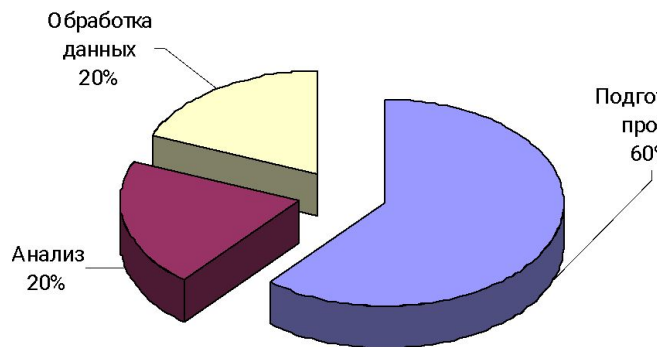


Слепченко Г.Б.,
д.х.н., науч.рук. НИЛ №**506**
каф. ФАХ г. Томск

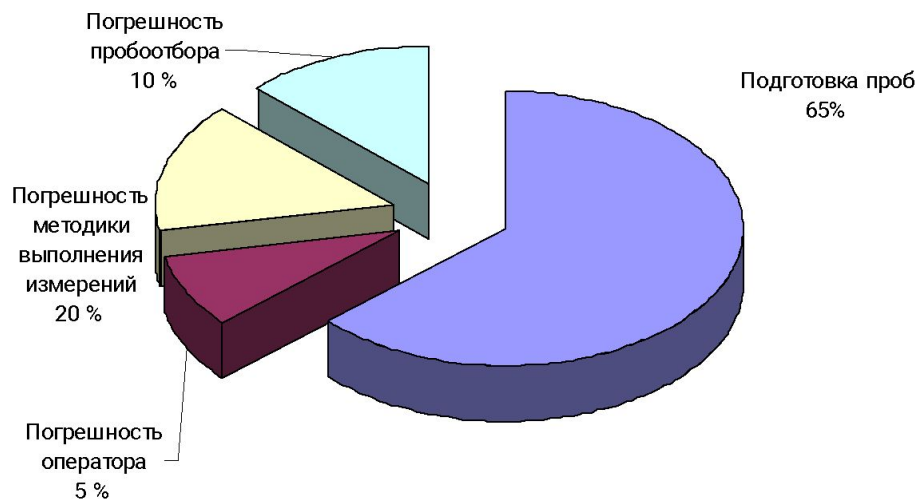
*Современные проблемы
аналитического контроля и
мониторинга*

Затраты времени и источники погрешностей в процессе анализа

Затраты времени в процессе анализа



Источники погрешностей



Объекты: вода питьевая, природная, минеральная,
 сточная; пищевые продукты; биологические объекты;
 почва; воздух. **Металлы**

Наименование элемента	Тип электрода	Состав раствора	C _{min} , мг/дм ³
Bi	РПЭ	0,25 моль/дм ³ HCl	0,0001
Cd, Cu, Pb, Zn	РГЭ РПЭ	0,1 моль/дм ³ HCl 0,1 моль/дм ³ HCOOH	0,0002 (Cd, Pb) 0,0006 (Zn, Cu)
Co, Ni	ГЭ	NH ₄ Cl (рН 9,5)	0,02 (Co); 0,03 (Ni)
Hg	ЗГЭ (<i>in situ</i>)	0,1 моль/дм ³ HClO ₄ +AuCl ₃ 1,5 моль/дм ³ HNO ₃ +AuCl ₃	0,000015
Mn	РПЭ	0,1 моль/дм ³ NH ₄ Cl+KCl	0,03
Sb	РПЭ РГЭ	0,1 моль/дм ³ HCl 2 моль/дм ³ HCl	0,0001 1,5 · 10 ⁻⁶
Sn, Pb	РПЭ	2 моль/дм ³ HCl 0,1 моль/дм ³ H ₃ Citr	0,2 (Sn); 0,1 (Pb) 0,1 (Pb) без Sn
Tl, Pb	РПЭ	0,1 моль/дм ³ KNO ₃ +Br ⁻	0,0001
U	РПЭ	0,1 моль/дм ³ Na ₂ B ₄ O ₇ оксидионин (рН 7,0)	0,001

Объекты: вода питьевая, природная, минеральная, сточная; пищевые продукты; биологические объекты; почва; воздух.

Неметаллы и анионы

Наименование элемента	Тип электрода	Состав раствора	C _{min} , мг/дм ³
As	ЗГЭ	4 моль/дм ³ HCl (0,02 – 0,1) моль/дм ³ Трилон Б	0,1 0,001
NO ₂ ⁻	ГЭ импр	0,1 моль/дм ³ Na ₂ SO ₄	0,1
NO ₃ ⁻	Cu/ГЭ in situ	0,1 моль/дм ³ Na ₂ SO ₄ +0,001 моль/дм ³ KCl +0,0001 моль/дм ³ Cu(2+)	0,5
NH ₄ ⁺	РПЭ	0,4 ацетатный буфер + 37% формальдегид (1:1)	0,5
Se (IV)	ЗГЭ	0,1 моль/дм ³ HClO ₄	0,0003
	ГРЭ	0,6 моль/дм ³ HCl	0,002
J ⁻	РПЭ	0,1 моль/дм ³ KNO ₃	0,01

Объекты: вода питьевая, природная, минеральная, сточная; пищевые продукты; биологические объекты; почва; воздух.

Органические вещества

Наименование вещества	Тип электрода	Состав раствора	C _{min} , мг/дм ³
Σ ПАОВ	РПЭ	0,1 моль/дм ³ Na ₂ SO ₄	0,005
Фенол, Анилин и их произв.	СУЭ	0,2 моль/дм ³ КН ₂ РО ₄ , NaН ₂ РО ₄ , NaС ₄ Н ₅ О ₆	0,00005 0,0005
Тиофенол	РПЭ	Буф Бриттона-Робинсона рН 11	9,1 · 10 ⁻⁹ моль/дм ³
Пропантиол	РПЭ	Буф Бриттона-Робинсона рН 11	3,0 · 10 ⁻⁸ моль/дм ³
Декантиол	РПЭ	Буф Бриттона-Робинсона рН 11	3,5 · 10 ⁻⁸ моль/дм ³
Дифенилдисульфид	РПЭ	0,1 моль/дм ³ NH ₄ NO ₃ в 50% С ₂ Н ₅ ОН	8,4 · 10 ⁻⁷ моль/дм ³
Дитиоанилин	РПЭ	Буф Бриттона-Робинсона рН 11	4,5 · 10 ⁻¹⁰ моль/дм ³
Производн.	Ag-Э	0,1 моль/дм ³ NaClO в ЛМФА	(4-6) · 10 ⁻⁶

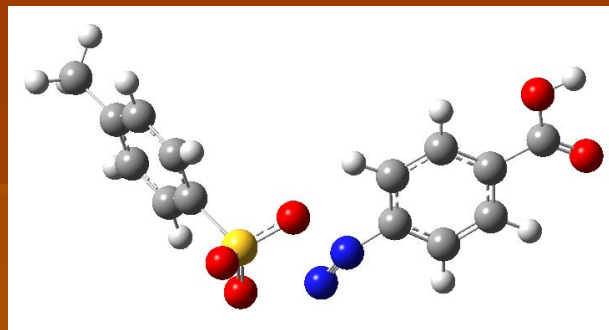
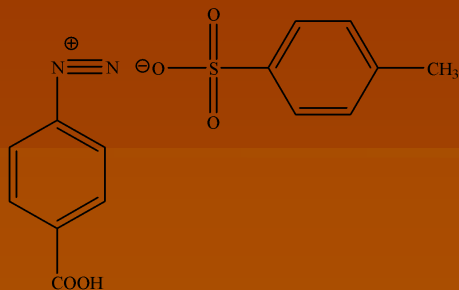
Гигиенические требования безопасности пищевых продуктов

Группа продуктов, показатели	Допустимые уровни, мг/кг, не более							
	Pb	Cd	As	Hg	Sn	Fe	Левоми-цетин, ед/г	Стрепт о-мицин, ед/г
Флодоовощна я продукция	0,4-1,0	0,03-0,1	0,2-1,0	0,02-0,05	200	—	—	—
Сахар и кондитерские изделия	0,5-1,0	0,05-0,5	0,5-1,0	0,01-0,1	—	—	—	—
Напитки безалкогольн ые и алкогольные	0,03-0,3	0,001-0,03	0,05-0,2	0,0005-0,005	—	—	—	—
Биологически активные	1,0-5,0	0,1-1,0	0,05-0,2	0,001-0,01	—	10-20	10-5	—

