

УДК 543.272.454

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЙОДИД-ИОНОВ В МИНЕРАЛЬНЫХ ВОДАХ МЕТОДОМ ЭКСТРАКЦИОННОЙ РЕДОКС ФОТОМЕТРИИ

Г.М.Сергеев, Е.В.Шляпунова, И.В.Макеева  
Нижегородский государственный университет им.Н.И.Лобачевского  
Химический факультет  
603950, ГСП-20, Нижний Новгород, пр.Гагарина, 23.  
GenMich@rambler.ru

Поступила в редакцию 02 декабря 2005 г.

Предлагается экстракционно-фотометрический редокс способ определения йодид-ионов в минеральных водах с различным солевым составом. В отличие от используемых рекомендуемая методика отличается низким пределом обнаружения ( $5 \cdot 10^{-5}$  мг/л), высокой избирательностью (не уменьшает  $10^6$ -кратный избыток сопутствующих ионов) и экспрессностью (30 мин). Основой разработанного способа является редокс реакция с участием окислительно-восстановительных пар  $Sb^{V}/Sb^{III} - I_2/2I^-$  в двухфазной системе: толуольный раствор ионного ассоциата сурьмы (V) – анализируемая минеральная вода. Относительная погрешность определений не превышает 20 %.

**Сергеев Геннадий Михайлович** – профессор кафедры аналитической химии химического факультета Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского.

Область научных интересов: вещественный анализ продукции современных технологий и объектов окружающей среды; ионная хроматография, проточно-инжекционный анализ, экстракционная редокс фотометрия.

Автор около 140 публикаций.

**Шляпунова Елена Валерьевна** – студентка V курса химического факультета Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского.

Область научных интересов: экстракционная редокс фотометрия и ионная хроматография биогенных элементов.

**Макеева Ирина Владимировна** – химик-эколог, выпускница первого факультета дистанционного обучения Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского.

Область научных интересов: вещественный анализ объектов окружающей среды.

Проблема контроля следовых количеств йодид-ионов в многокомпонентных смесях естественного или техногенного происхождения является весьма актуальной. Редокс потенциометрия характеризуется высоким пределом обнаружения ( $n \cdot 10$  мг/л) и недостаточной избирательностью [1-2]. Фотометрические ( $n \cdot 10^{-1}$  мг/л) [3] и экстракционно-фотометрические или флуориметрические ( $n \cdot 10^{-2}$  мг/л) [4-5] методы более специфичны. Необходимая для решения большинства аналитических задач селективность детектирования йодидов реализуется в инверсионной вольтамперометрии ( $n \cdot 10^{-4} - n \cdot 10^{-3}$  мг/л) [6-9] и жидкостной [10-11] или газовой хроматографии [12] ( $n \cdot 10^{-3}$  мг/л), использующих дорогостоящее оборудование. Кинетические методы ( $n \cdot 10^{-4}$  мг/л) [13-17], несмотря на высокую чувствительность, достаточную избирательность и доступность аппаратурного оформления, требуют строгого контроля чистоты реактивов и температурного режима проведения индикаторных реакций. В нормативной документации (ГОСТ 13273 "Технические условия", разработанные для минеральных вод и Сан ПиН 2.3.2.560-96), как правило, приводится только макрокомпонентный состав, который можно имитировать. Идентификация мине-



ральной воды [18] невозможна без определения микрокомпонентов, в том числе йодида на уровне наногаммовых масс в присутствии  $10^4$ - $10^6$ -кратного избытка ионов  $Cl^-$ ,  $CO_3^{2-}$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ . Содержание йодид-ионов в подземных источниках, обусловленное особенностями геохимических процессов, является одним из своеобразных маркеров [19], подтверждающих аутентичность минеральной воды заявленному типу и образцу. Высокочувствительный и избирательный метод анализа должен быть простым, надежным и доступным для служб аналитического контроля любого уровня.

Целью настоящей работы являлось определение низких концентраций йодид-ионов в минеральных водах с различным солевым составом методом экстракционной редокс фотометрии. Этот метод отличается низким пределом обнаружения и хорошей специфичностью по отношению к некоторым кислотообразующим элементам [20-21].

