كلية العلوم

القسم : الكيمياء

السنة : الثالثة

المادة : كيمياء بيئية

المحاضرة : الاولى/نظري/ د.رهام معلا

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

يمكنكم طلب المحاضرات برسالة نصية (SMS) أو عبر (What's app-Telegram) على الرقم 0931497960

جامعة طرطوس

كلية العلوم

قسم الكيمياء

الكيمياء البيئية

القسم النظري

المحاضرة الاولى

العام الدراسي

٢٠٢٤-٢٠٢٥

مدرس المقرر

د. رهام معلا

الفصل الثاني

CHAPTER TWO

القسم النظري

Theoretical Part

2-1- لمحة عامة General Glance

2-1-1- بعض مصادر تلوث المياه :

التلوث: هو العملية التي تجعل الأرض، أو الهواء، أو الماء غير آمنة للاستخدام، ويمكن حدوث ذلك من خلال إدخال مادة ملوَثة في بيئة طبيعية، وقد يكون الملوث غير ملموس، مثل: الضوء، والصوت، ودرجة الحرارة، ووفقاً لمنظمة Pure Earth يؤثر التلوث على أكثر من 200 مليون شخص في جميع أنحاء العالم.

التلوث بالمياه العادمة المنزلية :

تعرف المياه العادمة المنزلية بأنها المياه الناتجة عن استخدامات المنازل والمؤسسات والمصانع التي تكون مياهها مشابهة للمياه العادمة المنزلية ويمكن معالجتها جميعاً بالطريقة نفسها، وتتصف هذه المياه بعكارتها ولونها المائل إلى الأصفر أو الداكن، وتحتوي على بقايا الطعام والبراز والبول والورق وكميات هائلة من البكتيريا والفيروسات والفطريات.

يؤدي التخلص من المياه العادمة المنزلية دون معالجة إلى تدهور نوعية المياه في حال تجميع هذه المياه العادمة تحت سطح الأرض (حفر فنية)، مما يحول المكان المستقبل للمياه العادمة غير المعالجة إلى مصدر للأوبئة والأمراض، سواء أكان أرضاً زراعية أم مسطحاً مائياً عذباً أم مالحاً، وذلك لاحتواء هذه المياه العادمة غير المعالجة على الكثير من الجراثيم والكائنات الحية الممرضة إضافة إلى انبعاث الروائح الكريهة، والغازات الضارة [29].

تتأثر المياه السطحية القريبة من أماكن صرف هذه الملوثات بدرجة كبيرة، وتصبح غير صالحة للشرب نتيجة تسرب المياه الملوثة عبر التربة السطحية (خاصة التربة الرملية ذات النفوذية العالية) [30].

التلوث بالأسمدة والمبيدات الزراعية :

تعد الأنشطة الزراعية أحد أهم مصادر تلوث المياه السطحية، فالزراعة هي المستهلك الأول لمصادر المياه العذبة (سطحية أو جوفية)، ذلك أنَ 70% من المياه العذبة في العالم تستهلك لأغراض زراعية، وبسبب تزايد الطلب على الغذاء في جميع أنحاء العالم نتيجة الزيادة السكانية الهائلة اعتمد المزارعون استخدام أنواع مختلفة من الأسمدة والمبيدات التي أثرت على وجه الخصوص في الأنظمة المائية [31].

- الأسمدة الزراعية :

تستخدم أنواع مختلفة من الأسمدة الزراعية (مثل الأسمدة الفوسفاتية والآزوتية) في زيادة خصوبة التربة، وزيادة إنتاجها من المحاصيل المختلفة، وعند استخدامها بطرائق غير محسوبة (كمية فائضة) يبقى جزء كبير منها في التربة مسبباً تلوثاً لها، كما أن ري التربة المحتوية على قدر زائد من الأسمدة الزراعية يذوب جزء منها في مياه الري، ومع مرور الوقت يتم غسل التربة من هذه الأسمدة حتى تصل في نهاية الأمر إلى المياه الجوفية [32].
تساهم كل من مياه الأمطار والمياه العادمة الزراعية في نقل هذه المخصبات إلى المجاري المائية المجاورة للأراضي الزراعية (أنهار وبحيرات) محدثةً تلوثاً كبيراً وتأثيرات سلبية على الكائنات الحية[33].

