



для модифицированного электрода 0.1 М растворами Na_2S и $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ величина скачка потенциала составила 158 мВ (кривая 3). Значение потенциала на немодифицированном электроде стабилизируется в течение 60 с, а после модифицирования поверхности электрода – мгновенно.

Таким образом, из полученных экспериментальных данных можно сделать вывод, что проведенное модифицирование поверхности GaAs-электродов приводит к улучшению их электроаналитических характеристик: увеличению крутизны электродной функции, расширению рабочего интервала концентрации и уменьшению времени отклика. При потенциометрическом титровании с модифицированными GaAs-электродами увеличиваются скачки потенциалов, что

позволяет надежно фиксировать конечную точку титрования; при этом снижается предел обнаружения определяемых ионов.

Список литературы

1. Никольский Б.П., Матерова Е.А. Ионселективные электроды. Л., 1980. 239 с.
2. Кулатина Е.Г., Чернова Р.К., Кулатин А.И. Потенциометрические сенсоры для определения синтетических поверхностно-активных веществ. Саратов, 2008. 179 с.
3. Киянский В.В. Функции халькогенидных электродов в растворах комплексообразующих реагентов и мешающих ионов // Журн. аналит. химии. 1990. Т.45, №1. С.104–112.
4. Бурахта В.А. Диитокарбаматчувствительные электроды на основе полупроводниковых материалов // МСТ-93. Сенсор-Техно-93: тез. докл. Междунар. конф. СПб., 1993. С.223.
5. Бурахта В.А. Новые электроды с мембранами на основе полупроводниковых соединений $\text{A}^{\text{III}}\text{B}^{\text{V}}$ // Журн. аналит. хим. 2003. Т.58, №4. С.430–435.

УДК 544.032.7:542.05:546.15

НОВЫЙ ПОДХОД К ПРОБЛЕМЕ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЙОДА ИЗ ПРИРОДНЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ

А. Г. Демахин, С. В. Акчурин*, С. П. Муштакова*

Саратовский государственный университет

* ФГУ «ГосНИИЭНП»

E-mail: akchurin.serzh@yandex.ru



В работе описан новый способ, позволяющий извлекать йод из различных природных источников без их предварительного подкисления. Метод основан на применении ионного обмена и жидкофазной эмульсионной мембранной экстракции с использованием четвертичных аммонийных соединений в качестве экстрагентов йодид-ионов. Полученные в ходе проведения работы экспериментальные данные открывают возможность промышленного внедрения представленной технологии.

Ключевые слова: природные минеральные источники, йод, реакции ионного обмена, четвертичные аммонийные соли, органический растворитель, ассоциация.

New Method of Approach to Problem of Extraction of the Iodine from Natural Mineral Sources

A. G. Demakhin, S. V. Akchurin, S. P. Mushtakova

New way, allowing extract the iodine from different natural sources without their preliminary acidification, is described in the paper. The method is based on using the ion exchange reactions and method of liquid-phases emulsion membrane extraction, with using quaternary ammonium compounds as extragent of iodide. Experimental data, gotten in the course of undertaking work, enable to application of the described technology to production.

Key words: natural mineral sources, iodine, exchange reactions, quaternary ammonium salts, organic solvent, association.

Йод и его соединения, несмотря на небольшой выпуск (около 15 тыс. т/год), находят разнообразное применение в различных областях промышленности [1]. Перспективными направлениями использования большого количества йода является применение его в процессах тяжелого органического синтеза, при получении чистых металлов, в электронной промышленности, производстве монокристаллов и др. Кроме того, йод играет важную роль в жизнедеятельности человека и животных, поэтому используется для производства медицинских препаратов различного назначения.

Промышленное производство йода началось вскоре после того как этот элемент был открыт в середине XIX века.

В настоящее время в странах СНГ производство йода осуществляется в Азербайджане (300 т/год) и Туркмении (250 т/год).



Возможности его получения имеются и в других государствах. Основными производителями йода в дальнем зарубежье являются Япония (5500 т/год), США (1270 т/год), Чили (6300 т/год). Объем производства йода в Российской Федерации составляет около 150 т/год, в то время как общероссийская потребность в нем около 1300–1500 т/год. Все это сдерживает развитие ряда предприятий страны [2–3].

