Проводиться практичне знайомство з властивостями та методикою приготування носія для проведення зонального електрофорезу в агарозному гелі.

*Тема 5. Розділення та напівкількісне визначення харчових барвників методом гель-електрофорезу у слабоалкогольних напоях.*

Проводиться практичне знайомство з роботою пристрою для проведення планарного електрофорезу, отримуються практичні навички виконання електрофоретичного аналізу та виконується контроль якості слабоалкогольних напоїв.

*Тема 6. Захист реферату.*

Виконується захист реферату в рамках навчальної дисципліни, удосконалюються навички самостійної роботи, письмового та пленарного викладення матеріалу.

### 3. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин					
	денна форма					
	усього	у тому числі				
л		п	лаб.	інд.	с.р.	
1	2	3	4	5	6	7
<b>Розділ 1. Хроматографічні методи аналізу</b>						
Тема 1. Хроматографічні методи аналізу: засади та класифікація. Основні параметри хроматографічного утримання	3	2				1
Тема 2. Теорія хроматографічного розділення: теорія макроскопічних постійних, теорія теоретичних тарілок, теорія моментів. Критерії селективності та розділення.	3	2				1
Тема 3. Газова хроматографія: апаратурне оформлення газохроматографічних методів.	3	2				1
Тема 4. Газова хроматографія: газо-адсорбційна, газо-рідинна та капілярна газова. Якісний аналіз. Пробопідготовка в газовій хроматографії.	3	2				1
Тема 5. Рідинна хроматографія: адсорбційна, нормально-фазова, обернено-фазова, іонна, іонообмінна, іон-парна, міцелярна, ексклюзивна. Апаратурне оформлення в рідинній хроматографії. Якісний аналіз. Пробопідготовка в рідинній хроматографії	3	2				1
Тема 6. Планарні види хроматографії:	3	2				1

тонкошарова і паперова					
Тема 7. Методи кількісного хроматографічного аналізу. Розрахункові задачі в хроматографії	4			2	2
Тема 8. Хроматограф: устрій та робота з ним. Газохроматографічний аналіз продажних органічних розчинників	7			4	3
Тема 9. Ідентифікація та напівкількісне визначення кофеїну в таблетках «Цитрамон-Дарниця» методом тонкошарової хроматографії	7			4	3
Разом за розділом 1	36	12		10	14
<b>Розділ 2. Електрофоретичні методи аналізу</b>					
Тема 1. Електрофоретичні методи аналізу: історія розвитку, теоретичні засади, класифікація методів	3	2			1
Тема 2. Традиційні (планарні) методи електрофорезу: обладнання, об'єкти аналізу, методи детектування та кількісного визначення	3	2			1
Тема 3. Капілярний електрофорез. Міцелярна електрокінетична хроматографія	3	2			1
Тема 4. Приготування гелю з агарози для електрофорезу	4			2	2
Тема 5. Розділення та напівкількісне визначення харчових барвників методом гель-електрофорезу у слабоалкогольних напоях	7			4	3
Тема 6. Захист реферату	11			2	9
Разом за розділом 2	31	6		8	17
Підготовка до екзамену	13				13
<i>Усього годин</i>	80	18		18	44

#### 4. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Методи кількісного хроматографічного аналізу. Розрахункові задачі в хроматографії	2
2	Хроматограф: устрій та робота з ним. Газохроматографічний аналіз продажних органічних розчинників	4
3	Ідентифікація та напівкількісне визначення кофеїну в таблетках «Цитрамон-Дарниця» методом тонкошарової хроматографії	4
4	Приготування гелю з агарози для електрофорезу	2
5	Розділення та напівкількісне визначення харчових барвників методом гель-електрофорезу у слабоалкогольних напоях	4
6	Захист реферату	2

#### 5. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	Форма контролю
1	Хроматографічні методи аналізу: засади та класифікація. Основні параметри хроматографічного утримання	1	ек. к.



2	Теорія хроматографічного розділення: теорія макроскопічних постійних, теорія теоретичних тарілок, теорія моментів. Критерії селективності та розділення	1	ек. к.
3	Газова хроматографія: апаратурне оформлення газохроматографічних методів	1	ек. к.
4	Газова хроматографія: газо-адсорбційна, газо-рідинна та капілярна газова. Якісний аналіз. Пробопідготовка в газовій хроматографії	1	ек. к.
5	Рідинна хроматографія: адсорбційна, нормально-фазова, обернено-фазова, іонна, іонообмінна, іон-парна, міцелярна, ексклюзивна. Апаратурне оформлення в рідинній хроматографії. Якісний аналіз. Пробопідготовка в рідинній хроматографії	1	ек. к.
6	Планарні види хроматографії: тонкошарова і паперова	1	ек. к.
7	Методи кількісного хроматографічного аналізу. Розрахункові задачі в хроматографії	2	к.
8	Хроматограф: устрій та робота з ним. Газохроматографічний аналіз продажних органічних розчинників	3	к.
9	Ідентифікація та напівкількісне визначення кофеїну в таблетках «Цитрамон-Дарниця» методом тонкошарової хроматографії	3	к.
10	Електрофоретичні методи аналізу: історія розвитку, теоретичні засади, класифікація методів	1	ек. к.
11	Традиційні (планарні) методи електрофорезу: обладнання, об'єкти аналізу, методи детектування та кількісного визначення	1	ек. к.
12	Капілярний електрофорез. Міцелярна електрокінетична хроматографія	1	ек. к.
13	Приготування гелю з агарози для електрофорезу	2	к.
14	Розділення та напівкількісне визначення харчових барвників методом гель-електрофорезу у слабоалкогольних напоях	3	к.
15	Захист реферату	9	реферат
	Підготовка до екзамену	13	екзамен
	Разом	44	

### 6. Методи навчання

Лекції, лабораторні заняття, самостійна робота, планово-індивідуальна робота, контрольні заходи.

