

التبادل الأيوني

د. حامد بيومي مغراوي



يعرف التبادل الأيوني (Ion Exchange) بأنه تفاعل كيميائي يحدث فيه تبادل المواقع بين أيونات محلول ذائب وأيونات محلول غروي (Colloidal Solution) أو محلول شحيح الذوبان في وسط التفاعل . وتصنف عملية التفاعل المذكورة في أغلب الأحيان بأنها تفاعل عكسي ، فضلاً عن أن الوسط الذي يحدث فيه هذا التفاعل غالباً ما يكون وسطاً مائياً . ويرجع تاريخ التعرف على ظاهرة التبادل الأيوني إلى عام ١٨٥٠م عندما لاحظ كل من هاري ثومبسون (Harry Thompson) و جون واي (John H Way) أن إضافة محلول كبريتات أو كربونات النشادر (الأمونيوم) إلى التربة ينجم عنه ادمصاص (Adsorption)

جزء من أيونات الأمونيوم مقابل خروج جزء مكافئ (Equivalent) من أيونات الكالسيوم الموجودة في التربة إلى المحلول المائي . وقد ظلت هذه الظاهرة لأكثر من خمسين عاماً ذات اهتمام أكاديمي حتى تم التوصل إلى الإستفادة منها صناعياً في عملية تيسير المياه (إزالة العسر) باستخدام الزيولايت الطبيعي كمبادل أيوني . وفي عام ١٩٣٥م قام الكيميائيان آدمز وهولمز (Adams & Holmes) بتحضير وتطوير راتنجات (Resins) تبادل أيونية عضوية تمتاز بثباتها وسعتها التبادلية العالية (High Exchange Capacity) ، مما ساهم كثيراً في التوسع الكبير في تطبيقات عمليات التبادل الأيوني .

وتعتمد خواص التبادل الأيوني لهذه المواد على طريقة وظروف التحضير ، حيث يمكن تحضيرها في أشكال مختلفة (مسحوق غير متبلر ، راسب دقيق التبلور ، أو في شكل مبادل أيوني ورقي) ، ومع هذه المميزات فإن أغلب المبادلات الأيونية غير العضوية تكون على هيئة غير متبلورة ، وبالتالي غير مناسبة للإستخدام في صورة أعمدة بجانب سعتها التبادلية المنخفضة ، وحالياً تم تطوير عدة طرق لتحويل هذه المواد إلى صورة حبيبية أو مايشبه الخرزة الصغيرة . وتنقسم المبادلات الأيونية غير العضوية إلى مايلي :

١- أكاسيد وأكاسيد مائية لبعض العناصر ، مثل : أكاسيد الألمنيوم ، والمنجنيز ، والزركون ، والتيتانيوم ، وهلامات السيليكا ، وغيرها .
٢- أملاح حامضية لعناصر متعددة التكافؤ ، وتحضر بتفاعل أيونات عديدة التكافؤ - خاصة الرباعية (Zr , Ce , Ti , Sn) - مع أيونات سالبة عديدة التكافؤ ، مثل : الفوسفات و الموليبيدات و الزرنيخات

المعالج وغير المعالج ، والمواد البروتينية ، والفحم المعالج بالسلفنة وغير المعالج ، إلا أن عدم تجانسها وعدم ثباتها الكيميائي إضافة إلى سعة تبادلها المحدودة كانت السبب في عدم الاعتماد عليها في الكثير من التطبيقات الصناعية ، مما استوجب التفكير والبحث عن مبادلات أيونية مصنعة ذات صفات جيدة ، أهمها : الثبات الكيميائي ، والسعة التبادلية العالية . وقد أفلحت جهود العلماء في تصنيع العديد من هذه المبادلات سواء كانت من مصادر غير عضوية أو مصادر عضوية وذلك كمايلي :

● المبادلات غير العضوية

جذبت هذه المواد الانتباه - منذ أقل من ٣٠ عاماً - رغم ضآلة سعتها التبادلية مقارنة بالمبادلات الأيونية العضوية ، بسبب أنها تتفوق على المبادلات العضوية في ثباتها عند درجات الحرارة العالية ، و تحملها جرعات عالية من الأشعة الذرية ، فضلاً عن إتصافها بانتقائية عالية للعديد من الأيونات وسهولة تحويلها بتغيير التركيب الكيميائي أو البلوري لمادتها ،

وقد أمكن الاستفادة من تقنية التبادل الأيوني أثناء الحرب العالمية الثانية عندما تم تحلية مياه البحر للجنود باستخدام مبادلات أيونية مصنوعة من زيولايت الفضة (AgZ) أو راتنج عالي السعة على هيئة قوالب مكعبة متماسكة ، مع إضافة قليل من هيدروكسيد الباريوم إليها ، وأصبح من الممكن تحويل ١٠ أحجام من مياه البحر إلى مياه صالحة للشرب لكل حجم مكافئ من مكعب المبادل الأيوني المذكور .

