



## ХИМИЯ

УДК [544.344.016+536.44]:[544.344.013–14+544.344.4]

### **ВСАЛИВАНИЕ – ВЫСАЛИВАНИЕ В ЧЕТВЕРНОЙ СИСТЕМЕ ВОДА – ПИРИДИН – МАСЛЯНАЯ КИСЛОТА – ИОДИД КАЛИЯ. РАЗРЕЗ 1**

Д. Г. Черкасов, Э. В. Чепурина, К. К. Ильин

Саратовский государственный университет  
E-mail: ilinkk@info.sgu.ru

Визуально-политермическим методом в интервале 5–60°C исследованы фазовые равновесия и критические явления в разрезе 1 тетраэдра состава четверной системы вода–пиридин–масляная кислота–иодид калия, включающей тройную жидкостную систему с замкнутой областью расслаивания. Найдены зависимости состава критических точек растворимости от температуры. Изотермы фазовых состояний системы, построенные на плоскости треугольника разреза при восьми температурах, позволили выявить топологическую трансформацию фазовой диаграммы разреза тетраэдра состава с изменением температуры. Обнаружено, что при малых концентрациях иодид калия обладает всаливающим действием в водно-органических смесях, а при увеличении его содержания – высаливающим. Для четырехкомпонентных систем это установлено впервые.

**Ключевые слова:** фазовые равновесия, критические явления, четверная система, фазовая диаграмма, топологическая трансформация, пиридин, масляная кислота, калия иодид, визуально-политермический метод, замкнутая область расслаивания, монотектика, критическая точка растворимости, всаливание, высаливание.

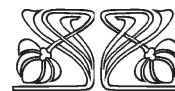
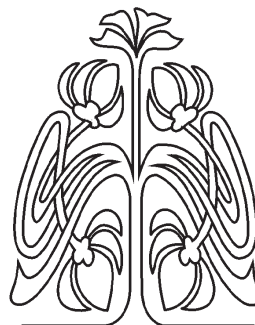
#### **Salting-in – Salting-out Phenomena for the Quaternary System Water – Pyridine – Butyric Acid – Potassium Iodide. Cut 1**

D. G. Cherkasov, Z. V. Chepurina, K. K. Il'in

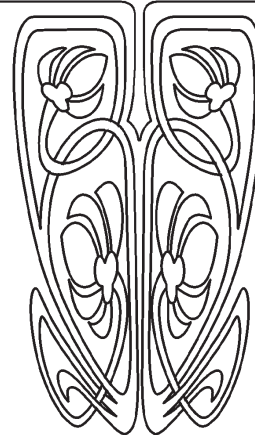
Phase equilibria and critical phenomena in cut 1 of the quaternary system water – pyridine – butyric acid – potassium iodide whose constituent ternary liquid system had a closed binodal curve were studied by means of the visual-polythermal method within 5–60°C. We have determined the temperature dependence of the solution composition corresponding to the critical solution point of the immiscibility region. Phase state isotherms constructed on the triangle of the cut for eight temperatures have allowed topological transformation of the phase diagram for the examined cut of the composition tetrahedron with temperature changes to be revealed. It is revealed that, at small concentration potassium iodide possesses salting-in action in water-organic solutions and, at increased concentration it shows salting-out. For four-component systems it was established for the first time.

**Key words:** phase equilibria, critical phenomena, quaternary system, phase diagram, topological transformation, pyridine, butyric acid, potassium iodide, visual-polythermal method, closed binodal curve, monotectic, solubility critical point, salting-in, salting-out.

Решение проблемы влияния электролитов на растворимость органических веществ в воде имеет большое теоретическое и практическое значение. Известно, что растворенные электролиты могут уменьшать (высаливать) или увеличивать (всаливать) растворимость органических веществ различных классов в воде. Процессы, связанные с высаливанием неэлектролитов, находят широкое применение в химической промышленности при производстве красителей, растворителей, мыл, лекарственных средств [1]. Большое значение имеет использование солей-высаливателей в экстракционных системах,



**НАУЧНЫЙ  
ОТДЕЛ**





поскольку они способствуют лучшему разделению смесей. С другой стороны, в практике все большее применение находят соли-всаливатели, способные увеличивать растворимость неэлектролитов в воде [1–3]. Использование таких солей (их называют также гидротропными) позволяет полностью заменить легколетучие и токсичные органические вещества-гомогенизаторы в системах, где нежелательно образование второй жидкой фазы. Гидротропные соли используют в производстве бумаги, при электролизе водных растворов малополярных органических веществ. В органических синтезах добавки гидротропных солей увеличивают скорость реакций.