Первоисточником всех месторождений йода являются воды морей и океанов. В благоприятных климатических районах эти воды представляют собой неисчерпаемые источники получения йода, содержание которого находится в диапазоне от 0,01 до 0,7 мг/л. Также большое его количество отмечено в буром угле (6 мг/л) и некоторых минералах (фосфоритах) (около 280 мг/л). Кроме этого в природе широко распространены подземные воды, представляющие собой многокомпонентные растворы солей, в которых содержится большая концентрация йода [4–6]. Такие воды часто сопутствуют месторождениям нефти и газа и запасы их очень велики. Содержание йода в подземных водах колеблется в широких пределах. Максимальное его содержание составляет 120 мг/л, однако воды с таким содержанием йода встречаются сравнительно редко. Наиболее распространены воды, содержащие 20–30 мг/л йода.

Использование подземного гидроминерального сырья в качестве источника получения йода активно началось в конце 20-х годов прошлого столетия [7]. В настоящее время на территории России и ближнего зарубежья именно подземные воды являются основным источником для получения йода.

В соответствии с рекомендациями Всероссийского научно-исследовательского института гидрогеологии и инженерной геологии (ВСЕГИНГЕО) кондиционными для промышленного назначения считаются воды с концентрациями йода от 10 мг/л [8]. Такие «природные рассолы» могут рассматриваться как потенциальное полезное ископаемое.

На территории России и ближнего зарубежья промышленные воды разного состава имеют широкое распространение. К перспек-

тивным территориям добычи йода в том числе относится и Поволжье.

Так, содержание галогена в подземных водах Саратовской области доходит до 10 мг/л, а на некоторых месторождениях даже превышает промышленную кондицию [9]. В соответствии с имеющимися данными были подсчитаны годовые количества йода, которые могут быть извлечены из попутных вод Саратовской области. Они составили 11,4 т йода в год.

Содержание йода в пластовых флюидах Волгоградской области превышает аналогичные показатели вод Саратовской области. Такие природные источники могут расцениваться, как воды с аномально-высокими концентрациями йода. Аномально-высокие концентрации содержания йода в «подземных рассолах» составляют более 100 мг/л. Существенным недостатком Волгоградских вод является достаточно высокая минерализация (порядка 200 г/л), что может привести к некоторым трудностям при извлечении указанного галогена.

Лишены такого недостатка воды нефтяных месторождений Западной Сибири [6]. Здесь, в первую очередь в Сургутском районе, подземные апт-альб-сеноманские воды, используемые нефтяниками для заводнения нефтяных пластов, содержат йод в промышленных количествах (17–22 мг/л). Дебиты скважин составляют от 3000 до 12000 м³/сут (это порядка 100 млн м³ воды в год, содержащей 2000 т йода), а степень минерализации не превышает 20 г/л.

Вышеизложенное позволяет сделать вывод о том, что подземные, пластовые воды являются ценным сырьем для промышленного извлечения йода. Неслучайно эти воды получили название «жидкие руды».

Существующие в мире способы извлечения йода имеют общие начальные стадии: очистка пластовых вод от примесей; нейтрализация рассолов и их подкисление; выделение галогена в молекулярной форме путем окисления соответствующего галогенид-иона и отличаются только стадиями выделения галогена: воздушная десорбция, экстракция, ионный обмен и др.



Именно с недостатками начальных стадий, а точнее, стадии подкисления рассолов, и связаны существенные финансовые издержки промышленного производства указанного галогена. Так, например, для проведения окисления галогенид-ионов до молекулярных галогенов необходимым условием является создание нужной среды, формирующей требуемые значения окислительно-восстановительных потенциалов и подавляющей гидролиз образующихся продуктов. Реально создают системы с рН на уровне 2,5–3,5 единиц. Поскольку «жидкие руды» имеют нейтральную или щелочную реакцию, объемы подкисляющих агентов весьма велики (для получения 1 кг йода необходимо затратить от 5 до 100 кг серной кислоты (в зависимости от рН исходных вод)). Расход значительного количества подкислителя обусловлен тем, что, к примеру, в 1 кг йода содержится в 50–60 т воды, которую и приходится подкислять.