وبهذه الطريقة أمكن إزالة المكونات الأساس لمياه البحر بإدمصاص أيون الصوديوم (Na⁺) على سطح معدن الزيولايت ، وترسيب أيون الكلور (Cl⁻) على هيئة كلوريد الفضة (AgCl) ، بينما تزال كبريتات المغنيسيوم بترسيب هيدروكسيد المغنيسيوم [Mg(OH)₂] وكبريتات الباريوم (BaSO₄) بواسطة هيدروكسيد الباريوم [Ba(OH)₂] .

المبادلات الأيونية الصناعية

رغم أهمية المبادلات الأيونية الطبيعية ، مثل : الصوف ، و الحرير ، و السيليلوز

التبادل الأيوني

بها مجموعات التبادل . وهناك طريقتان لإضافة هذه المجموعات أولهما تحضير الشبكة الهيدروكربونية ، ثم إضافة المجموعة الأيونية لاحقاً ، وثانيهما بتحضير الراتنج محتويًا على المجموعات الأيونية مباشرة أثناء عملية البلمرة .

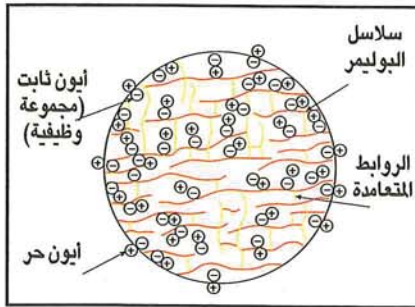
وفي حالة إضافة المجموعة الأيونية إلى الشبكة الهيدروكربونية - كما في حالة إضافة مجموعة السلفونات (SO⁻³) - يتم معالجة البوليمر (استيرين - ثاني فنيل البنزين) بمعدل مجموعة سلفونات واحدة لكل حلقة بنزين باستخدام حامض الكبريت .

تكون المجموعات الأيونية (الوظيفية) مثبتة بشبكة الراتنج عن طريق روابط تساهمية تحدد خواصه الكيميائية . ويتم معادلة الشحنة الكهربائية لهذه المجموعات بعدد مكافئ لها من الأيونات ذات الشحنة المضادة ، وهذه الأخيرة تكون حرة الحركة (mobile) وهي المسؤولة عن عملية التبادل ، إذ فور خروجها من الراتنج يحل محلها أيونات من المحلول المراد معالجته لها نفس الشحنة .

ويمثل شكل (١) شبكة راتنج مبيّنًا فيها الروابط المتعامدة والمجموعات الوظيفية في حبيبة مبادل عضوي أيوني موجب محتويًا على بوليمرات عديد الأستيرين مترابطاً عمودياً بثاني فنيل البنزين ومزوداً بأيونات ذات شحنة سالبة (مجموعات وظيفية) ومتعادلاً بأيونات حرة مضادة مشحونة بشحنة موجبة .

وتنقسم راتنجات التبادل الأيوني تبعاً للخاصية الكيميائية للمجموعات الوظيفية إلى أربع مجموعات رئيسية :

١- مبادلات أيونية موجبة قوية الحامضية وتوجد في صورة حامض (H⁺) أو ملح مثل (Na⁺) .



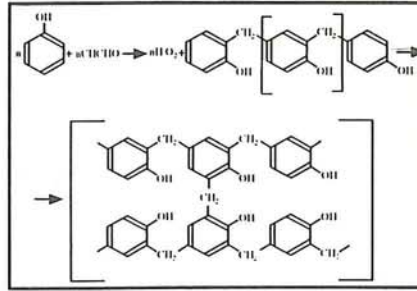
● شكل (١) شبكة راتنج تبين الروابط المتعامدة والمجموعات الوظيفية.

والكيمياء ، وكذلك الاستخدامات التقليدية مثل معالجة المياه والتربة الزراعية .

