

12-26-2018

## Application of properties of ion exchange resins in sorption process of gold extraction .

T.V Ponamaryova

*Associate Professor, Department of Life Safety, Tashkent State Technical University. Tel.: (+998 99) 839-67-75 (M.);*

P.I Kushnazarov

*Researcher, Tashkent State Technical University, Tel.: (+99893) 711-99-10 (M.).*

Follow this and additional works at: <https://uzjournals.edu.uz/ijctcm>

 Part of the [Engineering Commons](#)

---

### Recommended Citation

Ponamaryova, T.V and Kushnazarov, P.I (2018) "Application of properties of ion exchange resins in sorption process of gold extraction .," *Chemical Technology, Control and Management*: Vol. 2018 : Iss. 4 , Article 4.

DOI: <https://doi.org/10.34920/2018.6.27-32>

Available at: <https://uzjournals.edu.uz/ijctcm/vol2018/iss4/4>

This Article is brought to you for free and open access by 2030 Uzbekistan Research Online. It has been accepted for inclusion in Chemical Technology, Control and Management by an authorized editor of 2030 Uzbekistan Research Online. For more information, please contact [sh.erkinov@edu.uz](mailto:sh.erkinov@edu.uz).

---

## Application of properties of ion exchange resins in sorption process of gold extraction .

### Cover Page Footnote

Tashkent State Technical University, SSC «UZSTROYMATERIALY», SSC «UZKIMYOSANOAT», JV «SOVPLASTITAL», Agency on Intellectual Property of the Republic of Uzbekistan



ISSN 1815-4840

Himičeskaâ tehnologiâ. Kontrol' i upravlenie

**CHEMICAL TECHNOLOGY.  
CONTROL AND MANAGEMENT**2018, №6 (84) pp.27-32. <https://doi.org/10.34920/2018.6.27-32>International scientific and technical journal  
journal homepage: <https://uzjournals.edu.uz/ijctcm/>

Since 2005

УДК 667.637.27: 658.518.3: 006.82

Т.В.ПОНАМАРЁВА, П.И.КУШНАЗАРОВ (ТГТУ)

**ПРИМЕНЕНИЕ ИОНООБМЕННЫХ СМОЛ В СОРБЦИОННОМ ПРОЦЕССЕ  
ЗОЛОТОИЗВЛЕЧЕНИЯ**

*Олтинни ажратишнинг сорбцион жараёнида қўлланиладиган ион аламашинувчи қатронлари кўриб чиқилган. TSh 86-38: 2006 ёғ-мой саноатининг госсипо қатрони асосида самарали ионит форсорилланган госсипол қатронини синтезлаш жараёнининг технологик схемаси, ФГС ионитининг олинши технологияси, ФГС ионитининг техник тавсифи келтирилган. Тадқиқот натижалари асосида синтезлаш жараёнида қимматбаҳо металл ионларини ажратиши учун самарали ФГС ионити олинган.*

**Таянч сўзлар:** олтинни ажратиши, сорбция, сорбент, ионоген гуруҳлар, ютилиши, қатрон, алмашиниши сизими.

*Рассматривается применение ионообменных смол в сорбционном процессе золотоизвлечения. Представлены: схема технологического процесса синтеза эффективного ионита фосфолизированной госсиполовой смолы; режим технологии получения ионита ФГС; технические характеристики ионита ФГС на основе госсиполовой смолы масложировой промышленности TSh 86-38: 2006. В результате проведенных исследований синтезирован, эффективный ионит ФГС для извлечения ионов драгоценных металлов.*

**Ключевые слова:** золотоизвлечение, сорбция, сорбент, ионогенные группы, поглощение, смола, обменная ёмкость.

*The application of ion-exchange resins in the sorption process of gold recovery is considered. Presented are: scheme of technological process of synthesis of effective ion exchanger of phospholized gossypol resin; regime of technology for obtaining ion exchanger; technical characteristics of the FGS ionite on the basis of the gossypol resin of the fat and oil industry TSh 86-38: 2006. As a result of the studies carried out during the synthesis, an effective ion exchanger ion is obtained for the extraction of precious metal ions.*