Подчеркнем, что ряд минеральных источников, содержащих йод в аномально больших количествах, имеют значения рН на уровне 8,0–9,0 единиц. Это требует подкисления на уровне 1 т кислоты для получения 1 кг продукта. Экономика в этих случаях не позволяет использовать многие имеющиеся ценные природные источники для процессов получения йода.

Операция подкисления, независимо от количества добавляемой кислоты, также вносит другое осложнение – необходимость очистки формируемых систем от нафтеновых кислот, которые образуются в этих случаях из соответствующих солей.

Поэтому в мире разрабатывались и разрабатываются альтернативные способы извлечения йода из различных минеральных источников [10–13]. К ним относятся: электрохимический способ, применение катионов металлов, различные экстракционные методы, комплексообразование, ультрафильтрация и др. Но все они не лишены недостатков и применялись только в лабораторных условиях на пилотных установках.

Предложенный авторами данной работы способ извлечения йода позволяет проводить процесс без подкисления рассола, применяя

для извлечения галогена технологии ионного обмена в сочетании с методом жидкофазной эмульсионной мембранной экстракции. Этот путь позволяет не только модифицировать существующие технологии извлечения йода, но и открывает возможность создания мобильных комплексов по получению концентрата йода на источниках подземных вод, расположенных вдали от стационарных заводов по получению галогенов.

Материалы и методы

В качестве экстрагентов йодид-ионов использовались четвертичные аммонийные соединения (ЧАС) фирмы «Aldrich» с содержанием основного вещества 98,0%: трибутилбензиламмоний хлорид (ТББАХ), бензилдиметилдодециламмоний хлорид (БДМДАХ), бензилдиметилтетрадециламмоний хлорид (БДМТАХ), диметилдистеариламмоний хлорид (ДМДСАХ) тетраэтиламмоний бромид (ТЭАБ), тетрапентиламмоний бромид (ТПАБ), тетраоктиламмоний бромид (ТОАБ) и тетрадодециламмоний бромид (ТДАБ).

В качестве органической фазы использовались: хлористый метилен, квалификации «хч», хлористый этилен квалификации «хч», хлороформ квалификации «хч», толуол квалификации «ч», о-ксилол квалификации «ч», октан квалификации «ч», керосин квалификации «техн».

В качестве окислителя йодид-ионов использовали раствор брома в применяемом органическом растворителе с концентрацией брома 5–10 г/л. Сорбентами йода из органической фазы являлись: ионообменная смола марки Lewatit M-500WS, свежеприготовленный медный порошок, хранящийся под слоем органического растворителя или активированный уголь БАУ-А (ГОСТ 6217-74).

Методика проведения процесса экстракции. В делительные воронки вносили фиксированные объемы ($V_0 = 20$ мл) водного раствора, содержащего переменное количество йодид-ионов (20–100 мг/л). Затем в каждую из них добавляли по 2 мл раствора ЧАС в органическом растворителе, при соотношении водной и органической фаз 10:1. Количество вводимого ЧАС рассчитывали из уравнения анионообменной реакции и брали



на 10% больше расчётного в фиксированном объеме растворителя. Далее полученные системы интенсивно перемешивали в течение 10 мин и выдерживали до установления границы расслоения фаз (около 30 мин). Водную фазу отделяли и в каждой из фаз анализировали содержание йодид-ионов титриметрическим методом, описанным в работе [14]. Степень извлечения йодид-ионов вычисляли по формуле

$$\alpha = (C(\text{I})_0 - C(\text{I})_t) / C(\text{I})_0 \cdot 100\%, \quad (1)$$

где $C(\text{I})_0$ – концентрация йодид-ионов в исходном растворе, $C(\text{I})_t$ – текущая концентрация йодид-ионов в водной (органической) фазе. Органическая фаза, содержащая ЧАС с анионом в форме йодида, направляется на операции выделения йода и регенерацию экстрагента.