### Экспериментальная часть

В качестве реагента-окислителя йодид-ионов использовали ионный ассоциат, образованный отрицательно заряженным хлоридным комплексом сурьмы (V) и окрашенным катионом кристаллического фиолетового (КФ<sup>+</sup>). Для получения ионного ассоциата 10 мл стандартного раствора (1 мг/мл) сурьмы (III) [22], приготовленного из металлической сурьмы, помещали в делительную воронку, добавляли 1 мл 10 % раствора  $NaNO_2$  и перемешивали в течение 2 мин; при этом  $Sb(III)$  окисляется до  $Sb(V)$ . Затем для разрушения избытка окислителя вводили 0,5 мл насыщенного раствора мочевины. Далее приливали 20 мл бидистиллированной воды и 3 мл 0,2 % раствора кристаллического фиолетового. Ионный ассоциат  $[KFSbCl_6]$  извлекали толуолом. Кристаллический фиолетовый - "ч.д.а.", очищен перекристаллизацией из этанола. Остальные реактивы имели квалификацию "ос.ч." или "х.ч."

Первичный стандартный раствор, содержащий йодид-ионы, получали растворением навески  $KI$  "ос.ч." в бидистиллированной воде. Вторичные растворы готовили способом последовательного разбавления более концентрированных непосредственно перед проведением анализа. Воспроизводимые результаты измерений имеют место для слабокислых сред ( $pH=3-5$ ), поскольку при  $pH<2$  происходит окисление йодид-ионов растворенным кислородом до трийодида, а в щелочной области ( $pH>8$ ) образуются йодаты [23].

Взаимодействие  $[KFSbCl_6]$  с йодид-ионами

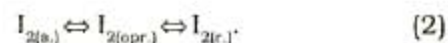
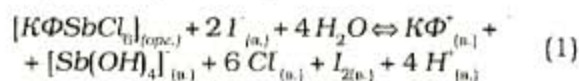
проводили в пробирках (17·170 мм) с притертыми пробками, куда помещали равные объемы (4 мл) толуольного раствора ионного ассоциата, стандартного или модельного водных растворов, имеющих заданную концентрацию йодида и сопутствующих ионов, а также ацетатно-аммиачного буферного раствора с  $pH=3$ . Для механизма аналитических реакций [24] перемешивание содержимого пробирок осуществляли вибросмесителем при  $(20\pm 2)^\circ C$  со скоростью 180-200 и 25-30 колебаний в минуту в течение фиксированного времени (20 мин). Указанное время отвечало установлению равновесия в изученной области концентраций реагентов. После расслоения фаз измеряли оптическую плотность органического слоя "против" контроля на спектрофотометре СФ-46 в кювете с толщиной слоя 1 см при  $\lambda = 615$  нм. Контролем служила подобная система, в которой стандартный (модельный) раствор заменяли на "холостую" пробу.

Методика анализа минеральных вод не отличалась от вышеизложенной. С целью снижения нижней границы определяемых концентраций йодид-ионов оптимальная скорость контактирования фаз составляла 25-30 кол/мин.

### Результаты и их обсуждение

Установлено, что при интенсивном перемешивании (180-200 кол/мин) уменьшение оптической плотности фотометрируемых экстрактов пропорционально увеличению концентрации йодид-ионов. Последнее обусловлено тем, что продукты редокс реакции не образуют экстрагируемых ионных ассоциатов. При этом водная фаза приобретает окраску свободного красителя.

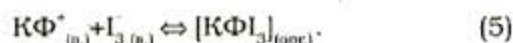
Полученные экспериментальные данные и литературные сведения [25-27] дают основание предположить следующие процессы, протекающие на границе раздела фаз:



В вышеуказанных условиях молекулярный йод распределяется между фазами, причем большая его часть переходит из органического слоя в свободный от жидкости объем ( $\sim 16$  см<sup>3</sup>) пробирки.

Показано, что при уменьшении скорости перемешивания органической и водной фаз до 25-30 кол/мин выхода йода из реакционной системы не наблюдается. В этом случае наряду с реакцией (1) реализуются конкурирующие процессы (3)-(5).





Подтверждением указанных взаимодействий является возрастание оптической плотности органического слоя (относительно "холостой" пробы) с увеличением концентрации йодид-ионов в водном растворе. Это объясняется тем, что кристаллический фиолетовый образует с трийодид-ионом окрашенный ионный ассоциат, экстрагируемый толуолом. Прямым доказательством вышеизложенного могут служить данные табл. 1, полученные с использованием анализируемых стандартных растворов, содержащих различные количества эквимольной смеси йодид-ионов и свободного йода.