- المبيدات الزراعية :

يعرف المبيد بأنه مادة كيميائية قادرة على قتل الكائنات غير المرغوب فيها في الطبيعة، أو إعاقة نموها وتشمل (مبيدات الأعشاب ، ومبيدات الحشرات ، ومبيدات الفطريات،.....)[34].

2-1-2- تقييم نوعية مياه المصادر المائية :

ينبغي من أجل تحديد نوعية المياه الطبيعية ضرورة إجراء مجموعة واسعة من التحاليل على العينات المأخوذة من المصدر المائي المعني بالدراسة و تشمل التحاليل الفيزيائية والكيميائية.

أ- المؤشرات الفيزيائية لنوعية المياه :

يُذكر من المؤشرات الفيزيائية لنوعية المياه الآتي :

درجة الحرارة :

تختلف درجة حرارة المياه الجوفية تبعاً للظروف الجوية، وتدفق المياه الناتجة من النشاطات البشرية،

في حين تتذبذب درجة حرارة المياه السطحية تبعاً للفروق في درجات الحرارة بين الصباح والمساء، ولدرجة الحرارة تأثير على نشاط الأحياء المائية والبكتريا ؛ إذ يؤدي ارتفاعها الشديد إلى قتل بعض الأنواع من الكائنات الحية المائية، وانخفاض كمية الأكسجين المذاب في الماء مما يؤثر في التوازن البيئي [35].

اللون :

يتغير لون في المياه نتيجة تلوثها بمواد كيميائية مختلفة كالملوثات الصناعية والمواد المعدنية المذابة (حديد، منغنيز)، ونواتج تفكك المخلفات النباتية والحيوانية، فالمواد الدبالية تعطي المياه لوناً أصفر شاحباً، أما أملاح الكالسيوم والمغنيزيوم فتعطيها اللون الأزرق، في حين يكسبها ذوبان أكاسيد الحديد اللون الأحمر، وغاز كبريت الهيدروجين اللون الأخضر، وتكون غالبية المياه السطحية عموماً عديمة اللون[36].

الطعم والرائحة :

ينتج الطعم والرائحة في المياه عن وجود مركبات قابلة للتذوق أو الشم بحيث تؤدي زيادتها إلى اكتساب طعم أو رائحة غير مستساغة للمياه، فيمكن أن يكون الطعم حلواً(عند وجود مواد عضوية)، أو مالحاً(كلوريد الصوديوم)، أو مراً (كبريتات المنغنيز) [37].

يؤدي احتواء المياه على كبريت الهيدروجين والنباتات التي تموت وتتفسخ وتستقر في قاع المصدر المائي إلى انتشار الروائح الكريهة، كما يمكن أن تكتسب المياه رائحة غير مستساغة ناجمة عن الكلور المتبقي بعد عملية الكلورة وتزداد شدة رائحة المياه بارتفاع حرارتها[38].

درجة الحموضة pH :

يعكس **pH** الطبيعة الحمضية أو القلوية للمياه، وهو يعبر عن تركيز أيونات الهيدروجين في المحلول، ويتراوح الرقم الهيدروجيني للمياه السطحية ما بين 6–8 تبعا للمواد المذابة فيها [39].

تزداد قلوية المياه عند احتوائها على أيونات الهيدروكسيل أو أيونات الكربونات والبيكربونات، أما حموضة المياه فتزداد عند احتوائها على مواد تحرر أيونات الهيدروجين مثل ثنائي أكسيد الكربون (CO_2) ، أو احتوائها على الحموض الضعيفة مثل حمض الفوسفوريك أو الحموض الدهنية[40].

تتلخص المشكلات الناتجة عن الحموضة الزائدة للمياه بتأثيرها في الحيوانات المائية وخاصة الأسماك[41].

الأكسجين المذاب DO:

يعدّ الأكسجين أحد الغازات الحيوية الذائبة في الماء وهو من أهم العوامل التي تؤثر في نوعية الماء كونه يؤدي دوراً أساسيا في التوازن الطبيعي[40].

يعرف ال (DO) بأنه كمية الأكسجين المذابة في ليتر واحد من الماء عند درجة حرارة 20 درجة مئوية، ويعد من مؤشرات التلوث العضوي، ومن الأمور المهمة لحياة الكائنات الحية ونشاطها، كما يعبر عن مدى صلاحية الماء للشرب، ففي الحالة الطبيعية تحتوي مياه الشرب على الأكسجين المذاب بتركيز يتراوح ما بين mg/l (10-8) [42].