Для оптимизации химических процессов с участием всаливателей или высаливателей необходимо иметь информацию о влиянии такого вещества на фазовое поведение многокомпонентной системы. Решение этой задачи возможно путем политемпературного изучения фазовых диаграмм этих систем. Анализ диаграмм позволяет сделать выводы о температурно-концентрационных границах области расслоения и изменении взаимодействия компонентов с температурой.

В настоящее время в технологической практике все большее применение находят так называемые нетрадиционные экстракционные системы с замкнутой областью расслоения, не содержащие легколетучих и горючих органических растворителей. Нами установлено, что введение соли-всаливателя (KCl) в смеси компонентов тройной системы *вода – пиридин – масляная кислота* [4] приводит к увеличению размеров замкнутой области расслоения [5–7]. Изучение фазовых равновесий и критических явлений в смесях компонентов трех разрезов четверной системы *вода – пиридин – масляная кислота – хлорид калия* [5–7] выявило топологическую трансформацию фазовой диаграммы этой системы с изменением температуры.

Проведенный обзор литературы по всаливанию неэлектролитов органическими и неорганическими солями в четырехкомпонентных системах показал, что данное явление практически не изучалось. Только в работах Сергеевой с соавт. [1, 8, 9] сообщается об исследовании фазовых равновесий в некоторых четырехкомпонентных системах *всаливатель (соль) – твердое всаливаемое вещество – бинарный растворитель*. Представляется интересным изучить явление всаливания в четверных системах, образованных неорганической солью и тройной жидкостной системой с замкнутой областью расслоения, в широком температурном интервале.

Настоящая работа посвящена политемпературному исследованию фазовых равновесий и критических явлений в четверной системе *вода*

– *пиридин – масляная кислота – иодид калия*, включающей тройную жидкостную систему *вода–пиридин–масляная кислота* с замкнутой областью расслоения с целью выявления топологической трансформации фазовой диаграммы разреза тетраэдра состава системы с изменением температуры.

В состав четверной системы *вода – пиридин – масляная кислота – иодид калия* входят четыре тройные системы: *вода – пиридин – масляная кислота, иодид калия – вода – пиридин, иодид калия – вода – масляная кислота, иодид калия – пиридин – масляная кислота*. Охарактеризуем растворимость компонентов и фазовые равновесия в этих системах.

*Система вода – пиридин – масляная кислота*

Растворимость компонентов и фазовые равновесия в этой системе нами подробно изложены в [4] и кратко охарактеризованы в [5].

*Система иодид калия – вода – пиридин*

Тиммерманс изучил растворимость иодида калия в водном растворе, содержащем 29.3 мас.% пиридина [10]. Автор установил, что добавление этой соли к водно-пиридиновому раствору не вызывает расслаивания смеси. Поскольку других работ, посвященных изучению растворимости в тройной системе *иодид калия – вода – пиридин* в литературе не найдено, нами проведено исследование растворимости и фазовых равновесий смесей компонентов этой тройной системы в интервале температур 5.0–60.0 °С. Установлено, что при всех температурах фазовая диаграмма системы характеризуется наличием плавной линии растворимости, разделяющей поля гомогенно-жидкого состояния и насыщенных растворов (твердой фазой является иодид калия). Таким образом, иодид калия в интервале 5.0–60.0 °С не расслаивает водно-пиридиновых растворов.

*Система иодид калия – вода – масляная кислота*

Данных по растворимости в этой системе в литературе не найдено. Нами был подготовлен ряд смесей трех компонентов, характеризующихся переменным содержанием масляной кислоты и постоянным соотношением массы иодида калия и воды – 65 : 35, а также переменным содержанием иодида калия и постоянным соотношением массы масляной кислоты и воды – 30 : 70. Определена температура фазовых переходов в указанных смесях компонентов. На основе полученных результатов можно утверждать, что фазовая диаграмма тройной системы *иодид калия – вода – масляная кислота* в интервале температур 5–60 °С будет отвечать высаливанию двойной гомогенной системы *вода – масляная кислота* как и в случае изученной нами ранее тройной системы *хлорид калия – вода – масляная кислота* [11].