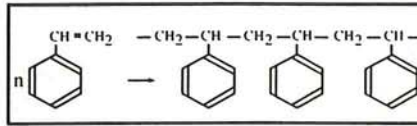
تتركب الراتنجات العضوية من شبكة هيدروكربونية متبلمرة مرنة ثلاثية الأبعاد ، وذات روابط متعامدة عبر ذرات الكربون (C-C) ومثبت بها مجموعات وظيفية أيونية نشطة ومميزة .

وينحصر تحضير الشبكة الهيدروكربونية كبنية أساسية لهذه الراتنجات في طريقتين هما :

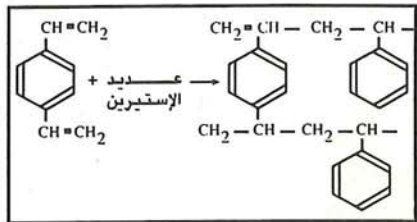
● **بلمرة بالتكثيف** : ومن أمثلتها تفاعل الفينول مع الفورمالدهيد وفق مايلي :



● **بلمرة بالاضافة** : وتتضمن بلمرة الجزيئات الاحادية ، مثل تفاعل البيوتاديين (CH₂=CH-CH=CH₂) ذاتيا مع البلمرة ، ومن أهم التفاعلات وأكثرها شيوعا في البلمرة بالإضافة بلمرة الأستيرين مكونا عديد الاستيرين وذلك كما يلي :-



ويلي ذلك تفاعل سلسلة عديد الاستيرين مع ثاني فنيل البنزين مكونا راتنج غير قابل للذوبان وذلك كما يلي :-

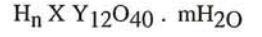


ويتم التحكم في عوامل الربط المتعامدة في الراتنج المذكور ، وكذلك مسامية جزيئاته تبعاً لكميات ثاني فنيل البنزين المستعمله ، وحجم الحبيبات الناتجة .

ولاحتوي نواتج البوليمر - الشبكة الهيدروكربونية - على مجموعات أيونية ولكنها تمثل بنية أساسية يمكن أن ترتبط

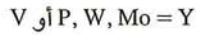
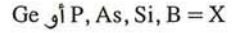
والانتيمونات والسليكات ، لتكوين أملاح حامضية شحيحة الذوبان من أهمها فوسفات الزركون {Zr₃ (PO₄)₄} .

٣- مواد غير متجانسة متعددة الحامضية وأملاحها ، وهي مركبات ذات شكل بنائي شبيه بالزيولايت ، ولها التركيب التالي :



حيث :

$$n = 3, 4, 5$$



٤- أملاح سيانيد الحديد شحيحة الذوبان ، وتنتج بخلط ملح أي من العناصر :

(Mo, V, W, Mn, Ag, Pb, Fe, Ti, Zr) مع حامض H₄[Fe(CN)₆] أو محاليل أملاحه (K أو Na) .

٥- أملاح تبادل أيوني متنوعة شحيحة الذوبان مثل كبريتيدات كل من الفضة ، والخاصين ، والنحاس ، والرصاص ، والكاديوم ، والنيكل .

وبالرغم من محدودية إستخدام المبادلات الأيونية غير العضوية في معالجة المياه - نظراً لطبيعة هذه المعالجة واحتاجتها إلى مبادل أيوني عالي السعة وسهل التنشيط بعد استنفاده - إلا أن إستخدام رمل السليكا والرمل الأخضر كمرشحات لازال سائداً في كثير من محطات معالجة المياه لإزالة بعض الملوثات مثل الحديد والمنجنيز وغيرهما . ولنفس الغرض أظهرت أكاسيد المنجنيز وأكاسيد الألمنيوم المائية إنتقائيتها العالية في إزالة بعض العناصر الملوثة لمياه الشرب .

وعلى سبيل المقارنة بين كفاءتي مبادل أيوني غير عضوي (زيولايت) وآخر عضوي (راتنج قوي الحامضية) وجد أن الأول له القدرة على معالجة ١٦ مليون جالون لكل قدم مكعب من المبادل بينما ينتج الثاني ٢٠ مليون جالون لكل قدم مكعب قبل إستنفادهما نهائياً

● راتنجات التبادل العضوية

تم التوسع السريع في تطبيق هذه الراتنجات نظراً لما أبدته من نجاح في كثير من المجالات التطبيقية المختلفة مثل الزراعة ، وعلوم الحياة ، والطب ، والصيدلة ،