Гигиенические требования пищевой ценности продуктов питания

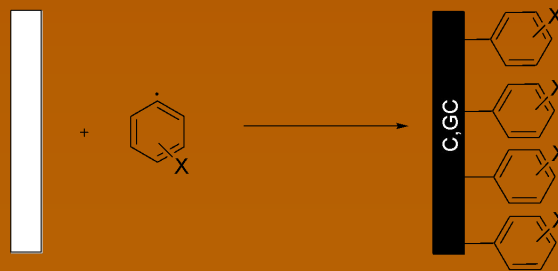
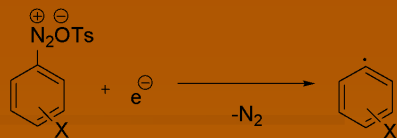
Группа продуктов	Допустимые уровни содержания, мг/л (мг/кг)				
	Витамин В1	Витамин В2	Витамин С	Витамин Е	йод
Детское питание	0,35-6,0	0,5-8,0	20-1500	4-100	50-100
Специализированные продукты для лечебного питания	0,3-2,0	0,5-2,0	20-300	4-20	50-100
Продукты для питания беременных и кормящих женщин	0,8-7,0	0,8-8,0	100-1200	10-120	100-250

Недавно получен новый класс ароматических солей диазония — арилдиазоний тозилатов $ArN_2^+OTs^-$, которые обладают уникальной стабильностью, безопасностью в обращении и в отличие тетрафторборатов хорошо растворимы в воде и многих органических растворителях.



Целью исследования является разработка методики поверхностной модификации графитового электрода арилдиазоний тозилатами и выбор для них условий вольтамперометрического определения водорастворимых витаминов и флавоноидов в сложных многокомпонентных системах.

Предполагаем, что данная модификация поверхности протекает согласно представленной схеме с выделением азота и генерированием соответствующих активных свободных радикалов Ar.



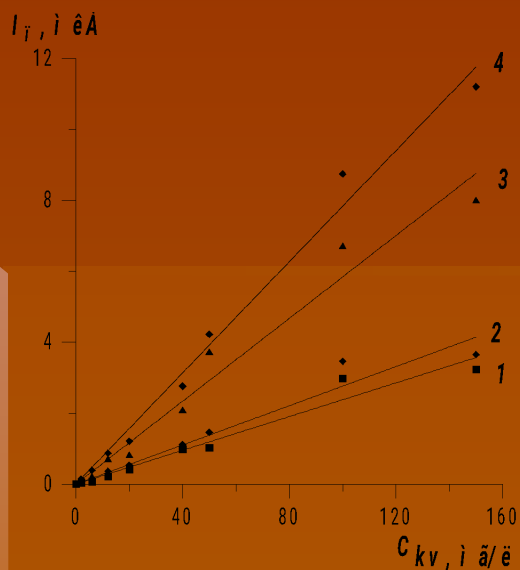


Рис.8.а Градуировочная зависимость кверцетина на графитовом (1) и модифицированных графитовых электродах с различными заместителями
 2- МГЭ-NO₂;
 3-МГЭ- NH₂;
 4-МГЭ- COOH

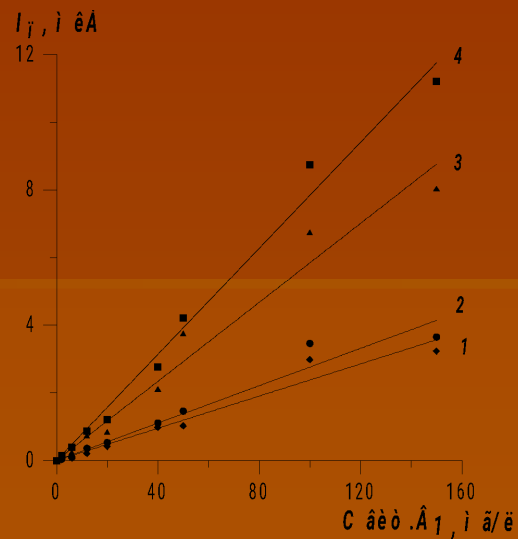


Рис.9.а Градуировочная зависимость витамина В₁ на модифицированных графитовых электродах с различными заместителями
 1-Hg,
 2-NO₂-Hg;
 3- NH₂-Hg;
 4 -COOH-Hg.

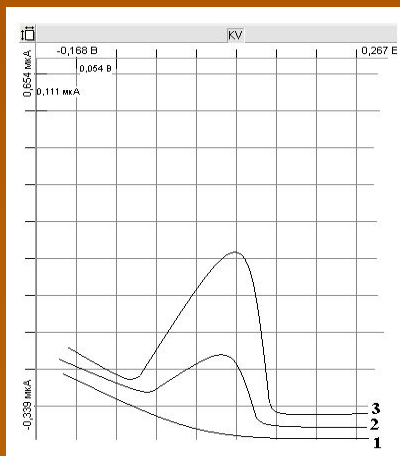


Рис.8.б–
 Вольтамперограммы кверцетина
 1– фон 0,1М Na₂HPO₄;
 2 – 2,0 мг/л кверцетина на ГЭ;
 3 – 2,0 мг/л кверцетина на МГЭ- COOH.

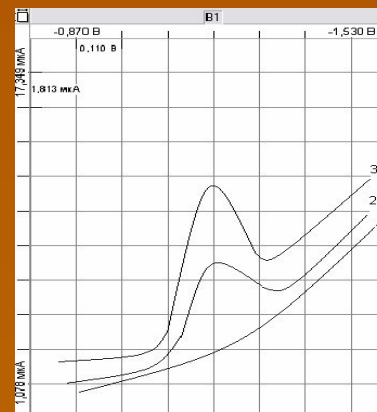
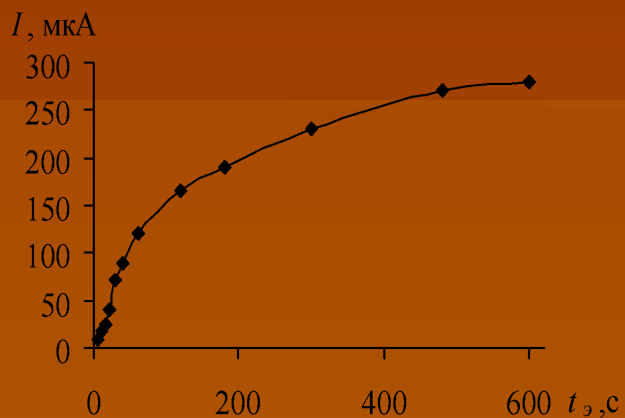


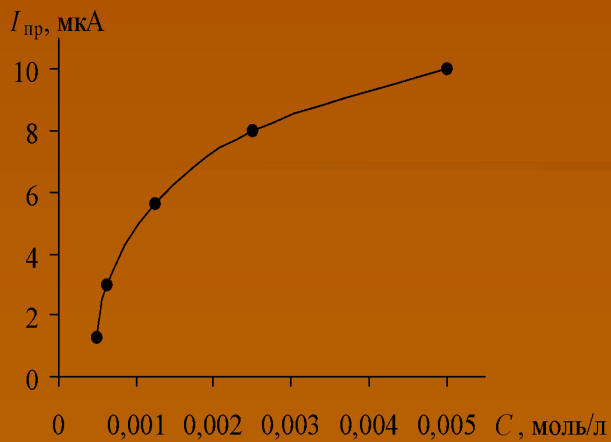
Рис.9б –
 Вольтамперограммы витамина В₁
 1 – фон 0,1М Na₂HPO₄;
 2 – 2,0 мг/л витамина В₁ на РГЭ;
 3 – 2,0 мг/л витамина В₁ на МГЭ- COOH-Hg.