*Система иодид калия – пиридин – масляная кислота*

Данных по растворимости в этой тройной системе также не найдено. Поскольку иодид калия в указанных растворителях, по нашим данным, практически не растворим и пиридин с масляной кислотой смешивается неограниченно, то почти весь треугольник состава этой тройной системы будет занимать поле насыщенных растворов. Это поле отделено линией растворимости от поля гомогенно-жидкого состояния, границы которого не уточнялись ввиду ничтожно малых размеров при всех температурах исследования.

**Материалы и методы**

Используемый в работе препарат масляной кислоты квалификации «для синтеза» (MERCH; содержание основного вещества более 99 мас. %), воду и пиридин подвергали тщательной очистке, как описано в [4]. Растворители идентифицировали по температуре кипения, показателю преломления и плотности; их физические константы хорошо согласуются со справочными данными [12]. Иодид калия квалификации «ч. д. а.» (Реахим, Уральский завод химреактивов; содержание основного вещества 99.8 мас. %) растирали в агатовой ступке до мелкодисперсного состояния и сушили в вакууме над оксидом фосфора (V) при 120 °С до постоянной массы. Отсутствие влаги в соли контролировали термогравиметрическим анализом. Препараты растворителей и соли хранили над прокаленным хлоридом кальция в эксикаторах, защищенных от прямого воздействия световых лучей.

Политермическое изучение фазовых равновесий в смесях компонентов разреза четверной системы проводили визуально-политермическим методом, а составы растворов, соответствующие критическим точкам растворимости, определяли методом отношения объемов жидких фаз [13]. Методика обработки результатов политермического исследования и построения изотермических фазовых диаграмм разреза четверной системы изложена в [13]. Относительная погрешность определения составов смесей, отвечающих точкам фазовых переходов, была ± 0.5%.

Фазовые равновесия и критические явления в смесях компонентов изучены по одиннадцати сечениям треугольника разреза 1 тетраэдра состава указанной четырехкомпонентной системы в интервале температур от 5 до 60 °С. Разрез 1 был проведен через ребро тетраэдра состава иодид калия – вода и точку *t* ребра пиридин – масляная кислота, отвечающую 43.00 мас. % пиридина (рис.1).

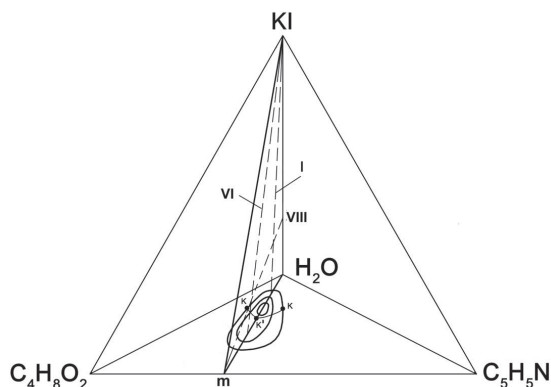


Рис. 1. Схематическое положение разреза 1 (KI–H<sub>2</sub>O–*m*) и сечений I, VI и VIII на плоскости треугольника разреза тетраэдра состава системы вода – пиридин – масляная кислота – иодид калия. На грани H<sub>2</sub>O – C<sub>5</sub>H<sub>5</sub>N – C<sub>4</sub>H<sub>8</sub>O<sub>2</sub> тетраэдра схематически изображены 3 изотермы замкнутой области расслоения с линией критических точек *кк*'*к*

Выбор положения разреза определялся тем, чтобы он пересекал объемы фазовых состояний в области жидкофазных равновесий, а также фазовых состояний с наличием твердой фазы. Кроме того, разрез проходит через точку на треугольнике состава тройной системы вода – пиридин – масляная кислота, отвечающую смеси с максимальной температурой существования двухжидкофазного равновесия в этой системе [4] и пересекает линию критических точек *кк*'*к* указанной тройной системы (см. рис.1).