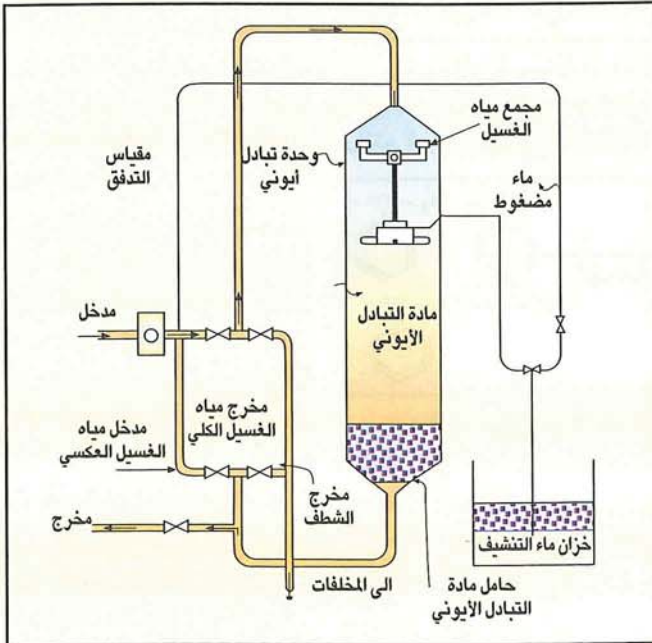
على مواد ضارة بالبيئة . ويستعرض الشكل (٢) مكونات محطة معالجة مياه باستخدام تقنية التبادل الأيوني .

تعد راتنجات التبادل الأيوني الموجب قوي الحامضية في صورة الصوديوم من أشهر الراتنجات المستخدمة في تيسير المياه ويرجع عسر المياه الى احتوائها على تراكيز عالية من أيونات كل من الكالسيوم والمغنيسيوم بجانب أيونات منخفضة التركيز مثل الحديد، الباريوم، الأسترنشيوم، المنجنيز، وتأتي هذه الأيونات في صورة أملاح ذائبة مثل بيكربونات الكالسيوم والمغنيسيوم (عسر كربوناتي) أو أملاح الكلوريدات والكبريتات (عسر لاكربوناتي)، وتصنف المياه المحتوية على أقل من ٧٥ ملجم/لتر مكافئ كربونات كالسيوم بأنها مياه يسر (Soft Water) ، بينما تعد المياه المحتوية على أعلى من ١٥٠ ملجم/لتر مكافئ كربونات الكالسيوم مياه عسر (Hard Water) .

تتم عملية التيسير باستخدام مبادلات أيونية قوية الحامضية وفقاً للمعادلات التالية :

$$2R - SO_3^- . H^+ + CaCl_2 \rightleftharpoons (R - SO_3^-)_2 Ca^{++} + 2HCl \quad (1)$$

$$2R - SO_3^- . Na^+ + CaCl_2 \rightleftharpoons (R - SO_3^-)_2 Ca^{++} + 2NaCl \quad (2)$$

$$2R - SO_3^- . Na^+ + Ca(HCO_3)_2 \rightleftharpoons (R - SO_3^-)_2 Ca^{++} + 2NaHCO_3 \quad (3)$$


● شكل (٢) رسم تخطيطي لتقنية التبادل الأيوني.

التبادل، وهو ما يعرف بإعادة تنشيط الراتنج (Regeneration) .

التطبيقات الصناعية للراتنجات

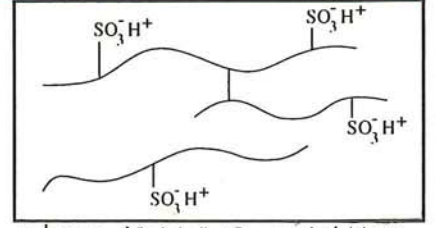
تدخل المبادلات الأيونية في كثير من التطبيقات الصناعية من أهمها عمليات التنقية وفصل المواد الكيميائية لإنتاج نوعية كيميائية بمواصفات خاصة تشمل المشروبات، والمواد الكيميائية، والأدوية، والألبان ومنتجاتها، والجيلاتين، والبتروك، والسكر، والصناعات المعدنية باستخلاص المعادن من محاليل خاماتها ومعالجة المخلفات الصناعية والمشعة، وتحضير المحفزات الكيميائية، وفي الطب، وتغذية النبات، وغيرها.