Влияние условий электроосаждения

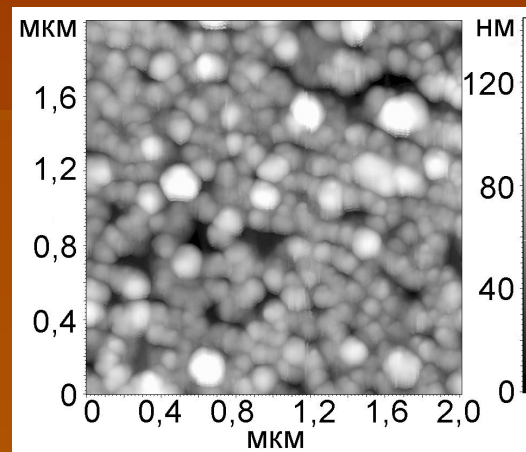
а) от времени электролиза



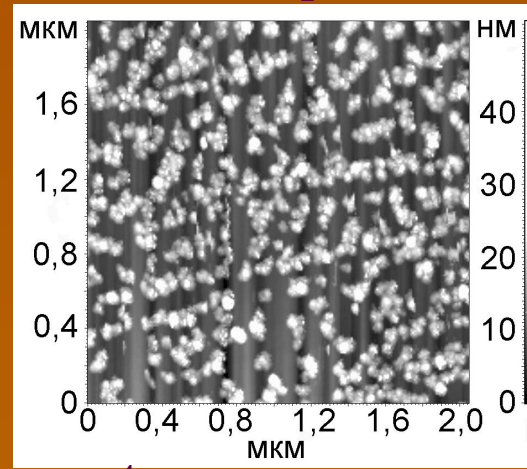
б) от концентрации PdCl_2



АСМ изображения



$5 \times 10^{-3} \text{ M PdCl}_2$ ($d = 150\text{-}200 \text{ nm}$)



$1 \times 10^{-4} \text{ M PdCl}_2$ ($d = 50\text{-}60 \text{ nm}$)

Анализ пищевых продуктов

Определение аскорбиновой кислоты в соках

Апельсиновые соки	Найдено, г в 100 мл	S_r
Tropicana	0.017 ± 0.001	0.06
Тонус	0.019 ± 0.001	0.05
Nico	0.024 ± 0.001	0.04
Любимый	0.019 ± 0.001	0.05

Определение аскорбиновой кислоты в фруктах

Объекты исследования		Найдено, мг в 100 г	S_r
Апельсины	Абхазские	8.0 ± 0.1	0.01
	Египетские	11.0 ± 0.2	0.02
	Марокканские	13.0 ± 0.1	0.01
Мандарины	Абхазские	6.0 ± 0.2	0.03
	Марокканские	9.0 ± 0.3	0.03

Вольтамперометрия с модифицированными электродами

Преимущества модифицированных электродов

- Повышается чувствительность определения;
- Понижается предел обнаружения (на 1-4 порядка);
- Уменьшается перенапряжение;
- Повышается селективность определения;
- Расширяется круг определяемых соединений;
- Проводится многокомпонентный анализ;

Область применения модифицированных электродов

- Электроанализ;
- Химические сенсоры, биосенсоры;
- Детекторы в проточных методах (ВЭЖХ, ПИА);

Определение органических соединений на МГЭ

Определяемый компонент	Интервал концентраций, М	$I = a + b \times C$		
		$a \pm \Delta a$	$(b \pm \Delta b) \times 10^4$	R
Витамин В1	$5 \times 10^{-2} - 5 \times 10^{-4}$	38 ± 7	0.20 ± 0.02	0.9989
	$5 \times 10^{-2} - 1 \times 10^{-5}$	1.5 ± 0.5	1.5 ± 0.2	0.9995
	$5 \times 10^{-2} - 5 \times 10^{-6}$	7.1 ± 2.2	1.9 ± 0.4	0.9998
Аскорбиновая кислота	$1 \times 10^{-2} - 5 \times 10^{-4}$	5.6 ± 0.4	0.044 ± 0.003	0.9988
	$1 \times 10^{-2} - 1 \times 10^{-6}$	5.7 ± 0.3	1.9 ± 0.3	0.9999
	$1 \times 10^{-2} - 5 \times 10^{-8}$	2.7 ± 0.2	51 ± 1	0.9998
Гидрохинон	$1 \times 10^{-2} - 1 \times 10^{-5}$	84 ± 4	4.5 ± 0.1	0.9997
Кверцетин	$5 \times 10^{-2} - 5 \times 10^{-6}$	2.5 ± 0.1	7.7 ± 0.9	0.9998

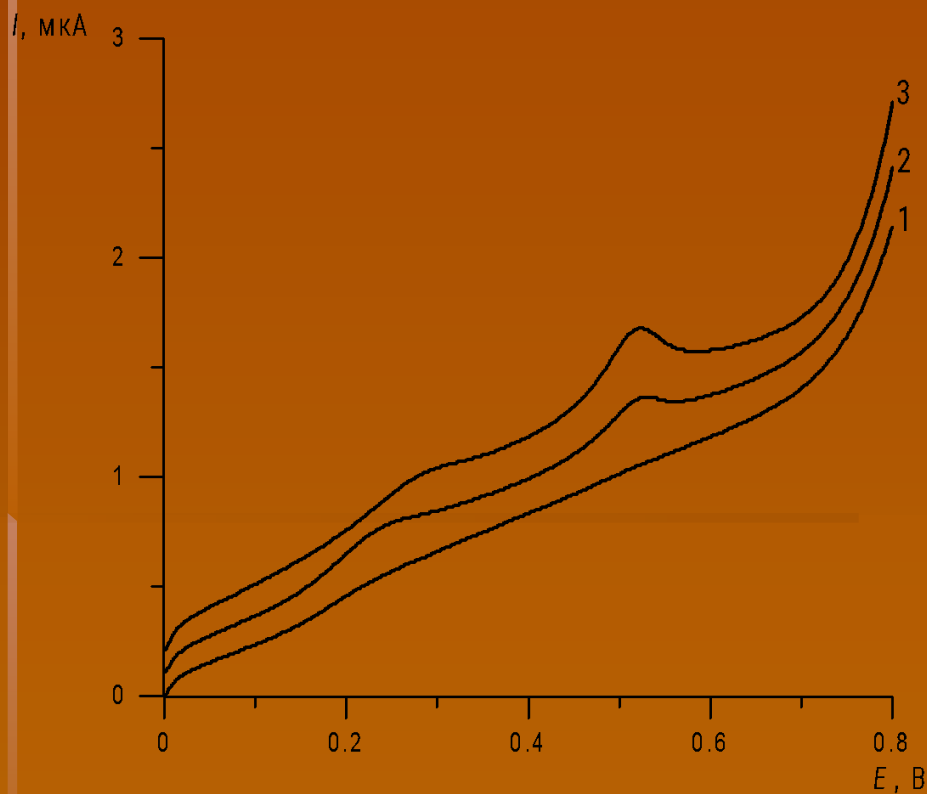
Преимущества МГЭ

- Повышение чувствительности
- Понижение предела обнаружения
- Уменьшение перенапряжения
- Контроль селективности

Объекты анализа

- Фармпрепараты;
- Пищевые продукты;
- Биологические жидкости;
- Объекты окружающей среды.

Принцип определения ртути: анодная ИВ на ЗГЭ



Вольтамперные кривые ртути на ЗГЭ «*in situ*» в растворе $0,1$ моль/дм³ HNO_3 , $E_3 = -0.2$ В, $\tau_3 = 60$ с:

1 – фон $0,1$ моль/дм³ HNO_3 , + 4×10^{-6} моль/дм³ Au^{3+} ;