Выделение йода и регенерация ЧАС. Органическую фазу, отделенную после процесса извлечения йодид-ионов, обрабатывали расчетным количеством брома в заданном органическом растворителе. При этом в органической фазе (L) при протекании реакции



наблюдалось появление светло-коричневой окраски, являющейся следствием выделения йода и формирования системы $\text{L}-\text{NR}_4\text{Br}-\text{I}_2$. Для извлечения йода в полученную систему вносили ряд веществ, поглощающих йод, соответственно 10 г ионообменной смолы марки Lewatit M-500 WS или 5 г медного порошка, или 5 г активированного угля. Затем полученные системы выдерживали в течение 1 ч до полного извлечения йода, что характеризовалось полным осветлением органической фазы. Сорбенты, связавшие йод и отделенные от жидкой фазы, представляли собой твердые концентраты йода, которые далее направлялись на заводы для переработки. Осветленная органическая фаза направлялась на повторное извлечение йодид-ионов, создавая замкнутый цикл по экстракционной системе ($\text{L} + \text{NR}_4\text{Br}$).

Результаты и их обсуждение

Выбор тетраалкиламмонийных солей для проведения процесса извлечения йода определялся, прежде всего, возможностью

быстрого протекания анионообменного процесса дифильностью их свойств, которые обуславливают размещение гидрофобного катиона в объеме несмешивающейся с водой органической фазы, а галогенид-аниона на границе раздела фаз «органический растворитель – вода». В качестве примера привели компьютерную модель расположения представителя класса ЧАС (трибутилбензиламмоний бромида) на границе раздела фаз «октанол – вода», полученную с использованием программного комплекса Hyperchem (рис. 1).

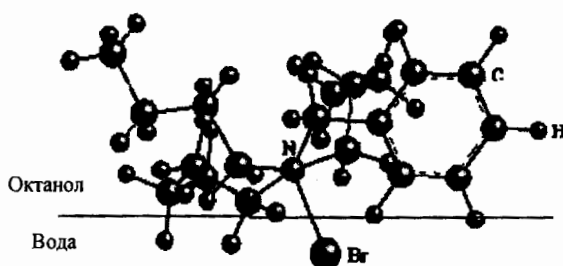


Рис. 1. Компьютерная модель расположения четвертичных аммонийных соединений на границе раздела фаз «октанол – вода» (трибутилбензиламмоний бромид)

Ввиду одновременного наличия в природных водах различных галогенид-ионов важное значение приобретает природа аниона в составе ЧАС. Известно [15], что степень замещения анионов в ряду указанных соединений в водных растворах меняется по ряду: $\text{I}^- > \text{Br}^- \gg \text{Cl}^-$. Данное обстоятельство дало возможность селективного извлечения йодид-ионов из водного раствора путем применения бромидных или хлоридных солей. Соответственно указанный подход дает возможность извлекать по разработанной нами схеме из минеральных источников бромид-ионы, используя в качестве экстрагентов хлоридные ЧАС.

Во время разработки предлагаемого способа извлечения йода были определены основные факторы, оказывающие влияние на эффективность всего процесса. Одним из важнейших из них является степень ассоциации (растворимость) ЧАС в органическом растворителе, входящем в состав жидкой мембраны. Известно [16], что указанные экстрагенты являются полярными веществами. Дипольные моменты их молекул достигают



10–12 D. В малополярных несольватирующих растворителях, ввиду низкой диэлектрической постоянной среды, растворенные соли практически не диссоциируют, находясь в ассоциированном состоянии. Значение степени ассоциации во многом будут определяться составом и величиной радиуса катиона соли. Поэтому на первом этапе работы мы исследовали эффект влияния размера катиона на степень извлечения йодид-ионов из водного раствора с фиксированным их содержанием (табл. 1).

Таблица 1

Влияние размера катиона четвертичного аммонийного соединения на степень извлечения йодид-ионов

Название экстрагента	$\alpha^1, \%$	$\alpha^2, \%$	$\alpha^3, \%$
ТББАХ	23,9	2,70	2,70
БДМДАХ	74,6	16,5	2,70
БДМГАХ	83,1	67,3	49,2
ДМДСАХ	87,3	71,5	7,00
ГЭАБ	2,70	6,90	2,70
ТПАБ	78,2	6,90	2,70
ТОАБ	86,5	97,9	7,00
ТДАБ	89,4	97,9	7,00

Примечание. ¹ – в хлористом метиле; ² – в о-ксилоле; ³ – в октане.