وتعد معالجة المياه باستخدام المبادلات الأيونية من أهم الموضوعات التي تعالجها هذه المقالة، وهي تتلخص فيما يلي :

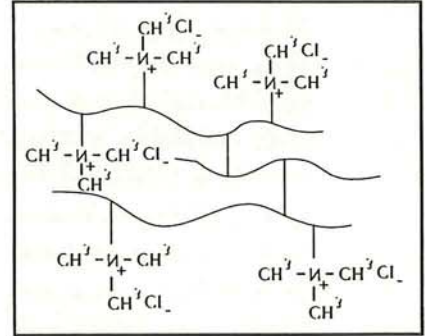
● تيسير المياه

بالرغم من أن تيسير المياه باستخدام المبادلات الأيونية يعد من أقدم التطبيقات على إستغلال ظاهرة التبادل الأيوني، إلا أنه لا يزال حتى الآن ذا شأن كبير . وتعتمد إمكانية إستخدام راتنجات التبادل الأيوني في عمليات تيسير المياه على نوعية المياه - وعلى وجه الخصوص مجموع الأملاح الذائبة (TDS) - ووجود أيونات منافسة، والقاعدية، وتركيز

الموئات و إنتقائية الراتنج للعناصر الملوثة بالمقارنة بآنتقائته للأيونات الأخرى، وأخيراً احتمال مرور المياه خلال قنوات داخل الراتنج بدون عملية تبادل، كذلك فإن اختيار طريقة المعالجة تعتمد على متطلبات التخلص من المياه المتخلفة عن دورة إعادة تنشيط الراتنج، وكذلك الراتنج المستهلك نهائياً، خاصة إذا احتوى



● مبادل أيوني موجب قوي الحامضية في صورة (H⁺) .
٢- مبادلات أيونية موجبة ضعيفة الحامضية وتكون في صورة حامض (H⁺)
٣- مبادلات أيونية سالبة قوية القاعدية وتكون في صورة الهيدروكسيد (OH⁻) أو كلوريد (Cl⁻) .

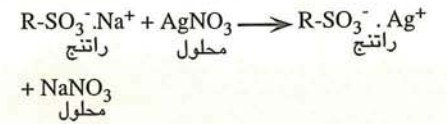


● مبادل أيوني سالب قوي القاعدية في صورة (Cl⁻) .

٤- مبادلات أيونية سالبة ضعيفة القاعدية مثل المجموعات المحتوية على مجموعات أمينية (NH₂) .

تفاعلات التبادل الأيوني

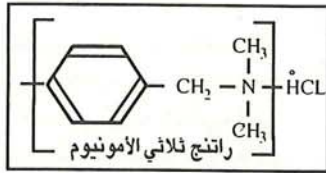
تفهم ظاهرة التبادل الأيوني إذا عرف أن المركبات التي تتأين في المحلول هي فقط التي تدخل في تفاعلات التبادل الأيوني، وعلى سبيل المثال فإن صوديوم راتنج التبادل الأيوني الموجب الذي يعد أيون حر الحركة في الراتنج يحل محل (يتبادل مع) أيونات أخرى لها نفس الشحنة الكهربائية في المحلول . ويمكن تمثيل هذا التفاعل كما يلي :



ويستخدم الرمز (R) للدلالة على بنية الراتنج الهيدروكربوني . وحيث أن تفاعلات التبادل هي تفاعلات عكسية فإن ملامسة الراتنج في صورة الفضة لمحلول مركز من نترات الصوديوم يؤدي إلى إعادة الراتنج إلى صورته الأولى قبل عملية

ففي معاملة (٦) تتأين الصودا الكاوية تماماً ، ولكن بما أن المجموعة الوظيفية (رباعي الأمونيوم) لها رغبة ضعيفة لأيونات (OH⁻) ، فإن التفاعل يتجه إلى اليمين دائماً . وتمثل المعادلة (٧) تفاعل تبادل أيوني بدون تغير في قيمة الرقم الهيدروجيني للوسط . وقد لوحظ أن كل راتنجات التبادل الأيوني السالب قوي القاعدية تبدي رغبة عالية جداً للنترات مقارنة بالكوريدات عند قيم متعادلة للرقم الهيدروجيني ، وبالتالي يتجه التفاعل إلى اليمين .