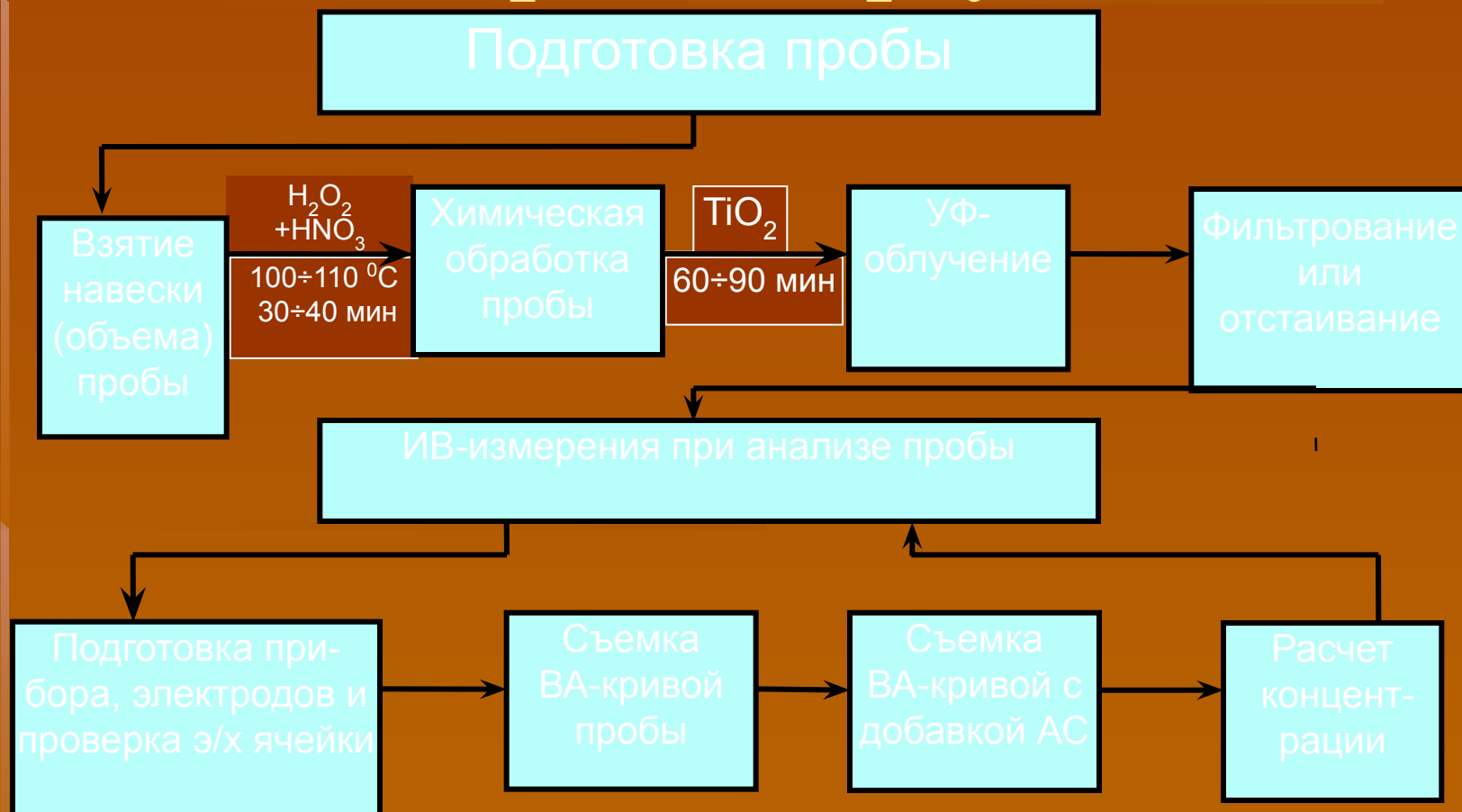
2 – то же + $0,0025$

моль/дм³ Hg^{2+}

Схема электродного процесса

Концентрирование	$\text{Hg}(2+) + 2e + (\text{Au})$ ----- $\text{Hg}(0)\text{Au}$
Формирование	$\text{Hg}(0)\text{Au} - 2e$ ----- $\text{Hg}(2+)$
Параметры измерений	Характеристики
Индикаторный электрод	Золото-графитовый, «in situ»
Фоновой электролит	HNO_3 , H_2SO_4
Потенциал накопления, В	0,0
Потенциал анодного пика, В	$0,60 \pm 0,07$
Режим изменения	Ступенчатый

Схема анализа проб экологических объектов на содержание ртути



Особенности ИВ-определения селена в водах

Электроактивная форма – селен (4+)

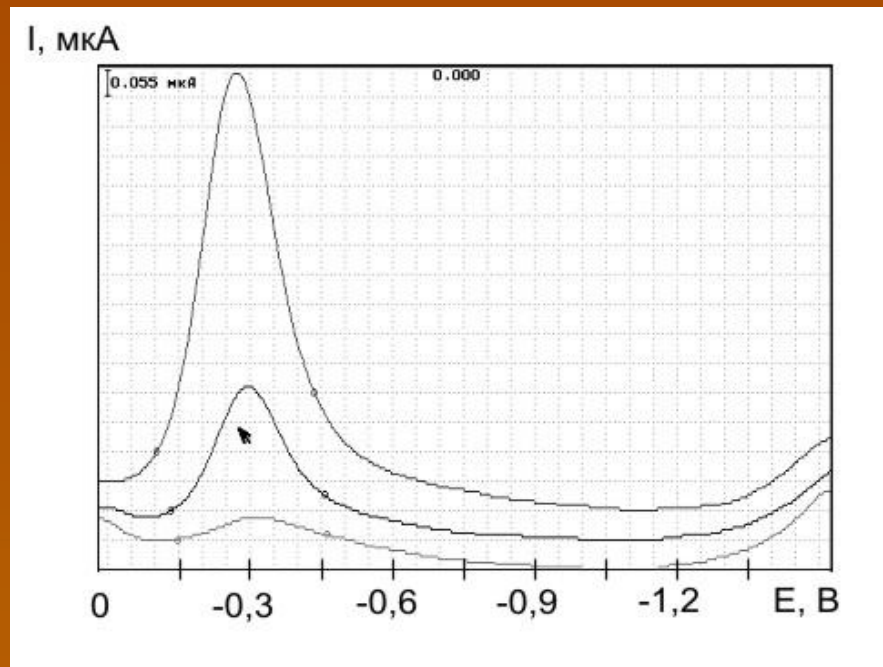
Принцип определения: **анодная ИВ на ЗГЭ**

Концентрирование на ЗГЭ	$\text{H}_2\text{SeO}_3 + 4\text{e} \rightarrow \text{Se(o)}(\text{имс с Au})$
Формирование сигнала	$\text{Se(o)}(\text{имс с Au}) - 4\text{e} \rightarrow \text{H}_2\text{SeO}_3$



Общая схема пробоподготовки для определения общего селена и его органических и неорганических форм в смеси сухой травы и БАД методом ИВ

Принцип определения: Катодная ИВ на РПЭ



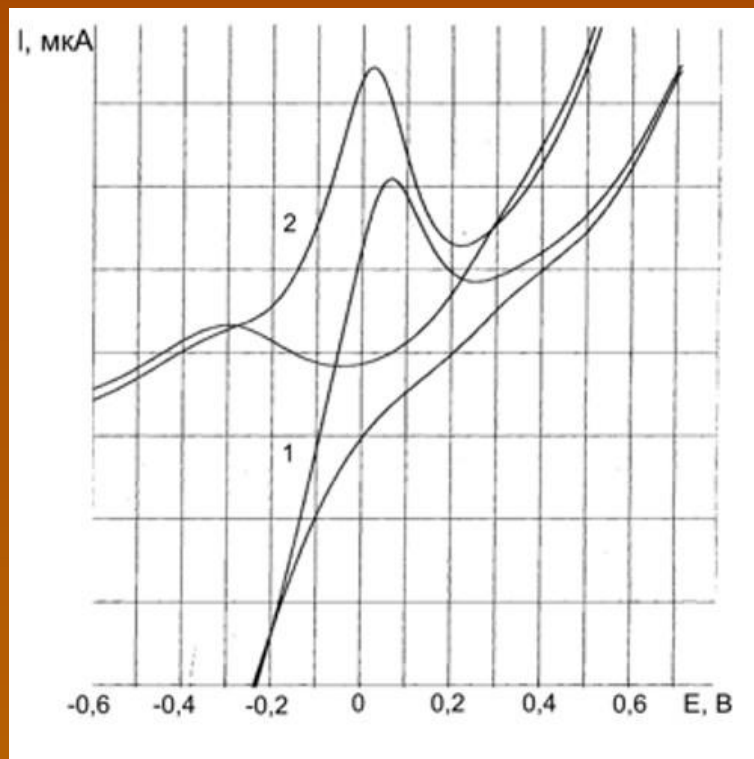
Вольтамперограмма
иодид-иона на фоне
раствора калия
азотнокислого
концентрации 0,1
моль/дм³
и аскорбиновой кислоты
0,05 моль/дм³

Схема электродного процесса

Концентрирование	$2I^- + 2Hg(0) - 2e \rightarrow Hg_2I_2$
Формирование сигнала	$Hg_2I_2 + 2e \rightarrow 2I^- + 2Hg(0)$

Параметры измерений	Характеристики
Индикаторный электрод	Ртутно-пленочный
Фоновой электролит	KNO_3 , аскорбиновая кислота
Потенциал накопления, В	0,0
Потенциал анодного пика, В	$-0,35 \pm 0,05$
Форма изменения	Дифференциально-