**Результаты и их обсуждение**

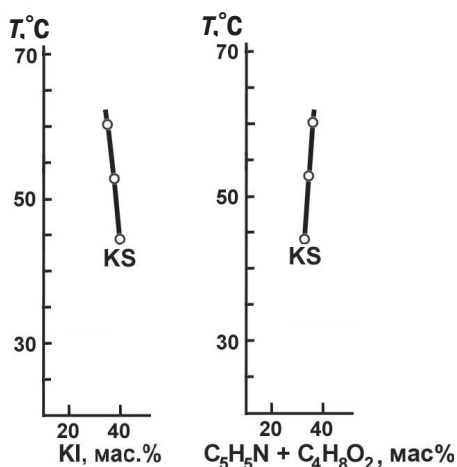
Четырехкомпонентные смеси по сечениям I–VI характеризовались переменным содержанием иодида калия и постоянным для каждого сечения соотношением массы воды и смеси пиридина с масляной кислотой: 90.00 : 10.00(I), 70.00 : 30.00(II), 58.00 : 42.00(III), 42.00 : 58.00(IV), 27.00 : 73.00(V), 13.00 : 87.00(VI). Смеси компонентов по сечениям VII и VIII характеризовались переменным содержанием смеси масляной кислоты с пиридином и постоянным соотношением массы воды и иодида калия: 51.00 : 49.00(VII), 35.00 : 65.00(VIII). Схематическое положение сечений двух типов в плоскости разреза тетраэдра состава показано на рис.1. В смесях компонентов осуществлялись четыре фазовых состояния: монотектическое, двухфазное жидкое, насыщенные растворы соли и гомогенные растворы (политермы не приводятся).

Изучение смесей компонентов сечения VIII показало, что при 43.6 °С в разрезе 1 осуществляется трехфазное моновариантное равновесие двух идентичных жидких фаз в критическом состоянии с кристаллами соли. На диаграмме разреза четверной системы этому неинвариантному

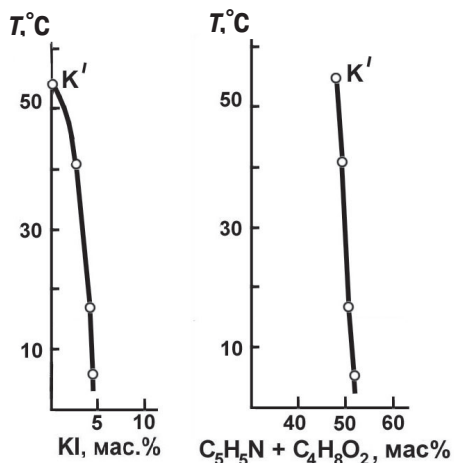


равновесию отвечает критическая нода монотектического состояния [5]. Для смесей компонентов разреза 1 указанная температура выше найденной минимальной температуры начала расслаивания (35.6 °С); следовательно, объем монотектического состояния коснется плоскости разреза не критической нодой.

На рис. 2, а критические кривые начинаются при температуре 43.6 °С в критической конечной точке критической ноды *KS* (где *S* – *KI*). С повышением температуры содержание иодида калия немного уменьшается, а смеси пиридина с масляной кислотой незначительно увеличивается.



а



б

Рис. 2. Зависимости содержания иодида калия и смеси пиридина с масляной кислотой в критических точках растворимости от температуры в разрезе 1 тетраэдра состава системы *вода – пиридин – масляная кислота – иодид калия*: а – указанные зависимости для области расслаивания, граничащей с треугольником монотектического состояния; б – зависимости для области расслаивания, примыкающей к стороне  $H_2O - (C_5H_5N + C_4H_8O_2)$  треугольника разреза

На рис. 2, б линии критических точек начинаются при температуре 53.9 °С в точке *K'*, отвечающей составу критического раствора тройной системы *вода – пиридин – масляная кислота* с максимальной температурой существования двухжидкофазного критического состояния. Эта температура немного выше ранее найденной (50.7 °С) в работе [4], видимо, из-за использования масляной кислоты различных производителей. Из рис. 2, б видно, что введение иодида калия в смеси компонентов тройной системы *вода – пиридин – масляная кислота* приводит к резкому понижению критической температуры растворения, то есть иодид калия в небольших концентрациях (до 4.3 мас.%) обладает всаливающим действием на гетерогенные смеси тройной системы. Содержание смеси пиридина с масляной кислотой в критических растворах немного уменьшается с понижением температуры (см. рис. 2, б). В отличие от иодида калия введение хлорида калия в смеси критического состава тройной системы *вода – пиридин – масляная кислота* приводит к повышению критической температуры растворения, то есть высаливанию [6].