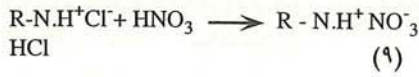
من جانب آخر تعد راتنجات التبادل الأيوني السالب ضعيف القاعدية مفيدة فقط في الوسط الحامضي ، حيث تتكون المجموعة الوظيفية من الأمين الأولي ، أو الثانوي ، أو الثلاثي ومثالاً على ذلك راتنج ثلاثي الأمونيوم:



حيث ترتبط المجموعة الوظيفية بأيون الهيدروجين وبالتالي تعمل كمواقع تبادل مشحونة موجبة لإلتقاط الأيونات السالبة ، ويتميز هذا النوع من الراتنج بأن له القدرة على إدمصاص أيونات الكلوريد في صورة حامض كلوريد الهيدروجين ، وبالتالي يخفض من مستوى الأملاح الذائبة في المياه ، معادلة (٨) أدناه :



ويحدث التبادل الأيوني عندما يكون المحلول حامضياً بإحلال النترات محل الكلوريدات على الراتنج ، معادلة (٩) :



إما إذا كان المحلول متعادلاً أو قلوياً فإن التبادل الأيوني لا يحدث على الإطلاق ، تفاعل (١٠) .



وبالرغم من أنه لا يوجد تطبيق عملي - في الوقت الحالي - على راتنجات التبادل الأيوني السالب ضعيف القاعدية في معالجة مياه الشرب إلا أنه من المتوقع أن

ويرجع ذلك إلى أن حامض (HCl) المتكون يتأين تماماً ، وبالتالي يضيف أيون (H⁺) إلى مجموعة (COO⁻) في الراتنج ويمنع إحلال أيونات الكالسيوم (Ca²⁺) محل أيونات الهيدروجين (H⁺) على عكس المعادلة (٤) التي تظهر القدرة على إزالة العسر الكربوناتي بالرغم من تكون حامض الكربونيك (H₂CO₃) الذي لا يتأين بسهولة ، وبالتالي يضيف كميات قليلة جداً من أيونات (H⁺) .

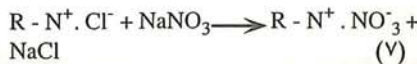
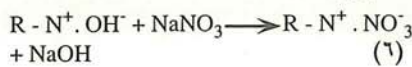
وفضلاً عن عدم قدرتها على إزالة العسر اللاكربوناتي فإن الراتنجات ضعيفة الحامضية لديها بعض المشاكل ومنها مايلي :

- تمدد حبيباتها أثناء عملية التيسير .
- حاجتها إلى استخدام مواد مقاومة للإحماض .
- ضرورة التخلص من غاز ثاني أكسيد الكربون من المياه المعالجة وتعديل رقمها الهيدروجيني .
- تكلفتها العالية .

● إزالة الأيونات السالبة

تعد إزالة القلوية العالية - الكربونات والبيكربونات - والملوثات الأيونية السالبة الأخرى مثل النترات والكبريتات ، وغاز كبريتيد الهيدروجين من المياه إحدى صور المعالجة ، وفي هذا الخصوص يتطلب الأمر استخدام مبادلات أيونية سالبة قوية القاعدية في صورة الكلوريد .

وتحتوى راتنجات التبادل الأيوني السالب قوية القاعدية على مجموعة رباعي الأمونيوم كمجموعة وظيفية حيث تكون الأربع مجموعات المتصلة بذرة النيتروجين ميلمر البنزول وثلاث مجموعات ميثيل أو يمكن أن تحل مجموعة الأيتانول (C₂H₄ OH) محل أحد مجموعات الميثيل . وتعادل المجموعة الوظيفية بأيون هيدروكسيد (OH⁻) أو كلوريد (Cl⁻) . يعد هذا النوع من الراتنجات عالي التأين ويمكن إستخدامه على المدى الكامل من الرقم الهيدروجيني (١٤-١) ، وعلى سبيل المثال تتم إزالة النترات من مياه الشرب ، كما في المعادلتين التاليتين :

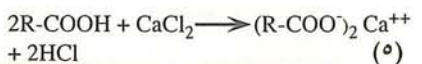
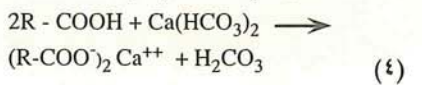