В результате исследований выявлено, что ЧАС, в состав которых входят катионы малого радиуса, извлекают йодид-ионы на уровне, не превышающем 30%. Данное обстоятельство связано с тем, что указанные соли ассоциированы в наибольшей степени и соответственно обладают пониженными значениями растворимости. Рост радиуса катиона соли должен приводить к уменьшению значения дипольных моментов молекул солей и в итоге к уменьшению степени ассоциации. Это четко прослеживается из полученных данных (см. табл. 1). Кроме этого из табл. 1 видно, что на степень извлечения йодид-ионов сильное влияние оказывает природа органической фазы, определяемая значениями параметра растворимости Гильдебранда ($\delta, (\text{кДж/м}^3)^{1/2}$) [17]. Поэтому для глубокого изучения этого явления были проведены исследования на более широком ряде малополярных растворителей (табл. 2).

Таблица 2

Влияние растворителя на степень извлечения йодид-ионов

Название экстрагента	Название растворителя	Свойства растворителя			$\alpha, \%$
		ϵ	μ	δ	
Тетрадецил-аммоний бромид	Хлористый метилен	8,93	1,79	9,10	86,6
	Хлористый этилен	10,3	1,55	9,00	84,4
	Хлороформ	4,72	1,15	9,30	87,3
	Толуол	2,38	0,39	8,90	96,8
	О-ксилол	2,57	0,62	9,00	97,0
	Керосин	-	0	-	6,90
	Октан	1,95	0	7,50	7,00

Как видно из табл. 2, степень извлечения йодид-ионов увеличивается с уменьшением полярности растворителя. Однако диэлектрическая проницаемость среды не является единственным свойством растворителя, определяющим ассоциацию в нем соли. В частности, различие в степени ассоциации солей может быть обусловлено различной силой некулоновских взаимодействий растворителя с солями, возможностью образования комплексов с переносом заряда (КПЗ) между солями и некоторыми растворителями. Низкие значения степеней извлечения йодид-ионов при использовании октана и керосина, очевидно, связаны с малым вкладом последних указанных факторов на степень ассоциации исследуемых солей.

Очевидно, что переход к применению смешанных растворителей, содержащих молекулы соразтворителей с функциональными группами, обуславливающими более глубокое взаимодействие между солями и растворителем, приведет в итоге к уменьшению степени ассоциации ЧАС в органической фазе и к повышению эффективности экстракции.

Нами для реализации данного подхода были исследованы системы «октан–хлороформ» и «керосин–хлороформ», в которых введение хлороформа в состав растворителя должно приводить к возникновению водородной связи между ЧАС и CHCl_3 , уменьшению степени ассоциации ЧАС и повышению

степени экстракции йодид-ионов. Действительно (табл. 3), введение хлороформа к насыщенным предельным углеводородам, которые являются плохими растворителями для солей аминов, привело к положительным результатам.

Таблица 3

Влияние соразвителя на степень извлечения йодид-ионов

Название экстрагента	C_v , %	α^1 , %	α^2 , %
Тетрадецил-аммоний бромид	0	7,00	6,90
	1,00	57,2	56,0
	1,50	70,0	68,3
	2,00	83,1	83,1
	6,00	83,1	83,1
	25,0	83,1	83,1
	50,0	85,2	85,2
	75,0	87,3	87,3
100	87,3	87,3	

Примечание. C_v – объемная концентрация соразвителя; ¹ система октан–хлороформ; ² система керосин–хлороформ.

По данным табл. 3 был построен фрагмент зависимости степени извлечения йодид-ионов для области системы, содержащей малые концентрации соразвителя (рис. 2).