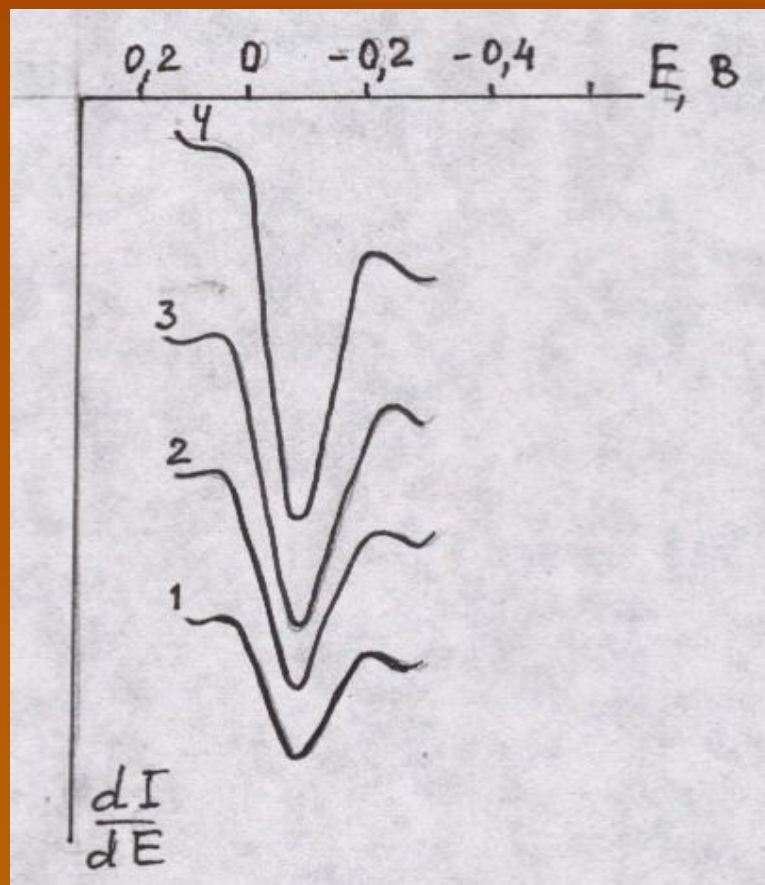
Принцип определения: Анодная ИВ на ЗГЭ



Вольтамперограммы мышьяка на фоновом электролите (раствор трилона Б) в присутствии кислорода.

Условия: вращающийся ЗГЭ, $E_0 = -1,0$ В; время накопления 60 с, скорость развертки

Вольтамперограмма железа



Дифференциальные
вольтамперограммы Fe^{3+} :

Фон – 0,05 М трилон Б,
золотографитовый электрод.

$C^{Fe(3+)}$, мг/дм³:

1 – 0,5;

2 – 1,0;

3 – 1,5;

4 – 2,0

Условия ИВ-измерений мышьяка и железа

<i>Параметры измерений</i>	<i>Характеристики</i>
Индикаторный электрод	Золото-графитовый
Фоновой электролит	0,01 М Трилон Б
Потенциал накопления, В	-1.0
Потенциал анодного пика, В	0,05
Форма изменения потенциала	ступенчатая
Время измерения, мин	20 - 400

Объект анализа: Вода питьевая

Метод анализа: Инверсионная вольтамперометрия (по методикам ТПУ)

Определяемый компонент	ПДК, мг/дм ³ *)	Диапазон определяемых концентраций, мг/дм ³	Степень стандартизации методики
Барий	0,1	определение возможно	
Ванадий	0,1	определение возможно	
Висмут	0,1	0,0001 - 0,9	УНИИМ, ПНД Ф, ГКСЭН, проект ГОСТ Р
Вольфрам	0,05	определение возможно	
Железо	0,3	0,3 - 50	на стадии разработки
Йод	-	0,005 – 1,3	УНИИМ, ФР
Кадмий	0,001	0,0005 - 1,0	УНИИМ, ГКСЭН, проект ГОСТ Р
Кобальт	0,1	0,01 – 1,0	на стадии разработки
Марганец	0,1	0,03 - 6,0	УНИИМ, ПНД Ф, ГКСЭН, проект ГОСТ Р

Объект анализа: Вода питьевая

Метод анализа: Инверсионная вольтамперометрия (по методикам ТПУ)

Определяемый компонент	ПДК, мг/дм ³	Диапазон определяемых концентраций, мг/дм ³	Степень стандартизации методики
Барий	0,1	определение возможно	
Ванадий	0,1	определение возможно	
Висмут	0,1	0,0001 - 0,9	УНИИМ, ПНД Ф, ГКСЭН, ГОСТ Р
Вольфрам	0,05	определение возможно	
Железо	0,3	0,3 - 50	на стадии разработки
Йод	-	0,005 – 1,3	УНИИМ, ФР
Кадмий	0,001	0,0005 - 1,0	УНИИМ, ГКСЭН, ГОСТ Р
Кобальт	0,1	0,01 – 1,0	на стадии разработки
Марганец	0,1	0,03 - 6,0	УНИИМ, ПНД Ф, ГКСЭН, ГОСТ Р
Медь	1,0	0,0006 - 9,0	УНИИМ, ГКСЭН, ГОСТ Р

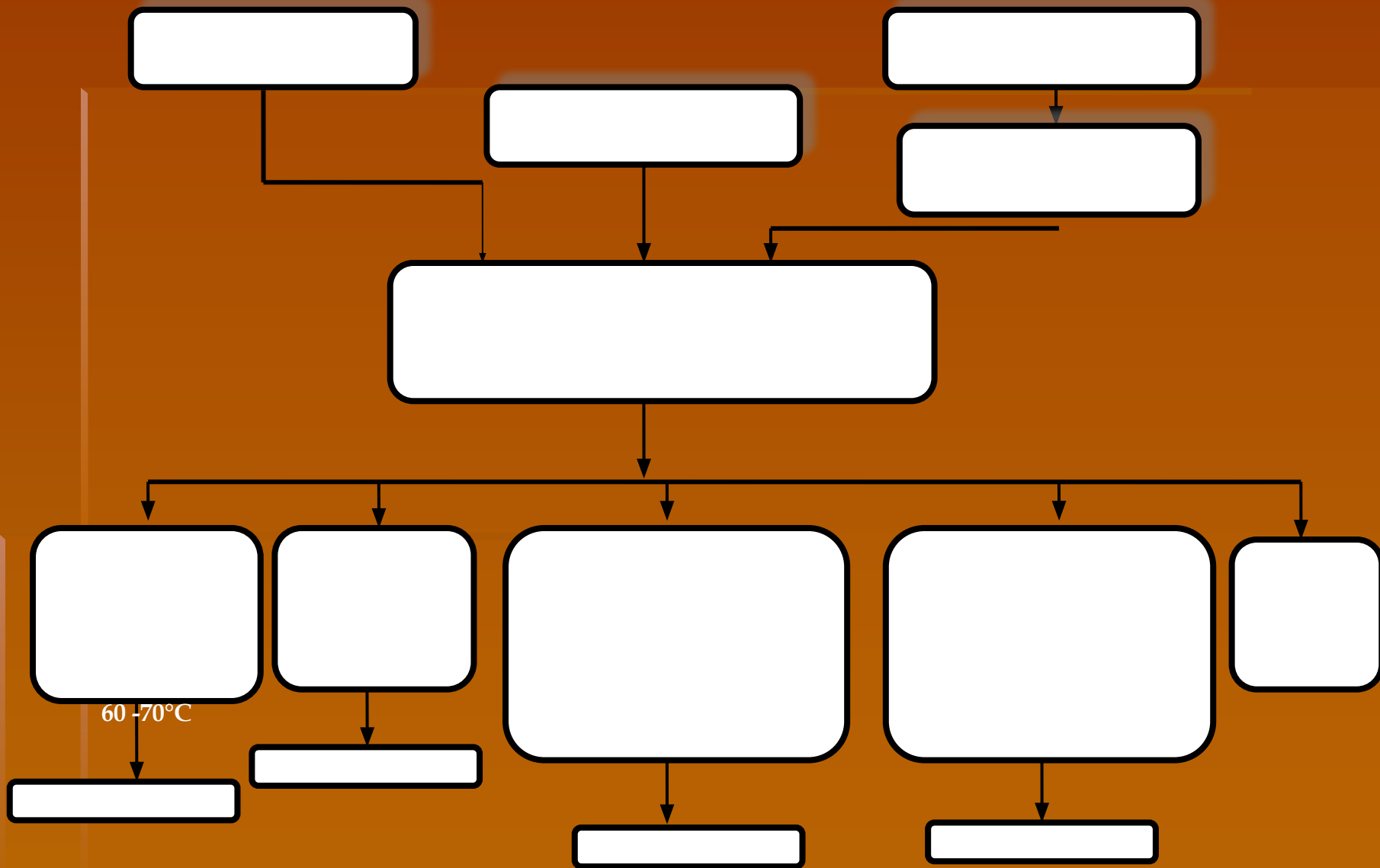
Никель	0,1	0,001 – 1,0	на стадии разработки
Нитрат	45	1,0 – 500	на стадии разработки
Нитрит	3,0	2,3 - 30	на стадии разработки
Ртуть	0,0005	0,00015 - 0,4	УНИИМ, ГКСЭН, проект ГОСТ Р
Свинец	0,03	0,0002 - 1,0	УНИИМ, ГКСЭН, проект ГОСТ Р
Селен	0,01	0,003 - 0,05	УНИИМ, ФР
Серебро	0,05	0,005 – 0,5	на стадии разработки
Сурьма	0,05	0,0001 - 0,03	УНИИМ, ПНДФ, ГКСЭН, проект ГОСТ Р
Стронций	7,0	определение возможно	
Таллий	0,0001	определение возможно	
Теллур	0,01	определение возможно	
Уран	-	0,00008 – 0,008	на стадии разработки
Хлориды	350	определение возможно	
Хром (3+)	0,5	определение возможно	
Цинк	5,0	0,0006 - 50,0	УНИИМ, ГКСЭН, проект ГОСТ Р