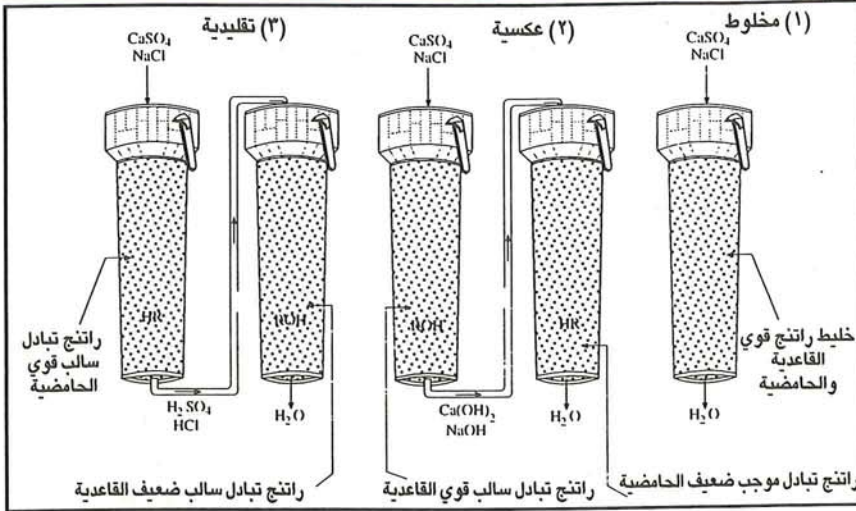
ففي المعادلة (١) تحل أيونات الكالسيوم الموجودة في المياه العسرة محل أيونات الهيدروجين على الراتنج وتتحول المياه إلى حامضية - رقم هيدروجيني منخفض - نتيجة تكون حامض كلوريد الهيدروجين ، وتمثل المعادلتان (٢)، (٣) التفاعلات القياسية لتيسير التبادل الأيوني ، والتي يحل فيها أيون العسر الأساسي - إلى جانب Ba²⁺ , Sr²⁺ , Mn²⁺ , Fe²⁺ كعسر لاكربوناتي ، معادلة (٢) أو عسر كربوناتي معادلة (٣) - محل الصوديوم على الراتنج . ويجري إعادة تنشيط الراتنج المشبع باستعمال زيادة من محلول مركز من حامض كلوريد الهيدروجين أو كلوريد الصوديوم (ملح الطعام) لكل من راتنجي الهيدروجين والصوديوم ، على الترتيب ، لعكس مسار التفاعلات (١) إلى (٣) من اليمين إلى اليسار .

ومن ميزات راتنجات التبادل الأيوني الموجب قوى الحامضية معالجتها للمياه عند مدى واسع من الرقم الهيدروجيني (١-١٣) ولكن من عيوبها مايلي :

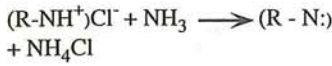
- ١- زيادة تركيز الصوديوم في المياه المعالجة عند استخدام راتنج في صورة الصوديوم ، مما يؤثر سلباً على طعم المياه ، وعلى مرضى ضغط الدم .
- ٢- عند استخدام راتنج في صورة هيدروجين فإن المياه المعالجة قد تتحول إلى حامضية ، مما يجعل لها تأثيراً سلبياً على شبكات نقل وتوزيع المياه .

وتتميز الراتنجات ضعيفة الحامضية بسعتها العالية بسبب التركيز العالي لمجموعة الكربوكسيلات (Carboxylic group - COO) ، وكذلك حاجتها الضئيلة لمادة إعادة التنشيط مقارنة بالراتنجات قوية الحامضية ، ولكن يعاب على راتنجات مجموعات الكربوكسيل أنها لا تتأين عند رقم هيدروجيني منخفض بل في وسط متعادل إلى قلوئي ، وبالتالي ينحصر استخدامها بفاعلية لإزالة العسر الكربوناتي - معادلة (٤) - وليس العسر اللاكربوناتي كما هو موضح في معادلة (٥) .

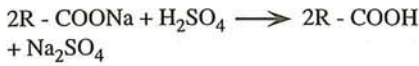




● شكل (٣) راتنجات التبادل الأيوني المختلفة (مخلوط ، عكسية ، تقليدية).



ويتم تنشيط الوحدة الثانية بحامض الكبريت أو كلوريد الهيدروجين أو النيتروجين .



يتم تنشيط الوحدة الثالثة بعكس سريان المياه في الدورة التالية لتصبح الوحدة الثالثة وحدة تكوين القلوية (الثانية) وتصبح الأولى وحدة تكوين للكربونات .

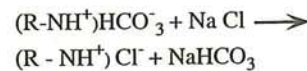
تقنية التبادل الأيوني بالملكة

تعتمد مدن المنطقة الوسطى بالملكة على المياه الجوفية اعتماداً كلياً ما عدا مدينة الرياض التي يأتي ثلث احتياجاتها من مياه الشرب من المياه الجوفية . وتصل مستويات العسر في بعض تلك المناطق إلى أكثر من ٩٠٠ ملجم/لتر، وبالتالي تجرى عمليات التيسير على تلك المياه باستخدام الجير ورماد الصود فضلاً عن استخدام تقنية التبادل الأيوني التي تستغل في المنازل والتجمعات السكنية الصغيرة ومصانع إنتاج المياه المعبأة لسد الحاجة بالمياه الصالحة للشرب، وحالياً تطبق تقنية التبادل الأيوني الموجب قوي الحامضية وسالب قوي القاعدية لتزويد مختبرات مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية بمصدر مستمر من المياه الخالية من الأيونات .