تحصل المياه على الأكسجين _عموماً_ من النباتات المائية الخضراء التي تنتج الأكسجين بعملية التركيب الضوئي، ومن الغلاف الجوي الجوي، وذلك عن طريق الانتشار الغازي عندما يكون تركيز غاز الأكسجين في الهواء المحيط أعلى من تركيز غاز الأكسجين المذاب في المياه، وتعد درجة الحرارة من العوامل المؤثرة في كمية الأكسجين المذابة، فكلما ارتفعت درجة الحرارة انخفضت كمية الأكسجين المذابة، إضافة إلى أنه ينجم عن ارتفاع درجة التلوث بالمواد العضوية استهلاك كميات كبيرة من الأكسجين اللازم لتحلل هذه المواد هوائياً مما يخفض من جودة المياه[43].

الناقلية الكهربائية EC :

تعرف الناقلية الكربائية بأنها قيمة عددية، تعبر عن قابلية سنتمتر مكعب واحد من المحلول المائي لنقل التيار الكهربائي، وتعتمد هذه القيمة على تركيز الأيونات المذابة الموجودة في الماء وعلى درجة حرارة الماء أثناء القياس، وتزداد الناقلية الكهربائية مع ازدياد تركيز الأيونات المذابة في الماء، ويستعمل قياس الناقلية الكهربائية بوصفه مؤشراً لتركيز الأملاح المنحلة في الماء وتقدر واحدة الناقلية الكهربائية بواحدة µS/cm [5].

ب- المؤشرات الكيميائية لنوعية المياه :

ونذكر منها المؤشرات الآتية :

الطلب الكيميائي على الأكسجين COD :

يعبر عنه بكمية الأكسجين اللازمة لأكسدة كامل المواد العضوية القابلة للتفكك الحيوي وغير القابلة للتفكك، الموجودة في ليتر واحد من الماء أكسدة تامة ويقدر بواحدة mg/l، وبذلك تكون كمية الأكسجين المستهلك كيميائياً المقيسة في عينة ما دائماً أكبر من كمية الأكسجين المستهلك حيوياً BOD في العينة نفسها[44].

المركبات الآزوتية في المياه :

يوجد النتروجين في المياه بأشكال متعددة تشمل (الآزوت العضوي، والنترات، والنتريت، والأمونيوم)، وتشكل هذه المركبات قلقاً كبيراً في حال ارتفعت تراكيزها عن الحدود المسموح بها عالمياً[39].

توجد النترات في مياه الشرب والمواد الغذائية، وتنشأ من مصادر عدة، يُذكر منها تحول الآزوت

الجوي إلى نترات بفعل البكتريا الآزوتية المثبتة للآزوت في التربة، وسقوط ملوثات الهواء الجوي (أكاسيد NO_x) إلى الأرض بفعل مياه الأمطار، وإضافة الأسمدة الآزوتية إلى التربة، ومن تفكك المركبات العضوية الآزوتية (فضلات الحيوانات)[37].

يصل جزء قليل من الآزوت الكلي في الأحوال العادية إلى مياه السدود ، ولكن في حال التسميد الزائد تصل كمية عالية من نترات السماد إلى هذه المياه بسبب الذوبانية العالية لأملاح النترات، وقد حددت منظمة الصحة العالمية (World Health Organization,WHO) تركيز النترات في مياه الشرب بحيث لا تتجاوز 50 ملغ/ل [45].

تجدر الإشارة إلى أن النترات تساعد على نمو الكائنات الحية؛ إذ تدخل بصورة أساسية في تركيب الأنسجة وتعد مادة أساسية في الاستقلاب الحيوي، لكن عندما تنساب كميات كبيرة منها إلى الأنظمة المائية فإنها تعمل على زيادة نمو النباتات المائية وتكاثرها تكاثراً كبيراً، إلى حد لا تستطيع معه الحيوانات المائية في البحيرة استهلاك هذه الكميات الكبيرة من النباتات المائية، وهو الأمر الذي يجعل قدراً كبيراً من النباتات المائية تترسب في قاع البحيرة حيث يتم تحللها؛ إذ يرافق هذا التحلل استهلاك كمية كبيرة من الأكسجين المذاب في المياه. يتم هذا الإستهلاك الزائد للأكسجين المذاب في الماء على حساب الكائنات الحية المائية في البحيرة، وهذا يؤدي في نهاية المطاف إلى موت هذه الكائنات المائية، وهدم السلسلة الغذائية لنظام البحيرة، وتدعى هذه الظاهرة باسم ظاهرة الإثراء الغذائي (EUTRIPHICATION) [46].

