Air pollutants deposition

1. Dry deposition

عملية انجراف فيزيائي لا تتضمن هطول، ويتضمن:

1. Gravity deposition: الجسيمات التي انصافها أكبر من 1 µm تنجرف بفعل الجاذبية إلى سطح الارض بسرعة ترسيب (V_d) تتناسب مع حجم وكثافة ولزوجة المائع الجسيمات الصلبة الكبيرة حسب قانون ستوك الذي ينطبق للجسيمات الأصغر من 100 µm. معدل الترسيب الجاف F (او تدفق الترسيب الجاف) لكل من الغازات والجسيمات الساقطة من الغلاف الجوي الى سطح الأرض يعبر عنه بحاصل ضرب سرعة الترسيب والتركيز (C) في الجو المختلطة:

$$F = V_d * C$$

لذا فان سرعة الترسيب الجاف تعتمد على الارتفاع فوق سطح الارض، والظروف عند السطح، وتركيب الاضطراب في الغلاف الجوي.

مثال: سجل معدل هباء الكبريت فوق غابة ما مقداره $10\ \mu g/m^3$. خمّن الترسيب الجاف للكبريت إلى الغابة إذا علمت أن سرعة الترسيب كانت 1 cm/s.

الحل: نحوّل تركيز الكبريت إلى وحدات g/cm^3: $\frac{10\ \mu g}{m^3} * \frac{10^{-6}}{10^6} = 10^{-11}\ g/cm^3$

$$F = V_d * C = 1 * 10^{-11} = 10^{-11}\frac{g}{cm^2.s} \approx 10^{-6}\frac{g}{cm^2.day} \approx 3\ \frac{g}{m^2.year}$$

2. **Impaction**: يحدث الالتصاق عندما تتحرك خطوط جريان الهواء الحاوي على جسيمات ماراً بالأجسام الثابتة مثل النباتات أو البنايات فتصطدم بعض هذه الجسيمات وتلتصق. والبعض الأخر ينحرف مع انحراف الهواء المار (او المتحرك) حول الحاجز.

3. Absorption of gases: كثير من الغازات الجوية تمتص إما بوساطة سطوح سائلة أو صلبة مثل الترب أو الغطاء النباتي.

2. Wet deposition

يشير الترسيب الرطب إلى تلك العمليات التي فيها تتراكم المواد الكيميائية الجوية في المطر والثلج وقطيرات الضباب ومنها تترسب هذه المواد إلى سطح الأرض. يجرف الترسيب الرطب الكثير من هذه المواد الكيميائية من الغلاف الجوي حتى الغازات. فعند اندماج هذه المواد مع قطيرات المياه الموجودة داخل الغيمة فإن هذه العملية تدعى بترسيب المطر الملوث Rainout. أما لو حدث هذا الاندماج تحت أية غيمة يرافقها نزول هطول خلال الهواء باتجاه سطح الارض فإن هذه العملية تسمى بترسيب الغسل Washout.

2.1 Wet deposition for gases and vapors

الغازات والابخرة في الغلاف الجوي يمكن ان تنجرف بالذوبان في قطرات المطر. لذلك تعطى كثافة الفيض للغاز او البخار المذاب المصحوب مع المطر النازل

$$F = C_{water} * I = C_{air} \frac{I}{H} = C_{air} * w_r * I$$

حيث I: معدل كمية المطر النازل بوحدة (الطول/الزمن)، C_{air}: تركيز المادة الكيميائية في الهواء وH: ثابت قانون هنري عديم الوحدات. وغالباً ما يستخدم في الترسيب الرطب نسبة C_{water}/C_{air} والتي تسمى أحياناً بنسبة الغسيل الخارج (w_r) Washout ratio عديمة الابعاد.

2.2 Wet deposition of particles

المواد الكيميائية الجسيمية يمكن أيضاً ان تنجرف من الجو بوساطة عمليات الترسيب الرطب من خلال ميكانيكية أساسية إذ تتحد الجسيمات مع الهطول في مواقع التنوية

لتتكاثف عند بدء تكوّن قطيرة المطر أو تكوّن البلورة الجليدية. ويمكن أن تتحد هذه الجسيمات مع قطيرات المطر المتكونة أصلاً خلال غيمة معينة بعملية التصادم.