**Keywords:** gold extraction, sorption, sorbent, ionogenic groups, absorption, resin, exchange capacity.

Ионообменные смолы широко используются при извлечении золота в промышленном производстве. В процессе обогащения измельчённой золотоносной руды важную роль играют нерастворимые твёрдые высокомолекулярные вещества - иониты. Именно присутствие в растворе ионогенных (активных) групп делает возможным поглощение из растворов электролитов - положительно или отрицательно заряженных ионов путём замещения их на такое же количество других ионов того же знака.

По практическому значению предпочтение отдаётся ионитам на основе синтетических ионообменных смол.

Макромолекулы ионообменных смол представляют собой гибкие переплетающиеся нити полимерных молекул, цепи которых состоят из углеводов и имеющих поперечные связи в виде мостиков, причём, последние и образуют матрицу (каркас) смолы. На матрице неподвижно закреплены группы заряженных ионов.

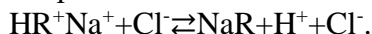
Имеющийся заряд фиксированных ионов нейтрализуется находящимися внутри смолы подвижными ионами, имеющими противоположный знак, – так называемыми противоионами. Благодаря связям между фиксированными ионами и противоионами образуются ионогенные

группы. Ввиду подвижности противоионов они вступают в реакцию обмена с ионами того же знака, находящимися в растворе.

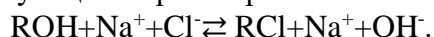
Принято, что матрица ионита с фиксированными отрицательными ионами называется полианионом, а с фиксированными положительными ионами - поликатионом.

В случаях, если фиксированные ионы несут отрицательный заряд, ионит может обменивать катионы и поэтому называется катионитом, если же заряд ионов положительный, то ионит способен к обмену анионами и соответственно называется анионитом.

Когда происходит контактирование с растворами электролитов, катиониты обменивают содержащийся в их структуре противоион, например, катиониты  $H^+$ - на эквивалентное количество другого катиона, находящегося в растворе:



Соответственно аниониты в случаях контактирования с растворами электролитов обменивают находящийся в их структуре противоион, например, анион  $OH^-$  на эквивалентное количество другого аниона, присутствующего в растворе:



Здесь R – каркас ионита; фаза ионита обозначена чертой.

Большое влияние на ионообменные свойства смолы оказывает природа фиксированного иона. В качестве фиксированных ионов наиболее часто служат у катионитов -  $SO_3^-$ , -  $COO^-$ , -  $PO_3^{2-}$ , у анионитов -  $NH_3^+$ ,  $=NH_2^+$ ,  $\equiv NH^+$ ,  $N^+$

Установлено, что ионный обмен протекает только тогда, когда ионогенная группа диссоциирована. Учитывая степень диссоциации ионогенной группы, содержащей в качестве противоиона ион  $H^+$  или  $OH^-$ , ионообменные смолы различают на сильно – или слабокислотные катиониты и сильно - или слабоосновные аниониты.

Так, ионогенные группы как -  $SO_3H$  или -  $PO_3H_2$  практически полностью оказываются диссоциированными в водных растворах. Ввиду этого катиониты, содержащие эти группы, являются сильнокислотными. Следует отметить, что сильнокислотные катиониты предрасположены к обмену катионитами в широком интервале pH, т.е. в кислой, нейтральной и щелочной средах. Соответственно катиониты, содержащие слабодиссоциирующую карбоксильную группу -  $COOH$ , являются слабокислотными и проявляют ионообменные свойства только в щелочной среде.

Известно, что сильноосновные аниониты способны к обмену анионами, как в кислой, так и в щелочной среде, а в качестве ионогенных групп они содержат хорошо диссоциирующие группы четвертичных аммониевых или пиридиновых оснований или солей.