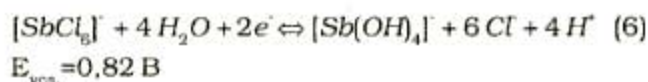
Таблица 1

Результаты определения концентрации йодид-ионов (мг/л) в стандартных растворах, содержащих эквимольную смесь I<sup>-</sup> и I<sub>2</sub> (n=5; P=0,95)

Содержание I <sup>-</sup> в стандартных растворах, мг/л	Найдено, мг/л
(1,00 ± 0,03) · 10 <sup>-3</sup>	(0,90 ± 0,07) · 10 <sup>-3</sup>
(5,0 ± 0,2) · 10 <sup>-4</sup>	(5,2 ± 0,6) · 10 <sup>-4</sup>
(2,5 ± 0,1) · 10 <sup>-4</sup>	(2,3 ± 0,2) · 10 <sup>-4</sup>
(1,00 ± 0,04) · 10 <sup>-4</sup>	(1,0 ± 0,1) · 10 <sup>-4</sup>

Принимая во внимание константы устойчивости гексахлоридного комплекса сурьмы (V) (по нашей оценке из данных [28] lgβ<sub>6</sub>=6,6) и продукта

гидролиза ее восстановленной формы lgβ<sub>4</sub>=38,3 [29], нами рассчитана величина условного (при pH=3) редокс потенциала пары Sb(V)/Sb(III) для реакции (6):



Окислительный потенциал системы I<sub>2</sub>/2I<sup>-</sup> равен 0,62 В [25]. Таким образом, за счет достаточно большого различия в потенциалах обеспечивается высокая степень превращения исходных веществ в продукты реакции (1). Следует отметить, что катион KФ<sup>+</sup> по аналогии с катионами четвертичных аммониевых оснований [24], по видимому, выполняет роль межфазного катализатора, перенося субстрат (I<sub>3</sub><sup>-</sup>) в органическую фазу. Суммарная концентрация кристаллического фиолетового в двухфазной системе сохраняется неизменной.

Для того, чтобы воспользоваться способами графической и математической обработки результатов измерений в широком диапазоне определяемых содержаний йодид-ионов, параметры градуировочных уравнений (табл. 2) вычисляли, аппроксимируя соответствующие зависимости линейными функциями (коэффициенты корреляции 0,98-0,99) вида:

$$lg(\alpha \text{ или } \beta) = (a \pm \Delta a) \cdot pC + (b \pm \Delta b).$$

Здесь α и β представляют собой долю ионного ассоциата [KФSbCl<sub>6</sub>], вступившего в редокс реакцию (1), и долю продукта [KФI<sub>3</sub>], образовавшегося по схеме (5), соответственно.

Таблица 2

Параметры уравнений градуировочных зависимостей lg(α или β) = (a ± Δa) · pC + (b ± Δb) для определения йодид-ионов (мг/л) с использованием реакций разрушения (α) и образования (β) ионных ассоциатов (n=5; P=0,95)

Механизм аналитич. реакций	Диапазон определяемых конц., мг/л	Параметры уравнений		С <sub>мин.</sub> , мг/л
		a ± Δa	b ± Δb	
α (1)	1 · 10 <sup>-3</sup> - 1 · 10 <sup>-1*</sup>	-(1,7 ± 0,1) · 10 <sup>-1</sup>	-(1,03 ± 0,05)	5 · 10 <sup>-4</sup>
	0,1 - 5	-(0,52 ± 0,03)	-(0,36 ± 0,02)	1 · 10 <sup>-1</sup>
β (5)	1 · 10 <sup>-4</sup> - 2 · 10 <sup>-3*</sup>	-(9,9 ± 0,5) · 10 <sup>-1</sup>	+(2,0 ± 0,1)	5 · 10 <sup>-5</sup>
	2 · 10 <sup>-3</sup> - 10	-(4,6 ± 0,2) · 10 <sup>-2</sup>	-(2,0 ± 0,1)	2 · 10 <sup>-3</sup>

\* - концентрации I<sup>-</sup> - ионов, которым соответствуют точки "излома" градуировочных зависимостей

Указанные величины рассчитывали следующим образом: α(β) =  $\frac{\Delta A}{A_0}$ ; для α: ΔA = A<sub>0</sub> - A<sub>иссл.</sub>; для β: ΔA = A<sub>иссл.</sub> - A<sub>0</sub>. Обозначения A<sub>0</sub> и A<sub>иссл.</sub> относятся к оптической плотности контроля ("холостой" пробы) и исследуемого раствора. С - концентрация йодид-ионов, мг/л.