Результаты политермических исследований использовали для построения изотерм фазовых состояний системы на треугольнике разреза при восьми температурах: 5.0; 20.0; 35.6; 40.0; 43.6; 53.9; 54.2; 60.0 °С (рис.3, 4). Данные по растворимости иодида калия в воде взяты из «Справочника по растворимости» [14].

На изотерме при 5.0 °С (см. рис. 3) существует линия растворимости иодида калия в смесях воды, пиридина и масляной кислоты, разделяющая поля насыщенных растворов  $l+S$  (*S* – *KI*) и гомогенно-жидкого состояния *l*. К стороне треугольника разреза  $H_2O - (C_5H_5N + C_4H_8O_2)$  примыкает поле расслоения  $l_1+l_2$  ( $l_1$  – органическая фаза,  $l_2$  – водная фаза), ограниченное кривой с критической точкой *K*.

С повышением температуры растворимость иодида калия в воде, а также взаимная растворимость компонентов тройной системы *вода – пиридин – масляная кислота* [4] увеличиваются, что отражается на диаграмме разреза незначительным уменьшением размеров полей насыщенных растворов и расслоения (например, изотерма при 20.0 °С, см. рис. 3).

С повышением температуры объем монотектики, распространяющийся от грани тетраэдра состава *иодид калия – вода – масляная кислота* (см. рис. 1), продвигается в глубь тетраэдра. При 35.6 °С объем монотектического состояния касается плоскости разреза. При этом на поле насыщенных растворов на фазовой диаграмме

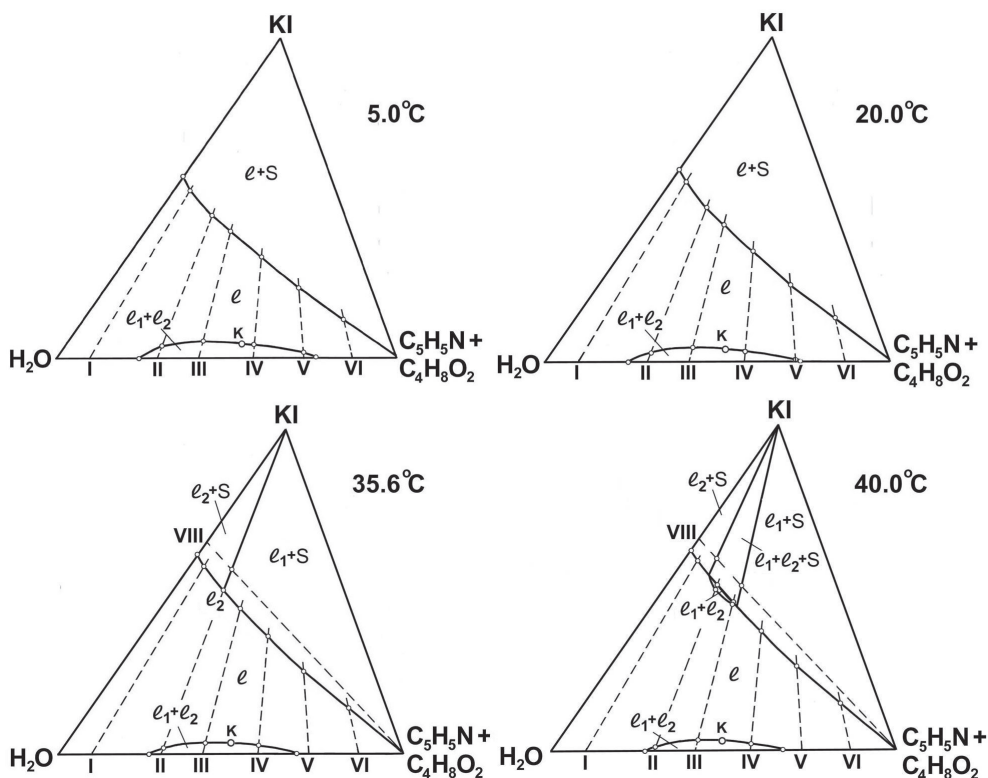


Рис. 3. Изотермы фазовых состояний (мас.%) в разрезе 1 тетраэдра состава системы вода – пиридин – масляная кислота – иодид калия при 5.0, 20.0, 35.6 и 40.0 °C