تشكل زيادة أيونات النترات في مياه الشرب مصدراً من مصادر الخطر المحتملة على الصحة، لأنها تؤدي إلى تشكل (Methemoglobin) عند الأطفال حديثي الولادة؛ إذ ترجع البكتيريا الموجودة في زجاجات إرضاع الحليب غير المعقمة، أو في معدة الأطفال الرضع بعضاً من النترات إلى نتريت، فيتحد النتريت مع هيموغلوبين الدم ويحوله إلى الميتاهيموغلوبين الناتج عن أكسدة أيونات الحديد الثنائية إلى أيونات الحديد الثلاثية، معيقاً بذلك الامتصاص الفعلي للأكسجين، ونقله إلى الخلايا، ويعد الأطفال أكثر تعرضاً من غيرهم لهذا النوع من التسمم؛ إذ يلاحظ عندهم ازرقاق لون البشرة وقصور في التنفس، في حين يحدث عند البالغين إرجاع سريع للهيموغلوبين المتأكسد وعودته ثانيةً إلى شكله المحمل بالأكسجين وأكسدة سريعة للنتريت إلى النترات [47].

يأخذ النتريت في الطبيعة مركزاً وسطياً في دورة الآزوت، ويصل إلى المياه عن طريق التلوث بمواد عضوية (حيوانية) غير المتفككة تفككاً تاماً، وكذلك بسبب التداخل مع مياه ملوثة (صرف صحي)، لذا يعد النتريت مؤشراً على التلوث بالصرف الصحي أو التفسخ العضوي، كما يعد التلوث بالأمونيوم مؤشراً على تداخل المصدر المائي بالصرف الصحي، ويعدّ وجود الأمونيوم بتركيز مرتفع دليل على أن التلوث آني؛ إذ يتحول الأمونيوم بالأكسدة إلى نتريت، فوجود النتريت بتركيز مرتفع دليل حدوث تلوث قريب، ووجود الاثنين معاً دليل حدوث تلوث مستمر [48].

مركبات الفوسفور:

تعد مركبات الفوسفور من مغذيات النبات، و التي يمكن أن تكون –أيضاً– من الملوثات إذا مازادت تراكيزها فوق حدٍ معين، وهي توجد في المياه على هيئة أيون الفوسفات، ويأخذ الفوسفات شكلين، أحدهما عضوي كما هي الحال في النسج النباتية، والحيوانية، ومخلفاتها، والآخر لا عضوي، يوجد في التربة والصخور على هيئة مركبات تحتوي على الكالسيوم، والألمنيوم، والحديد ... كما في حال هيدروكسي الأباتيت $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$ ، ويوجد في المنظفات، ومواد الغسيل[49].

يؤدي الاستخدام المفرط للأسمدة الفوسفاتية إلى ارتشاحها مع مياه الري ووصولها إلى المياه الجوفية وفي حال وصولها إلى المسطحات المائية فإن ذلك يؤدي إلى نمو الطحالب بكثرة، والذي يؤدي في حال موتها بكميات كبيرة إلى استنفاد الأكسجين الزائد في المياه، وموت العديد من الكائنات المائية[50].

يدخل الفوسفور في تركيب الحموض النووية (RNA , DNA) ، ويعمل مخزناً للطاقة ضمن الخلايا Adenosine–Triphosphate ، كما يدخل في تركيب العظام ومينا الأسنان، ويوجد أيضاً في الأغشية الخلوية، كما تحتويه أنسجة القلب والعضلات والكلى، ويؤدي دوراً في الحفاظ على التوازن الحامضي في الجسم[45]، وقد حددت منظمة الصحة العالمية المواصفات القياسية لإنتاج المياه المعدنية بحيث لا تتعدى نسبة أيون الفوسفات فيها 0.5 mg/l نظراً لخطورة هذا الأيون على صحة الإنسان كونه أحد الأسباب المحتملة للإصابة بالأمراض القلبية وحدوث مشكلات القصور الكلوي[51].