Чем больше скорость перемешивания, тем выше содержание ионного ассоциата сурьмы (V)

на границе раздела фаз. Поэтому точки излома на градуировочных зависимостях, обусловленные недостатком реагента за счет ограниченной взаимной растворимости толуольного и водного растворов, смещаются в сторону больших концентраций йодида. Об этом свидетельствуют границы интервала определяемых содержаний йодид-ионов.



Пределы обнаружения ( $C_{\text{мин}}$ ) рассчитывали, основываясь на величине утроенного стандартного отклонения сигнала "холостого" опыта ( $\Delta A_0 = 0,025 \pm 0,005$ ;  $n=10$ ) с учетом соответствующего коэффициента чувствительности [30-31].

Показано, что определению йодидов на уровне  $10^{-4}$  мг/л не мешает присутствие  $10^6$ -кратного избытка  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  и ряда других сопутствующих анионов и катионов.

Результаты определения йодид-ионов в минеральных водах природных источников Кавказского региона и Нижегородской области, а также некоторых искусственно минерализованных столовых вод приведены в табл. 3. Для проведения анализа использовали 6-8 образцов различных партий каждой торговой марки минеральной воды, находящейся в стандартной стеклянной (или пластиковой) упаковке завода-изготовителя. Различия в содержании йодидов, обусловленные той или иной партией продукции одинаковой маркировки или материалом тары, не выявлены (проверка по F – критерию Фишера и t – критерию Стьюдента). В табл.3 представлены средние значения, принадлежащие одной и той же совокупности результатов измерений.

Таблица 3

Результаты определения йодид-ионов в минеральных водах ( $n=7$ ;  $P=0,95$ )

Минеральная вода	Содержание I (ср. значение), мг/л
Эссендуки № 4	1,0 ± 0,2
Эссендуки № 14	
Эссендуки № 17	
Машук - 19	0,37 ± 0,03
Боржоми легкий*, Славяновская	0,26 ± 0,02
Нагутская 56, Нарзан	0,17 ± 0,02
Боржоми, Бон Аква	$(1,8 \pm 0,5) \cdot 10^{-3}$
Аква Минерале	$(4,9 \pm 0,2) \cdot 10^{-4}$
**Сарово, Дивеевская, Ветлужская	$(2 \pm 1) \cdot 10^{-4}$

\* - согласно сертификату качества содержание I составляет 0,2 мг/л; в других минеральных водах содержание йодидов не регламентируется;

\*\* - минеральные воды Нижегородской области.

В столовой воде "Бон Аква" в 4-5 раз больше не только солей натрия и калия по сравнению с водой этой же группы "Аква Минерале", но и йодид-ионов. Уровень концентрации последних сопоставим с их примесным содержанием в "матрич-

ных солях". Приведенные данные подтверждают искусственную минерализацию указанных вод.

С другой стороны, несмотря на существенное различие солевого состава, минеральные воды Нижегородской области содержат йодид-ионы на уровне "фоновых" значений, характерных для подземных вод данного геологического региона.

Правильность определения йодид-ионов в минеральных водах проверена способом "варьирования навески" (табл. 4). Кроме этого – сравнением результатов анализов методом экстракционной редокс фотометрии (ЭФМ) с использованием реакций разрушения (1) ионного ассоциата сурьмы (V) и образования (5) экстрагируемого окрашенного продукта  $[\text{KF}_3]$  (табл.5). Отмечено хорошее совпадение с данными ионхроматографического анализа (ИХ) [11]. Полученные результаты свидетельствуют об отсутствии значимой (по сравнению со случайной) систематической погрешности.