Никель	0,1	0,001 – 1,0	УНИИМ, ФР
Нитрат	45	1,0 – 500	на стадии разработки
Нитрит	3,0	2,3 - 30	на стадии разработки
Ртуть	0,0005	0,00015 - 0,4	УНИИМ, ГКСЭН, ГОСТ Р
Свинец	0,03	0,0002 - 1,0	УНИИМ, ГКСЭН, ГОСТ Р
Селен	0,01	0,003 - 0,05	УНИИМ, ФР
Серебро	0,05	0,005 – 0,5	УНИИМ, ФР
Сурьма	0,05	0,0001 - 0,03	УНИИМ, ПНДФ, ГКСЭН, ГОСТ Р
Стронций	7,0	определение возможно	
Таллий	0,0001	определение возможно	
Теллур	0,01	определение возможно	
Уран	-	0,00008 – 0,008	на стадии разработки
Хлориды	350	определение возможно	
Хром (3+)	0,5	определение возможно	
Цинк	5,0	0,0006 - 50,0	УНИИМ, ГКСЭН, ГОСТ Р
Анилин	-	0,00005 - 5,0	УНИИМ
ПАВ	0,5	0,005 – 0,5	на стадии разработки
Фенол	0,001	0,0004 - 0,1	УНИИМ, ПНД Ф, ГКСЭН

Для сокращения времени пробоподготовки:

- - уменьшение навески для анализа
- - многоэлементный анализ из одной пробы
- - сочетание химических и физических воздействий (МВ-, УФ- и др.)
- - неполное разложение матрицы
- - совмещение стадии пробоподготовки и измерения сигнала
- - прямое измерение без пробоподготовки
- - применение автоматизированных высокопроизводительных систем пробоподготовки

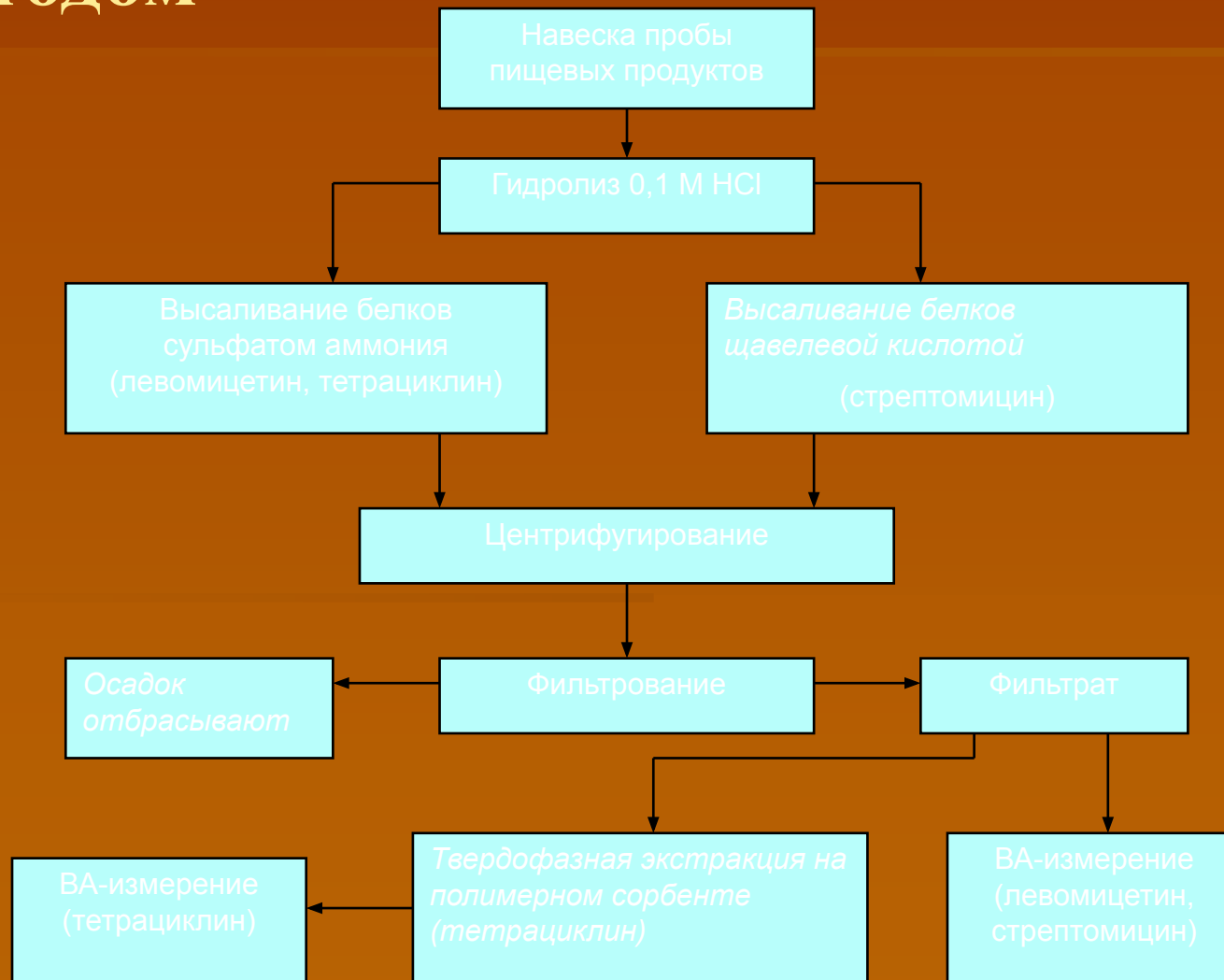
Схема пробоподготовки при многоэлементном анализе экологических объектов



Рабочие условия вольтамперометрического определения антибиотиков

Определяемый компонент	Электрод	Фоновый электролит	$E_э, В$	$T_{э}, с$	$w, мВ/с$	$E_{п}, В$
Левомецетин	РПЭ	0,1 М (NH ₄) ₂ SO ₄	- 0,45	30	25	-0,55 ÷ -0,65
Тетрациклин	СУЭ	KCl + HCl	- 0,4	20	20	0,65 ÷ 0,75
Стрептомицин	РПЭ	0,01 М NaOH	- 1,2	30	50	-0,42 ÷ -1,50

Пробоподготовка пищевых продуктов при определении антибиотиков (левомицетина, стрептомицина и тетрациклина) ВА-методом



Автоматизированный комплекс «ТЕМОС-ЭКСПРЕСС»

Автоматизированный комплекс «ТЕМОС-ЭКСПРЕСС» предназначен для пробоподготовки различных объектов в количественном химическом анализе различными методами (вольтамперометрия, атомно-адсорбционная спектроскопия, УФ-спектрокопия и т.д.) в



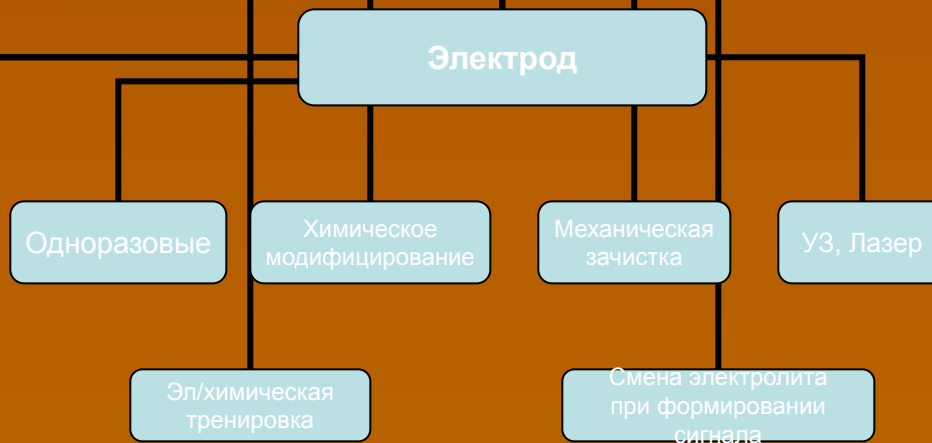
Приемы, повышения производительности анализа на стадии подготовки к ВА-измерениям:

■ 1.Электроды

- -Одноразовые электроды
- -Химически модифицированные электроды
- -Различные способы активации поверхности электродов

2. Автоматическая отмывка ячеек, электродов

3. Анализ без удаления кислорода из раствора



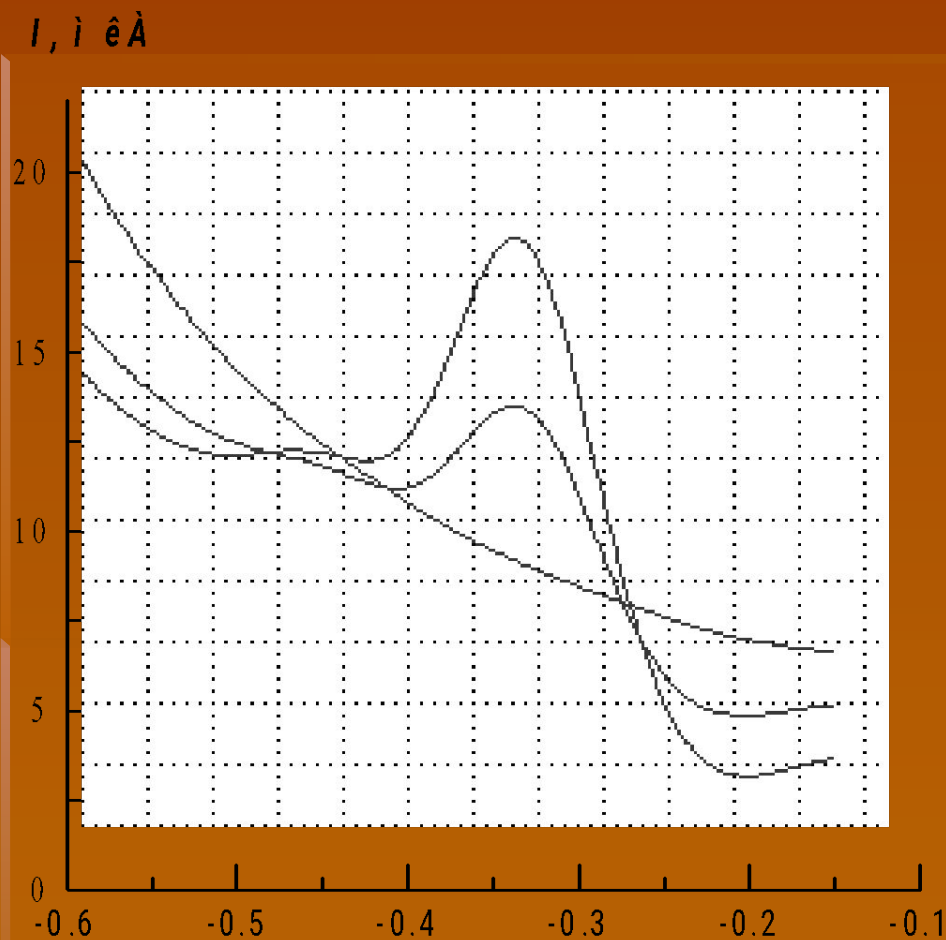
Аттестованные ИВ- методики КХА при определении антибиотиков

п/п	Номера свидетельств об аттестации и ФР	Объект анализа	Определяемый компонент	Диапазон определяемых концентраций, мг/кг или мг/дм ³
1	08-47/086 ФР.1.31.2001.00238	<i>Молоко и Молочны продукты</i>	<i>Левомецетин</i>	от 0,003 до 0,030
2	08-47/106 ФР.1.31.2001.00250	<i>Яйцо. Мясо и продукты их переработки</i>	<i>Левомецетин</i>	от 0,006 до 0,10
3	<i>на стадии аттестации</i>	<i>Молоко и молочные продукты</i>	<i>Тетрациклин, стрептомицин</i>	

Рабочие условия вольтамперометрического определения ВИТАМИНОВ

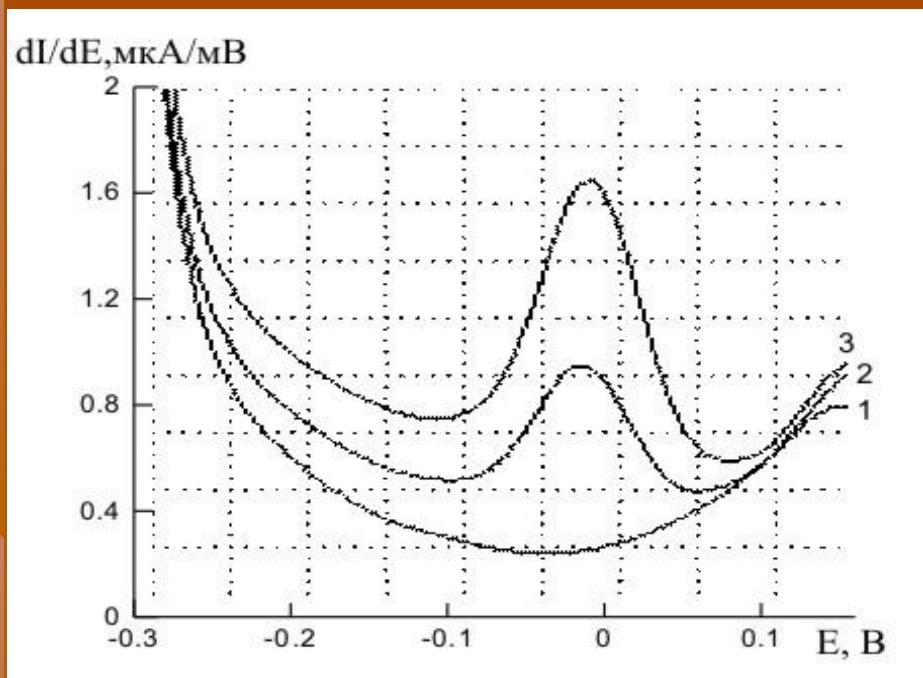
Определяемый компонент	Электрод	Фоновый электролит	$E_{э}$, В	$T_{э}$, с	w , мВ/с	$E_{п}$, В
Витамин В1	РПЭ	0,1 М Na_2HPO_4 ,	- 0,8	30	30	-1,25÷-1,35
Витамин В2	СУЭ	0,05 М $(NH_4)_2$ HCitr,	- 0,6	30	30	-0,25÷ -0,35
Витамин С	СУЭ	0,01 М KCl + HCl (pH 3÷4)	- 0,3	30	15	0,55÷0,65
Витамин Е	СУЭ	0,1 М NaClO4	-0,3	30	15	0,57÷0,60

Вольтамперограммы окисления рибофлавина на СУЭ электроде



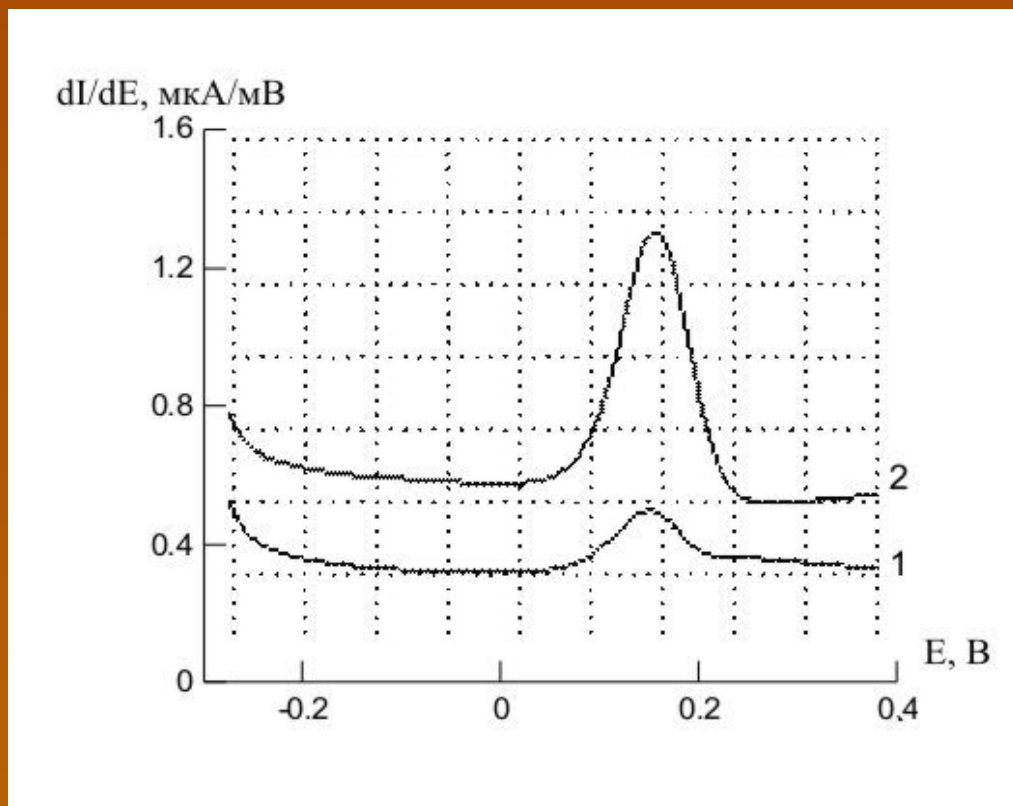
$E_{\ominus} = -0,6 \text{ В}$, $\tau_{\ominus} = 30 \text{ с}$, $W = 40 \text{ мВ/с}$;
1 – фон 0,1M ;
2 – то же + СВ2= 0.5 мг/дм³;
3 – то же + СВ2= 1.0 мг/ дм³;