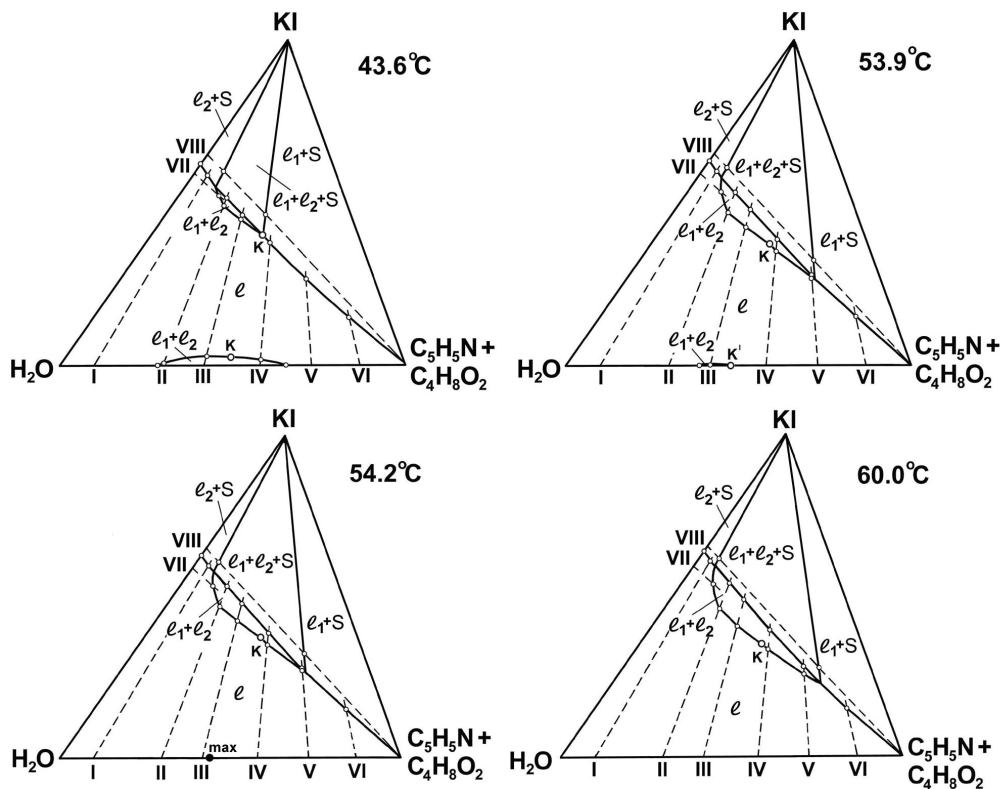


Рис. 4. Изотермы фазовых состояний (мас.%) в разрезе 1 тетраэдра состава системы вода – пиридин – масляная кислота – иодид калия при 43.6, 53.9, 54.2 и 60.0 °C



разреза появляются некритическая нода  $Se_2$  и два поля насыщенных растворов  $e_1+S$  и  $e_2+S$  (см. рис. 3).

С дальнейшим повышением температуры объем монотектики в тетраэдре состава увеличивается. В результате пересечения этого объема плоскостью разреза на фазовой диаграмме появляется треугольник, ограничивающий поле монотектического состояния  $e_1+e_2+S$  с примыкающим к нему полем расслоения  $e_1+e_2$  без критической точки (изотерма при  $40.0^\circ\text{C}$ , см. рис. 3). В интервале температур  $35.6\text{--}43.6^\circ\text{C}$  плоскость разреза 1 пересекает линию изменения состава только одной жидкой фазы ( $e_2$ ) монотектического состояния  $e_1+e_2+S$ . При  $43.6^\circ\text{C}$  в плоскость разреза входит критическая нода монотектического равновесия  $KS$ , которая является одной из сторон монотектического треугольника (см. рис. 4).

Дальнейшее повышение температуры приводит к уменьшению взаимной растворимости компонентов тройной системы вода – пиридин – масляная кислота [4]. Температура  $53.9^\circ\text{C}$  является максимальной температурой существования критических растворов в этой тройной системе. Эта температура немного выше ранее найденной ( $52.0^\circ\text{C}$ ) в работе [4], видимо, из-за использования масляной кислоты различных производителей. На диаграмме разреза 1 четверной системы при данной температуре (см. рис. 4) критическая точка  $K'$  лежит на стороне  $\text{H}_2\text{O} - (\text{C}_5\text{H}_5\text{N} + \text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2)$  треугольника разреза и принадлежит кривой, ограничивающей небольшое поле двух жидких фаз  $e_1+e_2$ . На этой же изотерме второе поле двух жидких фаз  $e_1+e_2$ , примыкающее к полю монотектики, ограничено кривой с критической точкой  $K$ .