Доказано, что способность к ионному обмену у этих ионитов обусловлена тем, что, обладая слабоосновными свойствами, аминогруппы и пиридиновая группа в кислой среде присоединяют протон (подобно аммиаку), образуя с анионом кислоты соответствующую ионогенную группу.

Следует отметить, что в щелочной и нейтральной средах образовавшаяся соль вступает в процесс гидролиза, теряя присоединённую молекулу кислоты, а в результате и способность к обмену ионов. Учитывая вышеизложенное, такие аниониты можно использовать только в кислых средах.

Кроме сильно - и слабоосновных анионитов существуют аниониты смешанной основности (полифункциональные). Подобные аниониты содержат в своём составе одновременно сильноосновные четвертичные аммониевые (или пиридиновые) группы и слабоосновные аминогруппы (или пиридиновые группы).

Функционально ионообменные смолы синтезируют в результате реакций полимеризации или поликонденсации мономерные молекулы органических соединений. Полученные ионогенные группы вводят в исходные мономеры или готовую матрицу.

Также распространено применение ионитов полимеризационного типа на основе стирола и дивинилбензола (ДВБ), последние сополимеризуют с образованием пространственного сополимера.

Функцию мостикообразователя выполняет дивинилбензол, соединяя линейные цепи полистирола. Путём изменения соотношения между количеством стирола и ДВБ можно регулировать расстояние между поперечными связями (изменять степень «шивки») и тем самым варьировать размерами ячеек смолы. Таким образом появляется возможность синтезировать смолы с различной степенью селективности (крупные и мелкие ионы). Так, искусственно увеличивая степень поперечной шивки (количество ДВБ), можно свести к минимуму обмен крупных ионов при сохранении обмена малых ионов («ситовой» эффект).

В результате сополимеризации полученный полимер стирола и ДВБ служит исходным сырьём для производства многих ионообменных смол. После обработки данного сополимера концентрированной серной кислотой получают сильнокислотный катионит, содержащий сульфогруппу–  $\text{SO}_3\text{H}$ . С целью получения анионитов сополимер хлорметилируют соответствующим эфиром.

Далее проводят аминирование полученного хлорметилированного сополимера, в результате получая различные типы анионитов. По типу применяемого амина определяется основность анионита. В случаях аминирования аммиаком первичными или вторичными аминами получают слабоосновные аниониты. Образующая часть третичных аминогрупп взаимодействует с хлорметильными группами других молекул сополимера, образуя группы солей четвертичных аммониевых оснований. В результате, в получаемых этим способом смолах наряду со слабоосновными группами содержится 10 – 20 % сильноосновных групп. Фактически при использовании третичных аминов получают сильноосновные аниониты, а также из смесей аминов различной основности можно получить аниониты смешанной основности.

Широкое распространение получили ионообменные смолы с чётко выраженными физическими порами – макропористые иониты. Указанные иониты получают введением в реакционную массу в процессе полимеризации какого-либо инертного органического растворителя (например, высших углеводов или спиртов), который захватывается массой, а затем удаляется отгонкой из пространственного полимера. Имея структуру как бы затвердевшей губки, такие иониты представляют собой объекты с развитой внутренней поверхностью, достигающую 40 – 60 м<sup>2</sup> на 1 г ионита против 0,1 – 0,2 м<sup>2</sup> для обычных (гелевых) ионитов. Содержащие крупные поры и каналы, облегчающие диффузию ионов к активным центрам, макропористые иониты отличаются повышенными кинетическими свойствами.

Как правило, ионообменные смолы получают в виде гранул правильной сферической формы размером от 0,5 до 3 мм.

После погружения в воду иониты набухают, поглощая определённое количество воды. Поступление воды в ионит обосновано стремлением ионов, находящихся в смоле, к гидратации (считается, что ионит представляет собой высококонцентрированный раствор, стремящийся к понижению концентрации). Облегчение проникновения ионов внутрь зерна ионита ускоряет ионный обмен и связано с набуханием ионитов, растяжением пространственной сетки смолы и увеличением её объёма. Степень набухания ионита зависит от числа ионогенных групп и степени шивки матриц (жёсткость каркаса).