Таблица 4

Проверка правильности определения йодид-ионов в минеральных водах способом "варьирования навески" ( $n=5$ ;  $P=0,95$ )

Минеральная вода	Кратность разбавления	Содержание I, мг/л *	$S_x$
Эссендуки № 4	500	0,97 ± 0,08	0,07
	1000	1,1 ± 0,1	0,07
	2000	0,98 ± 0,09	0,07
Боржоми легкий	250	0,30 ± 0,02	0,05
	500	0,25 ± 0,02	0,06
	1000	0,27 ± 0,03	0,09
Нарзан	200	0,18 ± 0,02	0,09
	250	0,17 ± 0,01	0,07
	500	0,17 ± 0,02	0,09

\* - содержание йодид-ионов с учетом кратности разбавления

Таблица 5

Сопоставление результатов анализа некоторых минеральных вод независимыми способами ( $n=5$ ;  $P=0,95$ )

Минеральная вода	Содержание I (ср. значение), мг/л		
	ЭФМ (реакция 1)	ЭФМ (реакция 5)	Метод ИХ
Эссендуки № 4	1,0 ± 0,1	0,9 ± 0,1	0,9 ± 0,2
Машук – 19	0,35 ± 0,02	0,37 ± 0,03	-
Славяновская	0,24 ± 0,02	0,23 ± 0,02	-
Нарзан	0,17 ± 0,03	0,18 ± 0,02	0,16 ± 0,03

\* - для каждого образца из 6 - 8 проб различных партий одинаковой торговой марки минеральной воды



**Выводы**

1. Разработан экстракционно-фотометрический редокс способ определения йодид-ионов в различных минеральных водах, характеризующийся пределом обнаружения  $5 \cdot 10^{-5}$  мг/л. Отсутствует необходимость в концентрировании и раз-

делении компонентов анализируемых проб. Относительная погрешность не превышает 20%.

2. Содержание йодидов может служить маркером, подтверждающим аутентичность минеральной воды заявленному типу и образцу.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Уильямс У. Дж. Определение анионов / У.Дж.Уильямс. М.: Химия, 1982. 624 с.
2. Турьян Я.И. Окислительно-восстановительные процессы в системе  $I_2+KI+NaCl$  и потенциометрическое определение йодида калия в поваренной соли / Я.И.Турьян, Л.М.Малука, Т.Р.Маркова // Журн. аналит. химии. 1992. Т. 47, № 4. С. 723-730.
3. Ястребова Н.И. Фотометрическое определение йодидов в минеральных водах / Н.И.Ястребова, Р.К.Чернова, М.А.Иванова // Химический анализ веществ и материалов: Тез. докл. Всерос. конф., Москва, 2000. С. 28.
4. Пилипенко А.Т. Разнолигандные и разнометалльные комплексы и их применение в аналитической химии / А.Т.Пилипенко, М.М.Тананайко. М.: Химия, 1983. 224 с.
5. Куракова Т.Н. Сопоставление некоторых фотометрических и флуоресцентных реакций для определения ряда анионов / Т.Н.Куракова, Е.А.Филиппова, М.В.Сивуда // Анализ объектов окружающей среды "Экоаналитика-98": Тез. докл. 3 Всерос. конф. с междунар. участием, Краснодар, 1998. С. 301.
6. Кустова О.В. Инверсионно-вольтамперометрическое определение галогенид-ионов с использованием датчиков на основе сплавов  $AgBr - Ag_2S - As_2S_3$  / О.В.Кустова, В.В.Никонов, Л.Н.Москвин // Журн. аналит. химии. 1994. Т. 49, № 6. С. 648-650.
7. Захарова Э.А. Определение селена и йода в напитках методом инверсионной вольтамперометрии / Э.А.Захарова, О.Г.Филичкина, Г.Б.Слепченко // Химический анализ веществ и материалов: Тез. докл. Всерос. конф., Москва, 2000. С. 28-29.
8. Материалы XXVIII годичной сессии научного совета РАН по аналитической химии. М.: 2003. С. 105.
9. Электрохимическое концентрирование йодида и его определение методом катодной инверсионной вольтамперометрии / Н.К.Зайцев и др. // Журн. аналит. химии. 2004. Т. 59, № 5. С. 534-540.
10. Шпигун О.А. Ионная хроматография и ее применение в анализе вод / О.А.Шпигун, Ю.А.Золотов. М.: МГУ, 1990. 190 с.
11. Яшин А.Я. Одновременное ионохроматографическое определение сульфида, йодида, роданида с помощью амперометрического детектора / А.Я.Яшин, Т.Г.Белямова // Журн. аналит. химии. 1998. Т. 53, №4. С. 394-396.
12. Другов Ю.С. Газовая хроматография неорганических веществ / Ю.С.Другов // Журн. аналит. химии. 1998. Т. 53, № 7. С. 691-705.
13. Перес-Бендито Д. Кинетические методы в аналитической химии. / Д.Перес-Бендито, М.Сильва. М.: Мир, 1991. 395 с.
14. Шкадаускене О.П. Определение йодида по реакции окисления о-дианизидина хлорамином Б в кислой среде / О.П.Шкадаускене, Ю.С.Шкадаускас // Журн. аналит. химии. 1999. Т. 54, № 2. С. 175-177.
15. Шкадаускене О.П. Кинетическое определение йодида по реакции окисления бензида хлорамином Б / О.П.Шкадаускене, Ю.С.Шкадаускас // Журн. аналит. химии. 2001. Т. 56, № 2. С. 192-194.
16. Трохименко О.М. Кинетическое определение йодида по реакции Кольтгофа-Сендела с использованием дифениламин-п-сульфоуксусной кислоты / О.М.Трохименко, В.Н.Зайцев // Журн. аналит. химии. 2004. Т. 59, № 5. С. 551-554.
17. Шкадаускене О.П. Кинетическое определение йодида по реакции окисления о-фенилендиамина хлорамином Б / О.П.Шкадаускене, Ю.С.Шкадаускас // Журн. аналит. химии. 2004. Т. 59, № 9. С. 976-978.
18. Буткова О.А. Контроль качества и идентификация природных вод / О.А.Буткова, Е.В.Хорошева // Химический анализ веществ и материалов: Тез. докл. Всерос. конф., Москва, 2000. С. 24-25.
19. Золотов Ю.А. Химический анализ пищевых продуктов / Ю.А.Золотов // Журн. аналит. химии. 2003. Т. 58, № 12. С. 1237-1238.
20. Сергеев Г.М. Вещественный анализ с использованием редокс свойств металлокомплексов: достижения и пути развития / Г.М.Сергеев, М.С.Пискунова // "Аналитика России": Тез. докл. Всерос. конф., Москва, 2004. С. 72-73.
21. Сергеев Г.М. Экстракционно-фотометрическое определение низких содержаний сульфидной и элементной серы в особоочищенных соединениях свинца (II) и органических растворителях / Г.М.Сергеев // Журн. аналит. химии. 1992. Т. 47, № 7. С. 1246-1250.
22. Справочник химика-аналитика / А.И.Лазарев [и др.] М.: Металлургия, 1976. С. 127.
23. Петерс Д. Химическое разделение и измерение. Теория и практика аналитической химии. Кн. 1 / Д.Петерс, Дж.Хайес, Г.Хифтье. М.: Химия, 1978. С. 333, 336.