При  $54.2^\circ\text{C}$  в тройной жидкостной системе вода – пиридин – масляная кислота поле двух жидких фаз стягивается в некритическую точку. На фазовой диаграмме при указанной температуре (см. рис. 4) эта точка находится на стороне  $\text{H}_2\text{O} - (\text{C}_5\text{H}_5\text{N} + \text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2)$  треугольника разреза (обозначена зачерненным кружком с надписью  $\text{max}$ ).

При более высоких температурах тройная система вода – пиридин – масляная кислота является гомогенной. На изотерме разреза, например при  $60.0^\circ\text{C}$  (см. рис. 4), существует треугольник монотектического состояния с примыкающими к нему полями насыщенных растворов  $e_1+S$ ,  $e_2+S$  и расслоения  $e_1+e_2$ . Фазовая диаграмма разреза 1 изученной нами четверной системы при  $60.0^\circ\text{C}$  аналогична фазовой диаграмме такого же разреза тетраэдра состава системы вода – пиридин – масляная кислота – хлорид калия при  $80.0^\circ\text{C}$  (см. рис. 3 [6]). Это свидетельствует о том, что обе

соли при относительно высоких температурах обладают высаливающим действием.

Таким образом, анализ построенных изотерм фазовых состояний системы позволил выявить топологическую трансформацию фазовой диаграммы разреза 1 четверной системы вода – пиридин – масляная кислота – иодид калия при изменении температуры. Установлено, что невысокие концентрации вводимой соли приводят к увеличению взаимной растворимости компонентов тройной жидкостной системы вода – пиридин – масляная кислота, т. е. оказывают всаливающее действие. Любая смесь четырех компонентов, содержащая немного больше 5.5 мас.% иодида калия, будет гомогенной при любой температуре интервала исследования.

Известно, что ионы  $\text{K}^+$  и  $\text{I}^-$ , имеющие большие размеры, обладают отрицательной гидратацией [15], разрыхляют структуру воды и способствуют увеличению взаимной растворимости воды и органического растворителя. Можно предположить, что введение небольших количеств иодида калия в трехкомпонентные смеси жидкостной системы вода – пиридин – масляная кислота разрушает структуру воды, увеличивает подвижность ее молекул и тем самым приводит к возрастанию взаимной растворимости воды и ассоциатов пиридина с масляной кислотой [4].

Увеличение концентрации электролита с одновременным повышением температуры приводит к разрушению структуры водно-органического раствора и возникновению расслаивания. Таким образом, всаливающее действие иодида калия, обнаруженное при его небольших концентрациях, переходит в высаливающее при значительном увеличении содержания соли в водно-органических растворах.

#### Список литературы

1. Сергеева В. Ф. Высаливание и всаливание неэлектролитов // Успехи химии. 1965. Т. 34, № 4. С. 717–733.
2. Конник Э. И. Высаливание – всаливание газообразных неэлектролитов в водных растворах электролитов // Успехи химии. 1977. Т. 46, № 6. С. 1097–1121.
3. Long F. A., McDevit W. F. Activity coefficients of nonelectrolyte solutes in aqueous salt solutions // Chem. Rev. 1952. Vol. 51, № 1. P. 119–169.
4. Черкасов Д. Г., Смотров М. П., Ильин К. К. Равновесие двух жидких фаз и критические явления в тройной системе вода – пиридин – масляная кислота в интервале  $5\text{--}55^\circ\text{C}$  // Журн. прикл. химии. 2008. Т. 81, № 2. С. 229–233.
5. Черкасов Д. Г. Фазовые равновесия и критические явления в разрезе 1 четверной системы вода – пиридин – масляная кислота – хлорид калия // Изв. Сарат. ун-та. Нов. сер. 2008. Т. 8. Сер. Химия. Биология. Экология, вып. 2. С. 28–36.