تعد النشاطات البشرية كالصرف الصحي، والاستخدام المفرط للأسمدة الفوسفاتية والنفايات الصناعية الناتجة عن مصانع الأسمدة والمنظفات، من أهم الأسباب التي تؤدي إلى زيادة تركيزه في البيئة[52].

مركبات الكبريتات:

يوجد الكبريت في القشرة الأرضية على هيئة فلزات البيريت FeS_2 ، والسفاليريت ZnS ، والغالينا PbS، والباريت $BaSO_4$ ، والجص $CaSO_4.H_2O$ ، كذلك توجد مركبات الكبريت العضوية واللاعضوية في معظم أنواع المياه، ومن أهم مركباته اللاعضوية (الكبريتات، والكبريتت، والثيوسيانات، والكبريت)، ومن أهم مركباته العضوية (البروتينات ، والثيولات) [53].

يوجد الكبريت في المياه بصورة طبيعية على هيئة الكبريتات SO_4^{2-}، وينشأ من ذوبان أكاسيد الكبريت المنقولة جواً مع مياه الأمطار، ومن النفايات الصناعية، والعمليات الجيولوجية، وإن معظم أملاح الكبريتات ذوابة في الماء باستثناء كبريتات الرصاص والباريوم والكالسيوم فهي قليلة الذوبان [54].

تعد أيونات الكبريتات من المواد المسببة للعسرة الدائمة في الماء وخاصة عند وجودها على هيئة كبريتات الكالسيوم والمغنيزيوم وتدخل ضمن المواد المسببة للملوحة كما تعد عاملاً مهماً في تحديد صلاحية المياه للري[40].

يُستخدم أيون الكبريتات في صناعة التعدين والأصبغة والأوراق والزجاج والمبيدات الفطرية والحشرية والمخصبات الزراعية [55]، وتسبب المياه التي تحتوي على سويات مرتفعة من الكبريتات إلى تآكل مواسير الشبكات الناقلة للمياه كما تسبب (كبريتات الصوديوم، أو المغنيزيوم) أضراراً من الناحية الصحية حين تصل تراكيزها إلى أكثر من 600 mg/l إذ تؤدي إلى الإسهال الشديد الذي يعقبه التجفاف، وخاصة عند الأطفال، أما عندما تبلغ تراكيزها 250 mg/l فتسبب الإسهال فقط، لذلك تستخدم ملينةً للأمعاء في حالات الإمساك [56].

أيون الكلوريد Cl^- :

يعد أيون الكلوريد من أكثر العناصر شيوعاً في الطبيعة، وينتشر الشق الأيوني السالب لكلوريد الصوديوم NaCl تقريباً في جميع صخور القشرة الأرضية، وتعد مياه البحار والمحيطات بمنزلة مخزون هائل له، كما تتمتع معظم مركبات الكلوريد بقابلية كبيرة للذوبان في الماء، مما يسبب انتشاره الواسع بطبيعة الحال في جميع أنواع المياه السطحية.

يعدّ وجود أيون الكلوريد في مياه الشرب مؤشر على الملوحة، لأنه يرتبط مع الصوديوم Na^+ بالدرجة الأولى، ومع البوتاسيوم K^+ بالدرجة الثانية.

- تؤدي زيادة أيون الكلوريد في المياه إلى طعم غير مستساغ، كما تؤدي إلى ارتفاع ضغط الدم، وتؤثر في وظائف الكلى فتؤدي إلى الإصابة بالفشل الكلوي[7].

أيون الكالسيوم Ca^{2+}:

يعد أيون الكالسيوم من أهم الأيونات الأساسية الموجبة الشحنة الموجودة في المياه السطحية.

- يؤدي نقص أيون الكالسيوم في مياه الشرب إلى لين العظام عند الأطفال، وهشاشة العظام عند كبار السن، وتسوس الأسنان بصفة عامة.
- تؤدي زيادة أيون الكالسيوم في مياه الشرب إلى ترسبات كلسية حول المفاصل، تساعد على تكوين الحصيات وتؤدي إلى مشكلات في الجهاز البولي.