24. Юфит С.С. Механизм межфазного катализа / С.С.Юфит. М.: Наука, 1984. 264 с.
25. Турьян Я.И. Окислительно-восстановительные реакции и потенциалы в аналитической химии / Я.И.Турьян. М.: Химия, 1989. 248 с.
26. Назаренко В.А. Гидролиз ионов металлов в разбавленных растворах / В.А.Назаренко, В.П.Антонович, Е.М.Невская. М.: Атомиздат, 1979. 192 с.
27. Блюм И.А. Экстракционно-фотометрические методы анализа с применением основных красителей / И.А.Блюм. М.: Наука, 1970. 220с.
28. Немодрук А.А. Аналитическая химия сурьмы / А.А.Немодрук. М.: Наука, 1978. 222 с.
29. Лурье Ю.Ю. Справочник по аналитической химии/ Ю.Ю.Лурье. М.: Химия, 1967. 390 с.
30. Доерфель К. Статистика в аналитической химии / К.Доерфель. М.: Мир, 1994. 268 с.
31. Дворкин В.И. Метрология и обеспечение качества количественного химического анализа / В.И.-Дворкин. М.: Химия, 2001. 263 с.

\* \* \* \* \*

*THE DETERMINATION OF IODIDE-IONS IN THE MINERAL WATER BY THE METHOD OF THE EXTRACTION REDOX PHOTOMETRY*

*G.M.Sergeev, E.V.Shljapunova, I.V.Makeeva*

*A method of extraction redox photometry for selective determination of iodide-ions in the various mineral water has been developed. The threshold of detectability equals  $5 \cdot 10^{-5}$  mg/l. Error does not exceed 20%. The suggested method is based on the use of metal-complex of stibium (V) as the oxidant for iodide-ions. The content of iodide-ions determines the declared sort and sample of mineral water.*