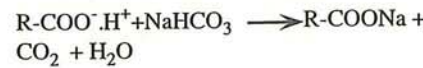
ومخلفات الصرف الصحي باستخدام راتنجات التبادل السالبة والموجبة معاً، وتتميز هذه الراتنجات بمقدرتها على تكوين أملاح البيكربونات من المحاليل المحتوية على غاز ثاني أكسيد الكربون فضلاً عن إزالة أيون الكلوريد .

وتشتمل خطوات الإزالة - الكربونات والكلوريدات - باستخدام وحدات ثلاثة تعمل كما يلي :

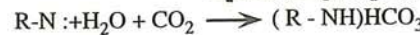
الوحدة الأولى : تحتوي على مبادل أيوني سالب ضعيف القاعدية في صورة بيكربونات يعمل على تحويل الأيونات الموجبة في المياه إلى بيكربونات الصوديوم والكالسيوم والمغنيسيوم .



الوحدة الثانية : وتعمل على إزالة القلوية بوساطة راتنج أيوني موجب ضعيف الحامضية بتحويل أملاح البيكربونات إلى حامض الكربونيك .



الوحدة الثالثة : وتحتوي على راتنج أيوني سالب ضعيف القاعدية في صورة قاعدة حرة لامتصاص حامض الكربونيك من مياه الوحدة الثانية .



وعند اكتمال تشبع الراتنجات يتم تنشيط وحدة تكوين القلوية (الأولى) إلى قاعدة حرة باستخدام النشادر أو الصودا الكاوية أو الجير :

تكون هناك بعض التطبيقات المفيدة ، حيث أنها تتمتع بسهولة إعادة التنشيط كاملاً بإستخدام حتى القواعد الضعيفة مثل الجير $[Ca(OH)_2]$.

● إزالة الأيونات من المياه

يعد إنتاج المياه النقية (Pure) أو فائقة النقاوة (Ultra Pure) من الاستخدامات التجارية الهامة للراتنجات . وفي هذه التقنية تزال جميع الأيونات الموجودة في المياه من أجل استخدامها في المختبرات مثلاً حيث أن إزالة كل الأيونات ليست مطلوبة في معالجة مياه الشرب .

وتوجد ثلاثة طرق لإزالة الأيونات باستخدام راتنجات التبادل الأيوني وتختلف تلك الطرق باختلاف الراتنجات المستخدمة وطريقة التبادل الأيوني وذلك حسب ماهو موضح في شكل (٣) :

● راتنجات خاصة للمعالجة

تعددت وتطورت تقنيات راتنجات التبادل الأيوني حيث أصبح من اليسير الحصول على راتنجات لإزالة البكتيريا من المياه ، وكذلك راتنجات تعقيم ، وذلك باستخدام سلاسل طويلة من رباعي الأمينات كمجموعات وظيفية لراتنجات التبادل الأيوني السالب التي تعمل على قتل البكتيريا فور ملامستها لسطح الراتنج .

كذلك تم استغلال التجاذب القوي بين الأيونات السالبة للمواد العضوية المتحللة في المياه - مثل الهيومات والفلفات (Humates & Vulvates) عديدة التكافؤ - وراتنجات التبادل الأيوني السالب كتقنية جديدة لإزالة المواد العضوية من المياه باستخدام حبيبات ذات مسامات كبيرة .

من جانب آخر أمكن تصنيع راتنجات تحتوي على مجموعات وظيفية مخلبية (Chelates) مثل: حامض الفوسفور ، وحامض ثنائي أثيلين رباعي الخليك (Ethylene Diamine Tetra Acetic Acid) تتميز به من قدرة عالية جداً لإزالة أيونات العسر ، وكذلك أيونات الرصاص والنحاس والزنك والكروم والنيكل وغيرها .

● نظم تبادل أيوني جديدة

لم يقتصر تطوير الراتنجات على ما ذكر سابقاً ، بل تعداه إلى إنتاج راتنجات يمكن استخدامها لمعالجة المخلفات الصناعية