Кроме вышесказанного, степень набухания ионита зависит также от концентрации раствора, причём, в концентрированных растворах оно слабее, чем в разбавленных, что характеризуется коэффициентом набухания, равным отношению удельного объёма набухшей смолы к удельному объёму смолы в воздушно - сухой форме. Варьирование коэффициента набухания может наблюдаться в довольно широких пределах. Например, для ионитов на основе стирола и ДВБ он

изменяется от 1,5 – 2 для сильноштитых смол (15 – 20 % ДВБ) до 5 – 10 для слабосшитых (0,5 – 2 % ДВБ).

Важная характеристика ионита - его обменная ёмкость, т.е. количество ионов, которое может быть поглощено единицей массы ионита. Существуют полная, равновесная и рабочая обменные ёмкости.

Полная обменная ёмкость отражает максимальное количество ионов, которое может быть поглощено смолой при полном насыщении всех способных к обмену ионогенных групп, которая определяется концентрацией ионогенных групп в смоле. В случаях полифункциональных смол различают полную обменную ёмкость по отдельным типам активных групп. Естественно, что для каждого ионита полная обменная ёмкость есть величина постоянная. Обычно её выражают в миллиграмм -эквивалентах на 1 г ионита в воздушно - сухом состоянии.

Равновесная обменная ёмкость - количество ионов определённого вида, поглощённых смолой, находящейся в равновесии с раствором определённого состава. Указанная равновесная обменная ёмкость - величина не постоянная, она зависит от состава раствора (концентрации извлекаемого иона, присутствия примесей и т.д.), определяется статистическим методом. При этом навеску выдерживают в контакте с раствором определённого состава в течение определённого времени, достаточного для установления равновесия, после этого определяют количество поглощённого иона. Единицами измерения равновесной обменной ёмкости служат миллиграмм - эквиваленты или миллиграммы извлечённого компонента на 1 гионита в воздушно - сухом состоянии.

Следует отметить, что равновесие между ионитом и раствором в реальных технологических процессах обычно не достигается. Поэтому в этих случаях пользуются понятием рабочей ёмкости, трактуя её как содержание извлекаемого компонента, например золота, в ионите в конкретных условиях сорбции. При этом рабочую ёмкость выражают в тех же единицах, что и равновесную обменную ёмкость.

Прежде чем использовать свойства ионообменных смол в сорбционном процессе золотоизвлечения, необходимо синтезировать эффективный ионит фосфолизированной госсиполовой смолы (ФГС) на основе предлагаемой авторами схемы технологического процесса (рис.1) [2].