يتصف أيون الكالسيوم بأهمية كبيرة في المياه بسبب اعتماد عسرة المياه ونوعيتها على درجة تركيزه فيها، ويعد من العناصر المهمة للجسم فهو ضروري لمراحل النمو الجنيني والحمل والرضاعة، يضاف إلى ذلك أهميته في تكوين العظام والأسنان وتخثر الدم وعمل الجهاز العصبي[7].

أيون المغنيزيوم Mg^{2+}:

يأتي المغنيزيوم بعد الكالسيوم من حيث كونه من أهم الأيونات الأساسية الموجبة الموجودة في المياه السطحية. يعد ذوبان الصخور الجيرية المصدر الأساس له في الماء، وهو من العناصر الضرورية لنمو النبات، ويؤدي دوراً مهماً في التفاعلات الأنزيمية، وبناء البروتين، والأحماض النووية، ورد الفعل العصبي العضلي، والتقلص العضلي. تعد زيادة تركيز المغنيزيوم في مياه الشرب ضارة للإنسان[7].

عسرة (قساوة) الماء :

تطلق على الماء تسمية الماء العسر، عندما يكون محتوى الكالسيوم والمغنيزيوم أكبر من الحد المسموح به في الماء الصالح للشرب (500−700)mg/l، ولقساوة الماء نوعين هما :

القساة المؤقتة للماء :

تنتج القساوة المؤقتة التي عن وجود أملاح بيكربونات الكالسيوم والمغنيزيوم $Ca(HCO_3)_2$، و $Mg(HCO_3)_2$ في الماء ، وسميت بالقساوة المؤقتة لأنه يمكن إزالتها بالغليان عن طريق ترسيب الملحين السابقين على هيئة كربونات غير ذوابة $CaCO_3$ و $MgCO_3$ تفصل عن الماء بالترشيح، مع بقاء جزيء الماء وانطلاق غاز CO2.

القساوة الدائمة للماء :

تنتج القساوة الدائمة عن وجود أملاح الكالسيوم والمغنيزيوم غير الكربوناتية ، وهي أملاح كلوريدات ، وكبريتات ، ونترات ، ونتريدات الكالسيوم والمغنزيوم المذابة في الماء بنسب ضئيلة ومتفاوتة ، ونظراً لتعذر إزالتها بالغليان أطلق عليها اسم القساوة الدائمة.

أيون الصوديوم Na^+:

يحتل الصوديوم سادس مرتبة بين المعادن من حيث وجوده في الطبيعة؛ إذ يوجد في معظم أنواع المياه الطبيعية، وهو ذو تركيز مرتفع في المياه المالحة والمياه العسرة التي تتم معالجتها باستخدام محلول كربونات الصوديوم، وتعد مياه البحار من أكثر أنواع المياه احتواءً على أيون الصوديوم.

- تؤدي زيادة أيون الصوديوم في مياه الشرب أكثر من (200 ppm) إلى ارتفاع ضغط الدم، واضطرابات في القلب[7].

أيون البوتاسيوم K^+:

يحتل البوتاسيوم المرتبة السابعة بين المعادن من حيث وجوده في الطبيعة، لذلك فإن تركيز أيون البوتاسيوم في المياه السطحية يكون أقل من تركيز أيون الصوديوم، لأنه قليل الذوبان في المياه،

ويوجد في الصخور النارية والرسوبية. يلعب أيون البوتاسيوم دور هام في عمل الغدد الصماء، ويدخل في تركيب Fibirnogen المسؤول عن تجلط الدم.

- تؤدي زيادة أيون البوتاسيوم إلى المساهمة في زيادة سيولة الدم[7].

العكارة:

تُعبر العكارة عن مقياس تشتت الضوء في عمود الماء بسبب وجود المواد العالقة؛ إذ تدل على كمية الجسيمات العالقة في المياه، وتقل شفافية الماء بارتفاع درجة عكارته؛ إذ تصبح المياه عكرة جداً وخاصة بعد أول هطول مطري، وبالتالي تفقد القدرة على دعم مجموعة واسعة من النباتات والكائنات الحية المائية الأخرى، بسبب حجب ضوء الشمس عنها والمساهمة في رفع درجة حرارة المياه نتيجة امتصاص المواد العالقة لأشعة الشمس، كما تقلل من تركيز الأكسجين المذاب الأمر الذي يلحق الضرر بعض الكائنات الحية المائية وقد يؤدي إلى موتها [7].

مكتبة A to Z