6. Черкасов Д. Г. Фазовые равновесия и критические явления в разрезе 2 четверной системы вода – пиридин – масляная кислота – хлорид калия // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. 2009. Т. 9. Сер. Химия. Биология. Экология, вып. 2. С. 36–40.
7. Черкасов Д. Г. Фазовые равновесия и критические явления в разрезе 3 четверной системы вода – пиридин – масляная кислота – хлорид калия // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. 2010. Т. 10. Сер. Химия. Биология. Экология, вып. 2. С. 14–19.
8. Сергеева В. Ф., Калужникова Г. П. Влияние некоторых веществ на растворимость бензойной кислоты в этиловом спирте и 50% смеси этилового спирта и воды // Журн. общ. хим. 1961. Т. 31, № 8. С. 2445–2448.
9. Сергеева В. Ф., Ескарева Л. Влияние иодидов алкилпиридиния и перхлората лития на растворимость бензойной кислоты в воде, этиловом спирте и их смесях // Журн. общ. хим. 1962. Т. 32, № 9. С. 2958–2960.
10. Timmermans J. Die kritische losungstemperatur von ternären gemengen // Z. Phys. Chem. 1907. Bd. 58. S. 129–136.
11. Черкасов Д. Г., Ильин К. К. Высаливание масляной кислоты из водных растворов хлоридом калия // Журн. прикл. химии. 2009. Т. 82, № 5. С. 864–867.
12. Химическая энциклопедия : в 5 т. / ред. И.Л. Кнунянц. М., 1988–1998. Т. 1–5.
13. Ильин К. К., Черкасов Д. Г. Равновесие трех жидких фаз и критические явления высшего порядка в четверных системах. Сообщение 2. Определение координат трикритической точки и топология объема трехжидкофазного состояния в системе вода – изопропиловый спирт – н. октан – бромид калия // Изв. вузов. Сер. Химия и хим. технология. 2006. Т. 49, № 1. С. 3–12.
14. Справочник по растворимости: Бинарные системы: в 2 т. / под ред. В. В. Кафарова. Т. 1, кн.1. М.; Л., 1961. 860 с.
15. Самойлов О. Я. Структура водных растворов электролитов и гидратация ионов. М., 1957. 182 с.

УДК 544.032.7:542.05:546.15

## ВЛИЯНИЕ ПРИРОДЫ И СВОЙСТВ РАСТВОРИТЕЛЯ НА СТЕПЕНЬ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЙОДА ИЗ РАЗЛИЧНЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ

А. Г. Демахин<sup>1</sup>, С. В. Акчурин, С. П. Муштакова

Саратовский государственный университет  
<sup>1</sup>ФГУ «ГосНИИЭНП»  
E-mail: akchurin.serzh@yandex.ru



В работе представлены и обсуждены результаты изучения влияния природы и свойств растворителя на экстракцию йода из различных йодсодержащих источников. В качестве способа извлечения йодид-иона предлагается метод ионного обмена в сочетании с жидкофазной эмульсионной мембранной экстракцией. Полученные данные позволяют сделать обоснованный выбор за систему *экстрагент – растворитель*.

**Ключевые слова:** йод, органический растворитель, параметр Гильдебранда, жидкофазная эмульсионная мембранная экстракция, четвертичные аммонийные соединения, минеральные источники.

### Influence of the Nature and Properties of Solvent on the Extraction Degree of the Iodine from Different Mineral Sources

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

The paper discusses the results of our studies on the effect of the nature and concentration of solvent on the extraction of iodine from various iodine-containing sources. Ion exchange in combination with liquid-phase emulsion membrane extraction is proposed as a technique for extraction of iodine ion. The obtained data allow us to make an informed choice of the system: *extractant – solvent*.

**Key words:** iodine, organic solvent, Hildebrand parameter, liquid-phases emulsion membrane extraction, quaternary ammonium compounds, mineral sources.

Йод и различные его соединения пользуются довольно большим спросом в мире. Это связано с широким применением последнего в различных сферах человеческой деятельности. В частности, соединения йода востребованы в электронной промышленности, металлургии, нефтедобывающей отрасли, в органическом синтезе, медицине и др.

Технологии промышленного производства йода существуют уже более 100 лет [1–4]. За этот период были разработаны оптимальные схемы проведения всего процесса и отдельных его стадий, а также выявлены основные его недостатки. К последним относится необходимость подкисления больших объемов йодсодержащих вод до уровня рН, равного 2–3, последующего окисления и процессов выделения йода. Сильное подкисление используемых жидких сред приводит к выделению растворенных нафтеновых кислот, что требует введения дополнительных операций по их отделению.