### 7. Методи контролю

Експрес контроль на лекціях, складання колоквиумів за темами лабораторних робіт, захист реферату, екзамен.

### 8. Розподіл балів, які отримують студенти

Поточне тестування та самостійна робота								Разом	Екзамен	Сума
Розділ 1				Розділ 2						
T1-6	T7	T8	T9	T1-T3	T4	T5	T6	60	40	100
12	5	6	8	6	3	8	12			

### Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою
90 – 100	<b>A</b>	відмінно
80-89	<b>B</b>	добре
70-79	<b>C</b>	
60-69	<b>D</b>	задовільно
50-59	<b>E</b>	
1-49	<b>FX</b>	незадовільно

### 9. Рекомендоване методичне забезпечення

1. Робоча програма навчальної дисципліни.
2. Навчальні посібники, монографії, наукові статті.
3. Документація до програмного забезпечення.
4. Описи лабораторних робіт.
5. Комплект мультимедійних матеріалів до лекцій.
6. Роздавальні супровідні матеріали до лекцій.

#### Базова література

1. Сакодынский К.И. Аналитическая хроматография. М.: Химия, 1993. – 463 с.
2. Конюхов В.Ю. Хроматография. М.: Лань, 2012. – 224 с.
3. Лабораторное руководство по хроматографическим и смежным методам: Пер. с англ./ Под ред. О. Микеша. М.: Мир, 1982. – Ч. 1. – 400 с.
4. Лабораторное руководство по хроматографическим и смежным методам: Пер. с англ./ Под ред. О. Микеша. М.: Мир, 1982. – Ч. 2. – 381 с.
5. Беккер Ю. Хроматография. Инструментальная аналитика. Методы хроматографии и капиллярного электрофореза. М.: Техносфера, 2009. – 472 с.
6. Рассел Ж., Корн Р. Жидкостная хроматография. В.: VSD, 2012. – 112 с.
7. Хроматография в тонких слоях / Под ред. Э.Шталя. М.: Мир, 1965. – 508 с.
8. Poole C.F., Schuette S.A. Contemporary practice of chromatography. New York-Amsterdam-Oxford-Tokyo, 1984, - 708 p.
9. Яшин Я.И. Физико-химические основы хроматографического разделения. М.: Химия, 1976. – 216 с.
10. Шатц В.Д., Сахартова О.В. Высокоэффективная жидкостная хроматография. Рига: Зинатне, 1988. – 390 с.
11. Москвин Л.Н., Царицина Л.Г. Методы разделения и концентрирования в аналитической химии. Л.: Химия, 1991. – 256 с.
12. Гааль Э., Медьеша Г., Верецкеи Л.. Электрофорез в разделении биологических макромолекул. М.: Мир, 1982. – 448 с.
13. Остерман Л.А. Методы исследования белков и нуклеиновых кислот. М.: МЦНМО, 2002. – 248 с.

#### Допоміжна література

1. Snyder L. R. Principles of Adsorption chromatography. New York: Academic Press, 1968. - 685 p.
2. Сычев К.С. Практическое руководство по жидкостной хроматографии. М.: Техносфера, 2010. – 272 с.
3. Alekseeva A.V., Kartsova L.A. Potencies of ligand-exchange capillary electrophoresis in the determination of biologically active substances // Journal of analytical chemistry. – 2011. – Vol. 66. – P. 651-659.

4. Хроматография на бумаге / Под ред. И.М.Хайса и К.Мачека. М.: ИЛ., 1962. – 851 с
5. Байерман К. Определение следовых количеств органических веществ. М.: Мир, 1987. – 462 с.
6. Хеншен А., Хуппе К.-П., Лотшпайх Ф., Вельтер В. Высокоэффективная жидкостная хроматография в биохимии. М.: Мир, 1988. – 680 с.
7. Басова Е.М., Иванов В.М., Шпигун О.А. Мицеллярная жидкостная хроматография // Успехи химии. – 1999. – Т. 68, № 12. – С. 1083-1101.
8. Куликов А.Ю., Логинова Л.П., Самохина Л.В. Мицеллярная жидкостная хроматография в фармацевтическом анализе и других областях анализа (обзор) // Фармаком. - 2004. - № 1. –С. 1-31.
9. Berthod A, Garcia-Alvarez-Coque MC (2000) Micellar liquid chromatography. Marcel Dekker, New York
10. Руководство по капиллярному электрофорезу. Перевод Р.Ш. Вартапетяна. Москва, Научный совет Российской академии наук по хроматографии, 1996 год.
11. Стручкова И.В., Кальясова Е.А. Теоретические и практические основы поведения электрофореза белков в полиакриламидном геле. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2012. – 60 с.