Вольтамперограммы окисления кверцетина на стеклоуглеродном электроде в дифференциальном режиме



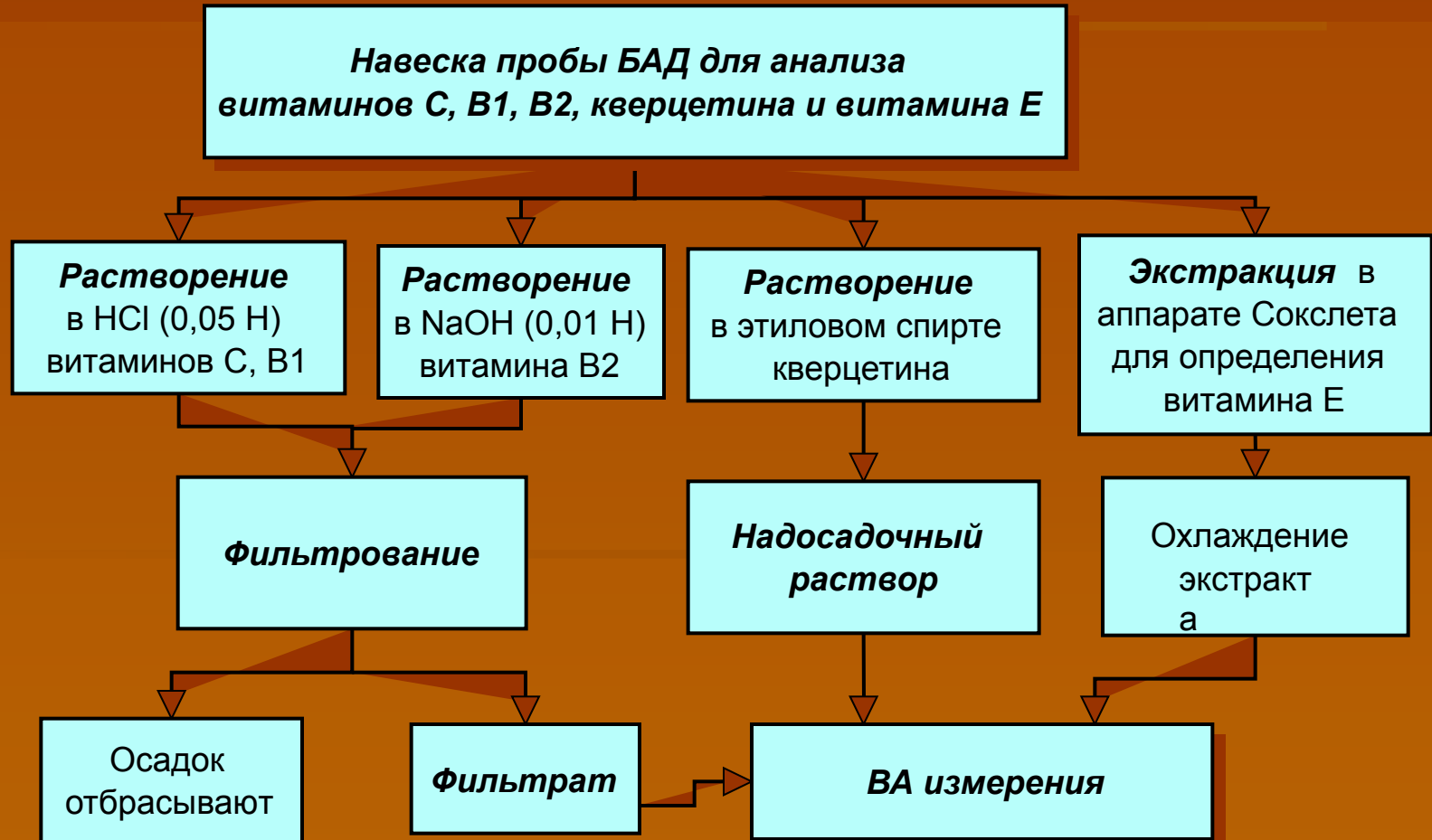
- 1 – фон 0,05 HCl.
- 2 – 0,15 мг/дм³ АС кверцетина;
- 3 – 0,3 мг/дм³ АС кверцетина.

Вольтамперограммы окисления рутина на стеклоуглеродном электроде в дифференциальном режиме



Фон 0,1 М Na_2HPO_4 ;
1 – 0,4 мг/дм³ АС рутина;
2 – 1,2 мг/дм³ АС рутина.

Пробоподготовка БАД для ВА анализа витаминов С, В1, В2, кверцетина и витамина Е



Аттестованные ИВ- методики определения витаминов и флавоноидов

Номера свидетельств об аттестации и ФР	Объект анализа	Определяемый компонент	Диапазон определяемых концентраций, мг/кг или мг/дм ³
08-47/113 ФР.1.31.2001.00251	Продукты детск. питания, соки, фрукты, ягоды и витаминизир. препараты	Витамин С	от 2 до 3000
08-47/053		Витамин В1	от 0,01 до 100
08-47/144 ФР.1.31.2004.01074		Витамин В2	от 0,02 до 500
08-47/141 ФР.1.31.2004.01071	Биологически активные добавки (БАД)	Вит.С Вит. В1 Вит. В2 Кверцетин Вит. Е	от 10 000 до 20 000 от 50 до 10000 от 100 до 3 000 от 2000 до 30000 от 100 до 150 000

Комплекс вольтамперметрический «СТА»

Внесен в государственный реестр средств измерений.

Регистрационный № **17933-98**

Сертификат об утверждении типа измерений **RU.C.31.007.A** № **574**



Основные преимущества разработанных ИВ-методик

Характеристика ИВ-методик	За счет чего достигается эффект
Экспрессность	<ul style="list-style-type: none">- Использование малых навесок (до 0,100 г)- Небольшое число операций, исключение операции концентрирования
Эффективность при устранении мешающих веществ	<ul style="list-style-type: none">- Использование безреагентного УФ-облучения растворов- Быстрое и полное разложение ОВ (с сочетанием “мокрого” и сухого озонения) в небольших навесках проб- Использование фонов, содержащих лиганды- Выбор потенциала электронакопления
Дешевизна	<ul style="list-style-type: none">- Прием смены электролита при получении аналитического сигнала- Использование термических печей вместо дорогостоящих ИВ печей и закрытых сосудов для разложения- Отсутствие дорогостоящих реагентов- Небольшие объемы и количества реагентов- Использование реагентов в качестве фона- Использование минимума посуды (пробоподготовка и определение проводят в одном кварцевом стаканчике)

Основные преимущества разработанных ИВ-методик

Характеристика ИВ-методик	За счет чего достигается эффект
Высокая производительность	<ul style="list-style-type: none">- Однотипная пробоподготовка для одновременного определения нескольких элементов (Zn, Cd, Pb, Cu), (Cu, Hg), (Fe, As, Cu).- Использование анализаторов с 3-мя ячейками и одновременным УФ-облучением растворов- Автоматизация пробоподготовки (одновременно 9 проб) и измерения
Экологическая безопасность	<ul style="list-style-type: none">- Не используются токсичные органические растворители- Устранены операции отгонки токсичных As, Hg, Se- Устранено использование взрывоопасной HClO_4- Не используются баллоны со сжатыми газами при применении УФ-удаления кислорода