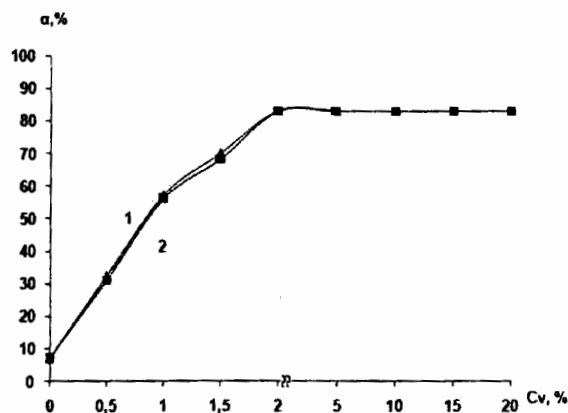


Рис. 2. Зависимость степени извлечения йодид-ионов от концентрации соразвителя: система октан–хлороформ (1); система керосин–хлороформ (2)

Из полученных экспериментальных данных, приведенных в табл. 3, хорошо видно, что введение даже небольших количеств протонодонорного соразвителя, на уровне нескольких процентов от общего содержания органической фазы, приводит к значитель-

ному возрастанию степени извлечения йодид-ионов по сравнению с чистыми растворителями (октан, керосин).

В ходе работы было также выяснено, что изменение pH модельного раствора в области 5–8 единиц оказывает небольшое влияние на степень извлечения йодид-ионов. Этот факт дает нам право говорить о том, что предложенный способ возможно применять для извлечения йода из природных источников, имеющих помимо кислой нейтральную или слабощелочную реакцию среды.

Различные природные минеральные источники, содержащие йодид-ионы, имеют разную степень минерализации [18]. Понятно, что повышение ионной силы растворов будет оказывать депрессирующее влияние на обменный процесс.

Для выяснения степени этого влияния были проведены эксперименты на модельных водно-солевых растворах, приближенных по составу к природным йодсодержащим источникам разной минерализации (табл. 4).

Таблица 4

Влияние степени минерализации раствора на степень извлечения йодид-ионов

Название экстрагента	M , г/л	α^1 , %	α^2 , %
Тетрадецил-аммоний бромид	20	70,0	86,2
	40	54,9	84,8
	60	49,8	82,5
	80	46,6	79,8
	100	44,3	76,9
	120	40,8	74,2

Примечание. ¹ – в хлористом метилене; ² – в о-ксилоле.

Проведенные эксперименты (рис. 3) показали, что в водно-солевых растворах, приближенных по составу к природным источникам, процессы извлечения йода ослабевают. Этот факт подтверждает предположения о влиянии конкурирующих ионов на процессы извлечения, так как эти ионы присутствуют в растворе в значительно больших количествах, чем йодид-ионы. Тем не менее применение в качестве растворителя оксилола позволяет извлекать йодид-ионы в достаточном количестве, даже из сильно минерализованных сред.

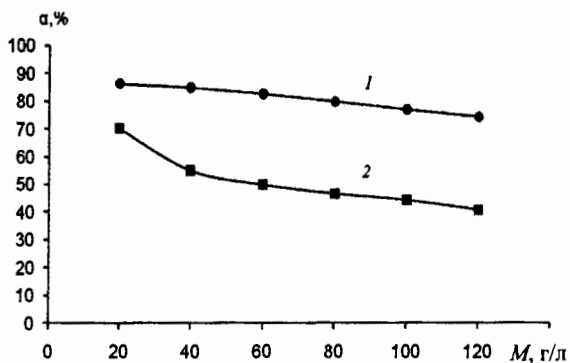


Рис. 3. Зависимость степени извлечения йодид-ионов от степени минерализации раствора, в о-ксиоле (1), в хлористом метиле (2)

Экстрагированные йодид-ионы подвергаются процессу окисления до йода бромом, вносимым в соответствующей органической фазе. Целесообразность применения брома в качестве окислителя обуславливается тем, что помимо получения элементарного йода при этом реализуется процесс регенерации экстр

рагента – ЧАС переходит из йодидной формы в бромидную. Это позволяет сформировать замкнутый цикл процесса извлечения галогенид-ионов, в котором экстрагент и органический растворитель повторно используются в новом цикле.

Как отмечалось выше, извлечение элементарного йода из органической фазы проводилось различными сорбентами: ионообменными смолами, медным порошком и активированным углем. Полученные результаты показали сопоставимость каждого из методов: два последних являются более предпочтительными из-за образования твердых концентратов йода.