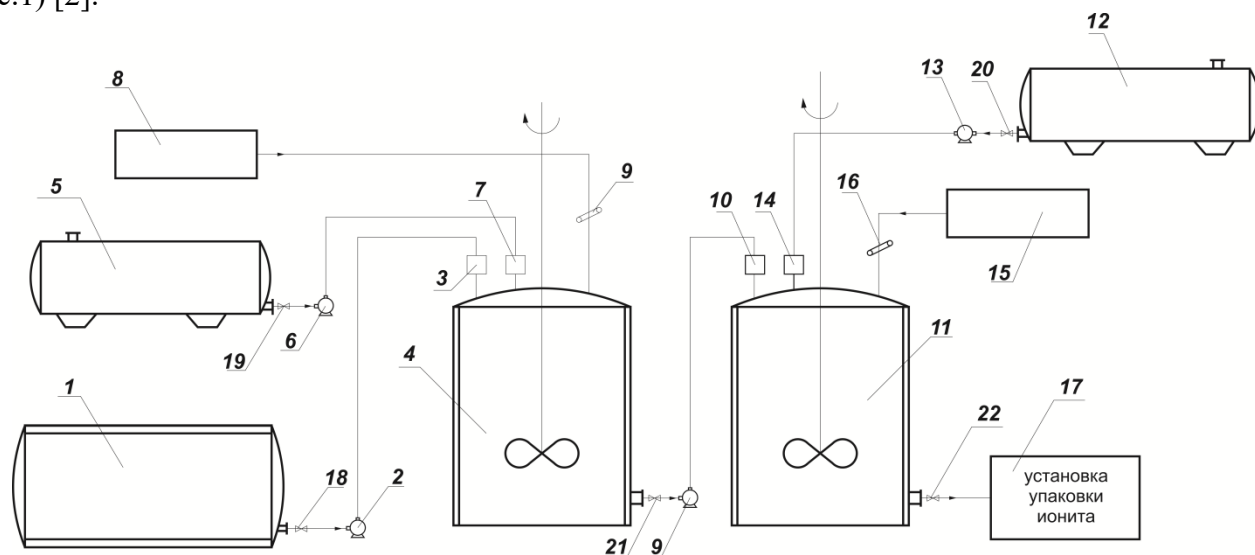


Рис.1. Схема технологического процесса синтеза эффективного ионита ФГС.

С помощью насоса 2 из ёмкости - хранилища 1 через расходомер 3 госсиполовая смола перекачивается в реактор 4, подогретая до 40 – 50°C. Затем температуру в реакторе поднимают до 60°C. Пенообразование свидетельствует о содержании влаги в госсиполовой смоле, для его уменьшения необходимо увеличить интенсивность перемешивания смолы. После перемешивания в течение 35 – 40 минут выделение пены прекращается, это свидетельствует об удалении 91 – 92 % влаги из госсиполовой смолы. Далее с помощью насоса 6 добавляют диаксан из ёмкости 5 через расходомер 7. В то же время через ёмкость 8 подают медную стружку через весовой дозатор 9. С помощью насоса 6 полученная масса через расходомер 10 подаётся в реактор 11, куда также последовательно из бункера трёххлористый алюминий 15 через весовой дозатор 16 и с ёмкости 12 с помощью насоса 13 через дозатор 14 поступает трёххлористый фосфор. Затем температура в реакторе 11 поднимается до 60 – 70°C. Далее проводится интенсивное перемешивание в течение 3 часов.

Таблица 1

## Режим технологии получения ионита ФГС

| Наименование параметров                         | Ед.изм. | Норма или номинальное значение |
|---|---------|--------------------------------|
| Расход госсиполовой смолы                       | т/л     | 0,9                            |
| Размер сита для разделения                      | мм      | 0,25 – 1,0                     |
| Размер сита для разделения крупной фракции      | мм      | 5,0                            |
| Концентрация трёххлористого фосфора             | %.      | 99                             |
| Расход трёххлористого фосфора на фосфолирование | %.      | до 4                           |
| Температура в реакторе                          | °С      | 60 – 70                        |
| Время реакции                                   | ч.      | до 3                           |

Таблица 2

Технические характеристики ионита ФГС на основе госсиполовой смолы масложировой промышленности TSh 86-38:2006

| № | Наименование показателей  | Норма                     | Методы испытания |
|---|---|---------------------------|------------------|
| 1 | Внешний вид   | Зерно темно-черного цвета | Визуально        |
| 2 | Гранулометрический состав –размер зерна, мм   | 0,25 – 1                  | ГОСТ 10900-84    |
| 3 | Содержание рабочей фракции от общей массы % не менее  | 96                        |                  |
| 4 | Влажность, %  | 15-20                     | ГОСТ 10898.1-84  |
| 5 | Содержание фосфора, %   | 19,4                      | ГОСТ 8.531-85    |
| 6 | Насыпной вес, г/мл  | 0,19                      | ГОСТ 20298-74    |
| 7 | Удельный объем набухшего ионита в ОН-форме, мл/г  | 2,12                      | ГОСТ 10898.4-84  |
| 8 | СОЕ (мг-экв/г):<br>Cu из раствора (5 г/л) CuSO <sub>4</sub><br>Co из раствора (5 г/л) CoSO <sub>4</sub><br>Ni из раствора (5 г/л) NiSO <sub>4</sub> | 4,0<br>5,5<br>4,8         | ГОСТ 20255.1-89. |
| 9 | Механическая прочность, %   | 94,0                      | ГОСТ 17338-81.   |

В результате полученный синтезом фосфолированной госсиполовой смолы эффективный ионит омывают водой, после гидролиза он сохраняет сферическую форму и в этой форме отправляется на склад готовой продукции.