فعند الغيوم الحقيقية ربما يساهم كل من التصادم والتنوية في انجراف الجسيمة وتأثيرهما يتوحد معاً في معامل التنظيف (ξ) Scavenging coefficient

$$C_{air}(t) = C_{air0} * e^{-\xi t}$$

حيث C_{air0}: التركيز الابتدائي للمواد الكيميائية في الهواء و$C_{air}(t)$ تركيز المواد الكيميائية بعد مرور زمن t. ان المعامل ξ مبهمة المعرفة عنها؛ وذلك لانه يعتمد على التوزيع الحجمي للجسيمات وديناميكـية الـغيم التي هي صـعبة القـياس في أية حالة معينة.

مثال: افترض ان معدل سرعة الترسيب الجاف فوق غابة ما للجسيمات المتكررة من محطة طاقة كهربائية قريبة من الغابة هي $0.5\ cm/s$ خلال يوم معين. ومعامل الغسيل في غيمة مطرية فـوق الغابـة هو $10^{-3}\ s^{-1}$. فإذا كان المدى العمودي للغيمة $500\ m$، فما هي سرعة الترسيب الرطب V_w المكافئة للمطر الجارف للجسيمات؟

الحل: كثافة تدفق الترسيب الرطب يساوي تدفق الكتلة التاركة لكل متر مربع من مساحة الغيمة

$$F = 500 * 10^{-3} * C_{air} = 0.5 * C_{air}$$

$$V_w = \frac{F}{C_{air}} = 0.5\ m/s = 50\ cm/s$$

نلاحظ ان سرعة الترسيب الرطب أسرع من سرعة الترسيب الجاف بحوالي مائة مرة.

HW: خَمّن معدل الترسيب الرطب من الكبريت (لكل متر مربع من المساحة) المغتسل مع الملوث SO_2 في مياه بحيرة. افترض ان مقدار تركيز SO $220\ \mu g/m^3$ (ككبريت)

عند بداية كل عاصفة مطرية، وان حوض المياه يستلم سنوياً 1 m من الهطول من غيوم 700 m فوق الارض في 50 عاصفة متساوية لأستدامة 10 hrs؟

3. Acid deposition

يقصد به ترسيب المواد الحمضية من الغلاف الجوي على سطح الأرض، لذا فهو ظاهرة مصحوبة مع التلوث الجوي وله مشاكل بيئية وصحية. ويتكون هذا الترسيب من جزئين:

1. الترسيب الرطب ويشمل المطر الحمضي والضبابي والثلجي.

2. الترسيب الجاف ويشير إلى الغازات الحمضية والجسيمات التي تهبط كثيراً من حمضية الغلاف الجوي إلى سطح الارض من خلال هذه الرواسب الجافة.

أكثر صور الترسيب شيوعاً هو المطر الحمضي Acid rain الذي يشير إلى الحموضة العالية في الهطول في البلدان الصناعية التي تتميز بالتلوث العالي. ويبلغ PH لمياه المطر 5.7. وقد تنتج هذه الحموضة الطبيعية بوجود الاحماض العضوية المنبعثة من قبل الجو الحيوي مثل حامض النتريك المنتج بفعل أكسدة أكاسيد النتروجين الناشئة من البرق والترب والحرائق وحامض الكبريتيك المنتج بفعل التأكسد الجوي لغازات الكبريت المنبعثة من البراكين. وتتزن الحموضة الطبيعية للمطر جزيئاً مع القواعد الطبيعية الموجودة في الغلاف الجوي أيضاً، مثل انبعاث الامونيا NH_3 من الجو الحيوي وكاربونات الكالسيوم $CaCO_3$ المنبعثة من غبار التربة العالق. وعند مراعاة جميع التأثيرات أعلاه نجد أن PH للمطر الحمضي يتراوح من 5 إلى 7.