Вся совокупность представленного материала позволяет смоделировать схему процесса получения концентратов йода из различных природных минеральных источников. На рис. 4 приведена схема процесса, которая и явилась итогом данной работы.

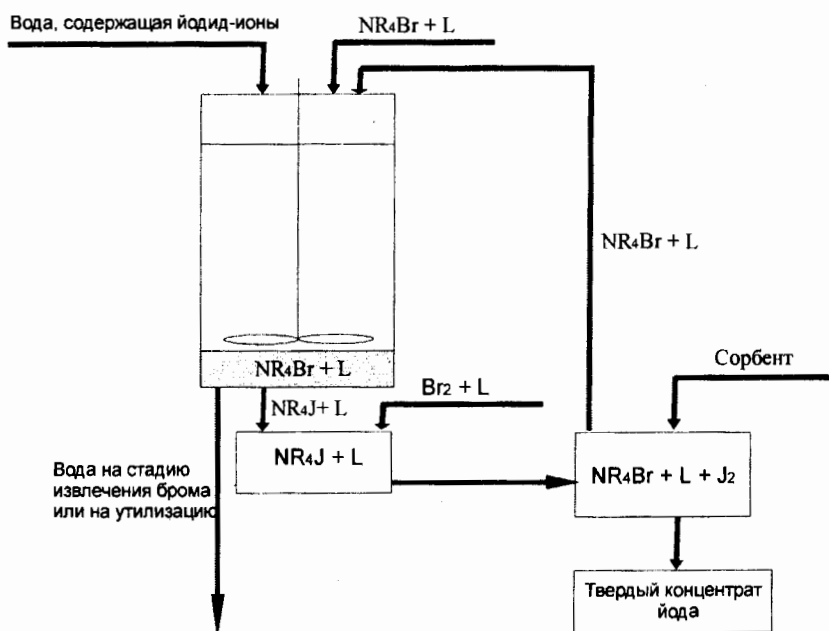


Рис. 4. Схема процесса получения концентратов йода из различных минеральных источников: L – органический растворитель R_4NHal ($Hal - Cl, Br$). Сорбент: ионообменная смола марки Lewatit M-500 WS; медный порошок; активированный уголь

Таким образом, в работе представлена концепция извлечения йода из различных минеральных источников, основанная на применении ионообменной технологии с использованием в качестве экстрагентов йодид-ионов четвертичных аммонийных соединений. Эффективность ионообменного процес

са повышалась использованием метода жидкофазной эмульсионной мембранной экстракции. Показано, что указанный подход позволяет отказаться от стадии предварительного подкисления исходного сырья, что может существенно сократить финансовые затраты, связанные с промышленным извле



чением указанного галогена. Простота предлагаемого технологического процесса позволяет создавать передвижные мобильные комплексы по получению твердых концентратов йода из природных рассолов, непосредственно на местах их нахождения, вовлекая в оборот сырье с повышенными концентрациями йодид-ионов.

Список литературы

1. Ксензенко В.И. Химия и технология брома, йода и их соединений. М., 1995. 200 с.
2. Тахаудинов Ш.Ф. Перспективы освоения гидроминеральных ресурсов нефтяных месторождений Урало-Поволжья // Экология. 1998. №7. С.77–80.
3. Печелина Г. Рассол полезен не только по утрам // Нефть и капитал. 2000. №11. С.52–54.
4. Анисимов Л.А. Обнаружение йодных вод в Нижнем Поволжье // Геохимия. 1981. №7. С.1072–1076.
5. Анисимов Л.А., Новиков А.А. Пластовые воды глубоких отложений девона Нижнего Поволжья // Докл. АН СССР. 1977. Т.236, №1. С.188.
6. Дьяконов В.П. Подземные воды на нефтяных месторождениях Западной Сибири – перспективная сырьевая база для создания йодной промышленности России // Рос. хим. жури. 1995. Т.39, №5. С.113–114.
7. Посохов Е.В. Минеральные воды. Лечебные, промышленные, энергетические. Л., 1977. 240 с.
8. Временные рекомендации по обоснованию попутных вод нефтяных месторождений в качестве минерального сырья / сост. М.В. Ефремочкин, Р.И. Иовчев, А.А. Бездетный. М., 1987. 70 с.