Проводя технологический режим, приведённый в табл.1, был получен ионит, который используется, в том числе для извлечения ионов цветных металлов, а именно ионов меди из концентрированных растворов гидрометаллургических производств.

Ионит ФГС является готовым продуктом, получаемым методом форфорилирования госсиполовой смолы с добавлением медной стружки и в среде диоксана. Полученный ионит ФГС для извлечения и сорбции ионов цветных металлов соответствует утверждённым техническим требованиям, в соответствии с которыми планируется к выпуску в виде зерна, применяемого в качестве сорбента для извлечения ионов цветных металлов из концентрированных растворов.

Полученный ионит ФГС по физико-техническим показателям соответствует требованиям и нормам, указанным в табл.2.

В заключение следует отметить, что по итогам проведённых исследований в процессе синтеза получен эффективный ионит ФГС для извлечения ионов драгоценных металлов. Приведены свойства и технология получения ионита для извлечения ионов редких и драгоценных металлов из состава сточных вод металлургических комбинатов, включающего госсиполовую смолу, трёххлористый фосфор, трёххлористый алюминий, медную стружку.

#### Список литературы:

1. U.YU.Ostanov, H.S.Beknazarov, A.T.Djalilov, M.K.Asamov, "Izuchenie okisleniya ingibirovannogo polie`tilena stabilizirovanny'mi novy'mi proizvodny'mi gossipola" [Study of the oxidation of inhibited polyethylene by stabilized new production gossips], *Kompozicionny'e materialy'*, no. 2, pp. 37-40, 2009 (in Russian).
2. A.H.Abdullaev, B.B.Sobirov, S.S.Negmatov, "Issledovanie svoystv gossipolovoy smoly', modifitsirovannoy izvest'yu i geksametilentetraminom" [Investigation of properties of woven resin modified with lime and hexamethylenetetramine], *Kompozicionny'e materialy'*, no. 2, pp. 86-87, 2008 (in Russian).
3. N.A.Moiseeva, D.G.Bogateeva, G.G.Bogateev, I.A.Abdullin, A.A.Balandina, "Mnogofunktsional'ny'e zasch'itny'e pokry'tiya" [Multifunctional protective coatings], *Vestnik Kazanskogo tehnologicheskogo universiteta*, no. 24, pp. 95-96, 2012 (in Russian).
4. S.I.Vol'fson, P.M.Garipov, N.A.Ohotina, L.YU.Zakirova, A.Efremova, "Bar'erny'e svoystva plenok na osnove nanokompozitov" [The barrier nature of the films based on nanocomposites], *Vestnik Kazanskogo tehnologicheskogo universiteta*, vol. 16, pp. 128-132, 2013 (in Russian).
5. V.E.Katnov, S.N.Stepin, A.V.Vahin, M.I.Safiullin, "Optimizatsiya sostava protivokorroziionnoy e`poksidnoy gruntovki" [Optimization of the composition of anticorrosive epoxy primer], *Vestnik Kazanskogo tehnologicheskogo universiteta*, vol. 15, pp. 87-90, 2016 (in Russian).
6. V.I.Kondrasch'enko, B.D.Feylo, YU.N.Forostyan, A.V.Dobroslavskiy, "Modifikator rjavchiny'" [Rust modifier], Nomer patenta 2185410, Rossiya, 2016, Data registracii: 27.04.2000, Nomer zayavki: 2000110400/04.

*Кушназаров Пулат Исламович – доцент кафедры «БЖД» ТГТУ.  
Тел.: (+998 99) 839-67-75 (м.);  
Понамарёва Татьяна Владимировна – научный сотрудник ТГТУ,  
Тел.: (+99893) 711-99-10 (м.).*