9. Исследование попутных вод нефтяных и газоконденсатных месторождений с целью поиска микроэлементов по объектам ПО «Саратовнефтегаз»: отчет №1423639 242 / НВНИИГТ; исполн.: Н.В. Клычев. Саратов, 1994. 30 с.
10. Пат. 2190700 РФ, Кл. С1. Способ извлечения йода и брома из природных вод / Головня В.А., Голубева Т.Е., Коноплева Л.В. и др.; заявл. 09.01.2002; опубл. 2002.
11. Ксензенко В.И., Тарчигина Н.И., Губарева Е.Ю. Извлечение брома из рассолов волокнистым ионообменником ПАН-АВ-17 // Извлечение йода, брома и микрокомпонентов жидкими и твердыми сорбентами в йодобромных производствах: тез. докл. Всесоюз. совещ. Черкассы, 1987. С.23–24.
12. Пат. 2060929 РФ, Кл. С1. Способ извлечения йода и брома из растворов / Самойлов Ю.М., Исупов В.П.; заявл. 11.07.1993; опубл. 1996.
13. Костромин Г.А., Жилин Ю.Н., Кочаров Р.Г. Ультрафильтрация йодсодержащих растворов в присутствии водорастворимых полимеров // Извлечение йода, брома и микрокомпонентов жидкими и твердыми сорбентами в йодобромных производствах: тез. докл. Всесоюз. совещ. Черкассы, 1987. С.11.
14. Шарло Г. Методы аналитической химии. Количественный анализ неорганических соединений. М., 1965. 976 с.
15. Иванов И.М., Гиндин Л.М., Чичагова Г.Н. Экстракционный анионообменный ряд // Изв. Сиб. отд. АН СССР. Сер. Хим. науки. 1967. №7, вып.3. С.100–104.
16. Шмидт В.С., Межов Э.А. Строение и экстракционная способность аминов и их солей // Успехи химии. 1965. №34. С.1388.
17. Шмидт В.С., Шестериков В.Н., Межов Э.А. Растворимость солей аминов в малополярных растворителях и влияние разбавителей на экстракционные свойства солей аминов // Успехи химии. 1967. Т.36, вып.12. С.2167–2194.
18. Ефремочкин Н.В., Бездетный А.А. Прогноз ресурсов попутных вод нефтяных месторождений // Разведка и охрана недр. 1983. №12. С.45–48.

УДК 542.06:546.56+615.4

СИНТЕЗ И БАКТЕРИЦИДНЫЕ СВОЙСТВА УЛЬТРАДИСПЕРСНОГО ПОРОШКА МЕДИ

С. Ю. Доронин, Р. К. Чернова, В. В. Алипов*, Г. М. Белолицева, М. С. Лебедев*, О. Г. Шаповал*

Саратовский государственный университет

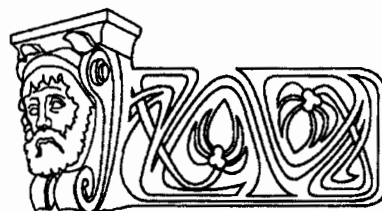
E-mail: Chemov-ia@yandex.ru, DoroninSU@mail.ru

* Саратовский государственный медицинский университет

E-mail: l_maximus@mail.ru

Показана возможность применения ультрадисперсного порошка меди, полученного термоллизом оксалата меди, в качестве бицидной добавки. Антибактериальная активность меди при концентрации выше 1 мкг/мл установлена в отношении клинического штамма *Staphylococcus aureus* № 92.

Ключевые слова: ультрадисперсный порошок меди, термоллиз, антибактериальная активность.



Synthesis and Bactericidal Properties of the Ultradisperse Powder of Copper

S. Yu. Doronin, R. K. Chernova, V. V. Alipov, G. M. Beloliptseva, M. S. Lebedev, O. G. Shapoval

Possibility of application of an ultradisperse powder of the copper received by temperature destruction of copper oxalate, as a biocidal